



UNIVERSITÀ DI PARMA

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PARMA

Dipartimento di Ingegneria e Architettura
Dottorato di Ricerca in Ingegneria Civile e Architettura
XXXII ciclo

Messa in sicurezza di chiese e campanili
Analisi tecnico-economica degli interventi post-sisma 2012 per la definizione di
linee di indirizzo

Securing damaged churches and bell towers
Analysis of costs and techniques of strengthening interventions after the 2012
Emilian earthquake for defining guidelines

Coordinatore:

Chiar.mo Prof. Andrea Carpinteri

Tutore:

Prof.ssa Eva Coisson

Co-tutor:

Arch. Antonino Libro

Dottoranda: Lia Ferrari

Anni 2016/2019

Ai miei genitori

ELENCO ABBREVIAZIONI

ARRIC	Agenzia Regionale per la Ricostruzione Sisma 2012
BB.CC.	Beni Culturali
CC TPC	Comando Carabinieri per la Tutela del Patrimonio Culturale
CCS	Centri di Coordinamento Soccorsi
COC	Centri Operativi Comunali
COM	Centri Operativi Misti
CNR	Consiglio Nazionale delle Ricerche
Di.Coma.C	Direzione di Comando e Controllo
DPI	Dipartimento di Protezione Civile
F.EN.I.C.E	Finanziamento agli Enti Pubblici per interventi di ricostruzione edilizia
FUSE	Fondo di Solidarietà dell'Unione Europea
GIS	Geographic Information System
GLABEC	Gruppo di Lavoro per la prevenzione dei Beni Culturali dai rischi naturali
GNDT	Gruppo Nazionale di Difesa dai Terremoti
INGV	Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia
ISCR	Istituto Superiore per la Conservazione ed il Restauro
ITC	Istituto per le tecnologie della costruzione
MiBACT	Ministero dei Beni e delle Attività Culturali e del Turismo
MUDE	Modello Unico digitale per l'edilizia
NCP	Nucleo di Coordinamento delle Opere Provvisionali
NOPSA	Nucleo Operativo Patrimonio Storico-Artistico
NTC	Norme Tecniche per le Costruzioni
NTN	Nucleo Tecnico Nazionale
NVR	Nucleo di Valutazione Regionale
OO.PP.	Opere Pubbliche
OPD	Opificio delle Pietre Dure
RUP	Responsabile Unico del Procedimento
SFINGE	Contributi e finanziamenti agevolati alle imprese
SGSS	Servizio Geologico e Sismico per i Suoli
SSN	Servizio Sismico Nazionale
STDC	Struttura Tecnica del Commissario Delegato
UCR	Unità di Crisi Regionale
VVF	Vigili del Fuoco

ELENCO DELLE PARTI

ABSTRACT

INTRODUZIONE

1. Oggetto della ricerca
2. Obiettivi e risultati attesi
3. Metodo e struttura

PARTE I | L'EMERGENZA POST-SISMA

Dai terremoti del passato al sisma 2012

1. ...Cosa si fa?
2. Strumenti per l'emergenza post-sisma in Italia
 - a. *Strumenti per il rilievo del danno*
 - b. *Strumenti per la messa in sicurezza*
3. L'Emilia-Romagna dopo il sisma del 2012
 - a. *Il sisma emiliano*
 - b. *La gestione dell'emergenza post-sisma*
 - c. *La gestione della ricostruzione*
4. Chiese e Campanili in Emilia-Romagna
 - a. *Caratteri costruttivi*
 - b. *Caratteri tipologici*
 - c. *Meccanismi di collasso*
5. Non tutto il male vien per nuocere
 - a. *L'unione fa la forza*
 - b. *Chi trova un "danno" trova un tesoro*
 - c. *A mali estremi, estremi rimedi*
 - d. *Impara l'arte e mettila da parte*
 - e. *Prevenire è meglio che curare*

PARTE II | ANALISI DEI COSTI

Valutazioni economiche dal sisma 2012

1. I costi del sisma
 - a. *I costi della messa in sicurezza*
 - b. *I costi della ricostruzione*
2. La valutazione economica del danno
 - a. *I costi del sisma 2012*

PARTE III | ANALISI DELLE TECNICHE

Casi studio dal sisma 2012

1. Le opere provvisoriale
 - a. *Cenni storici*
 - b. *Soluzioni tipologiche*
2. L'intervento di messa in sicurezza
 - a. *Le opere provvisoriale del sisma 2012*

PARTE IV | SICUREZZA E CONSERVAZIONE

Il consolidamento tra aspetti tecnici e formali

1. Un "puntello" è per sempre?
2. Occhio non vede, cuore non duole?
 - a. *Aspetti tecnici e formali del consolidamento*
 - b. *In equilibrio tra struttura, forma e funzione*
3. Unire l'utile al dilettevole

PARTE V | NUOVE PROPOSTE PER L'INTERVENTO POST-SISMA

Ottimizzando costi e tecniche

1. La stima dei costi
 - a. *Criteri di stima*
 - b. *Proposta per una valutazione omogenea*
2. La scelta dell'intervento post-sisma
 - a. *Finalità e potenzialità*
 - b. *Gli aspetti coinvolti*

- c. *Una proposta metodologica*
 - d. *Applicazione della metodologia*
 - e. *Validazione della procedura di scelta*
3. Linee d'indirizzo
- a. *Rilievo del danno*
 - b. *Stima dei costi*
 - c. *Intervento di messa in sicurezza*
 - d. *Intervento di ripristino e miglioramento sismico*

CONCLUSIONI

1. Risultati ottenuti
2. Sviluppi futuri

RIFERIMENTI

ALLEGATI

SOMMARIO

ABSTRACT	15
ABSTRACT	17
INTRODUZIONE	20
1 OGGETTO DELLA RICERCA.....	21
2 OBIETTIVI E RISULTATI ATTESI.....	24
3 METODO E STRUTTURA.....	26
SEZIONE 1: L'EMERGENZA POST-SISMA	30
1 ...COSA SI FA?	33
2 STRUMENTI PER L'EMERGENZA POST-SISMA IN ITALIA.....	36
2.1 <i>Strumenti per il rilievo del danno</i>	36
2.1.1 Scheda AeDES per il rilievo del danno agli edifici ordinari	41
2.1.2 Schede per il rilievo del danno ai Beni Culturali.....	42
2.2 <i>Strumenti per la messa in sicurezza</i>	44
2.2.1 Il progetto OPUS	46
2.2.2 Il progetto Noè.....	46
2.2.3 Il manuale STOP	47
3 L'EMILIA-ROMAGNA DOPO IL SISMA DEL 2012	51
3.1 <i>Il sisma emiliano</i>	52
3.2 <i>La gestione dell'emergenza post-sisma</i>	54
3.2.1 L'emergenza per i Beni Culturali	56
3.3 <i>La gestione della ricostruzione</i>	64

3.3.1	La ricostruzione delle Opere Pubbliche e dei Beni Culturali	65
4	CHIESE E CAMPANILI IN EMILIA-ROMAGNA	69
4.1	<i>Caratteri costruttivi</i>	74
4.2	<i>Caratteri tipologici</i>	77
4.2.1	Chiese	77
4.2.2	Campanili	80
4.3	<i>Meccanismi di collasso</i>	83
4.3.1	Meccanismi di collasso nei setti murari	84
4.3.2	Meccanismi di collasso nelle strutture voltate	87
4.3.3	Meccanismi di collasso nelle coperture	90
4.3.4	Meccanismi di collasso nei campanili	92
4.3.5	Meccanismi di collasso negli elementi non strutturali	101
4.3.6	Meccanismi di collasso nelle colonne	102
5	NON TUTTO IL MALE VIEN PER NUOCERE... ..	103
5.1	<i>L'unione fa la forza</i>	104
5.2	<i>Chi trova un "danno" trova un tesoro</i>	106
5.3	<i>A mali estremi, estremi rimedi</i>	110
5.4	<i>Impara l'arte e mettila da parte</i>	111
5.5	<i>Prevenire è meglio che curare</i>	112
	SEZIONE 2: ANALISI DEI COSTI	114
1	I COSTI DEL SISMA	117
1.1	<i>I costi della messa in sicurezza</i>	119
1.2	<i>I costi della ricostruzione</i>	120
2	LA VALUTAZIONE ECONOMICA DEL DANNO	123
2.1	<i>I costi del sisma 2012</i>	125

SEZIONE 3: ANALISI DELLE TECNICHE144

1	LE OPERE PROVVISORIALI	147
1.1	<i>Cenni storici</i>	147
1.2	<i>Soluzioni tipologiche</i>	151
2	L'INTERVENTO DI MESSA IN SICUREZZA.....	153
2.1	<i>Le opere provvisorie del sisma 2012</i>	155
2.1.1	Messa in sicurezza dei setti murari.....	158
2.1.2	Messa in sicurezza delle strutture voltate	162
2.1.3	Messa in sicurezza delle coperture	168
2.1.4	Messa in sicurezza del campanile.....	170
2.1.5	Messa in sicurezza degli elementi non strutturali.....	176
2.1.6	Messa in sicurezza delle colonne.....	177

SEZIONE 4: SICUREZZA E CONSERVAZIONE.....180

1	UN "PUNTELLO" È PER SEMPRE?.....	183
2	OCCHIO NON VEDE, CUORE NON DUOLE?	194
2.1	<i>Aspetti tecnici e formali nel consolidamento</i>	195
2.2	<i>In equilibrio tra struttura, forma e funzione</i>	201
2.2.1	Catene e illuminazione	202
2.2.2	Cerchiature e spazi distributivi	207
2.2.3	Contrafforti e stralli nel verde	209
2.2.4	Struttura e arredo	212
3	UNIRE L'UTILE AL DILETTEVOLE.....	216

SEZIONE 5: NUOVE PROPOSTE PER L'INTERVENTO POST-SISMA....218

1	LA STIMA DEI COSTI.....	221
1.1	<i>Criteri di stima</i>	221

1.2	<i>Proposta per una valutazione omogenea</i>	230
2	LA SCELTA DELL'INTERVENTO POST-SISMA	232
2.1	<i>Finalità e potenzialità</i>	232
2.2	<i>Gli aspetti coinvolti</i>	236
2.2.1	Aspetti operativi	236
2.2.2	Aspetti strutturali	238
2.2.3	Aspetti conservativi.....	240
2.2.4	Aspetti economici.....	241
2.3	<i>Una proposta metodologica</i>	242
2.4	<i>Applicazione della metodologia</i>	247
2.4.1	Un esempio di applicazione.....	249
2.5	<i>Validazione della procedura di scelta</i>	255
3	LINEE D'INDIRIZZO	274
3.1	<i>Rilievo del danno</i>	274
3.2	<i>Stima dei costi</i>	276
3.3	<i>Intervento di messa in sicurezza</i>	276
3.4	<i>Intervento di ripristino e miglioramento sismico</i>	293
	CONCLUSIONI	296
1	RISULTATI OTTENUTI.....	297
2	SVILUPPI FUTURI.....	299
	RIFERIMENTI	302
	RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI	303
	RIFERIMENTI NORMATIVI	310
	SITI WEB	311

ALLEGATI.....	312
ALLEGATO A	314
ALLEGATO B.....	320
ALLEGATO C.....	376
ALLEGATO D	426
ALLEGATO E.....	462
ALLEGATO F.....	492
ALLEGATO G	534
ALLEGATO H	542
ALLEGATO I.....	612

ABSTRACT

La ricerca presentata in questa Tesi studia l'ottimizzazione dell'intervento di messa in sicurezza sul patrimonio culturale, concentrando l'attenzione sulla tipologia architettonica delle chiese e dei campanili. Analizza le possibili tecniche oggi a disposizione, l'instabile equilibrio tra aspetti operativi, strutturali, economici e conservativi e le possibili implicazioni definitive delle opere provvisionali.

La ricerca ha analizzato gli strumenti esistenti per la gestione post-sisma, approfondendo poi il loro impiego nella gestione dell'emergenza e della ricostruzione attuata in Emilia Romagna dopo il terremoto del 2012, focalizzando l'attenzione su chiese e campanili, una delle tipologie architettoniche maggiormente colpite.

Il rapporto tra costi previsti e costi effettivi sia per gli interventi di messa in sicurezza che per quelli di consolidamento definitivo, realizzati in seguito all'evento sismico del 2012, è stato analizzato con l'obiettivo di ottenere degli strumenti idonei per stimare in modo veloce e attendibile gli oneri degli interventi necessari a fronteggiare futuri eventi catastrofici. Ne derivano tre criteri di stima, correlati al volume della fabbrica, e alcuni fattori influenti nella determinazione degli importi cui prestare particolare attenzione.

Lo studio delle tecniche oggi utilizzate per la messa in sicurezza di chiese e campanili, strettamente correlati ai loro meccanismi di dissesto, ha incontrato soluzioni particolarmente efficaci e soluzioni particolarmente inappropriate. Ciò ha permesso di individuare i requisiti necessari e le caratteristiche auspicabili per i futuri interventi di messa in sicurezza. La metodologia proposta permette di individuare l'opera provvisoria le cui caratteristiche siano tali da soddisfare i requisiti necessari per il caso specifico, derivanti dall'analisi del danno, delle condizioni del sito, del valore culturale del bene e dalle finalità dell'intervento.

Emergono, infine, alcune riflessioni sul possibile carattere definitivo degli interventi provvisori, e al riguardo, a titolo esemplificativo, vengono esaminati i pochissimi casi in cui la messa in sicurezza è diventata parte integrante del consolidamento finale o ha contribuito alla realizzazione dello stesso. Questo tema viene ulteriormente approfondito ampliando lo sguardo al consolidamento strutturale nel contesto più generale della conservazione del patrimonio architettonico, tematica da sempre al centro del dibattito teorico sul restauro, che nei suoi sviluppi più recenti sottolinea l'importanza di un "progetto integrato". Tuttavia, nella prassi progettuale, il consolidamento viene spesso considerato dal solo punto di vista strutturale, finalizzato a restituire sicurezza all'edificio, indipendentemente dalla conservazione del suo valore

storico, architettonico e culturale. Da ciò derivano due tendenze contrapposte: la prima nasconde gli interventi di consolidamento, la seconda li rende protagonisti. In entrambi i casi vengono alterate l'autenticità e la valenza storico-artistica della costruzione. Pertanto, attraverso l'analisi di alcuni casi esemplificativi, la ricerca propone alcune possibili soluzioni progettuali in cui il consolidamento non sia solo un mezzo tecnico ma anche un elemento espressivo del linguaggio architettonico contemporaneo.

Tale ricerca, seppur certamente passibile di approfondimenti e ulteriormente ampliabile ad altre tipologie costruttive ed altre aree geografiche, spera di poter offrire un piccolo contributo nella complessa attività di gestione delle emergenze e di prevenzione del rischio sismico.

ABSTRACT

The research presented in this Thesis focuses on the optimization of the interventions for securing the cultural heritage, focusing on the architectural typology of churches and bell towers. Analyzing the available techniques, the research is looking for the unstable balance between operational, structural, economic and conservative aspects and the possible definitive implications of provisional works. This study starts from the analysis of the existing tools for emergency management and then focuses on their use in emergency management and in the reconstruction phase, implemented in the Emilia Romagna Region after the 2012 earthquake, paying particular attention for churches and bell towers, one of the most affected architectural typologies. The economic analysis of costs in the 2012 earthquake deepens the relationship between foreseen costs and actual costs of both, the safety measures and the definitive consolidation interventions, with the aim of obtaining reliable tools to quickly estimate the costs of the interventions necessary to face future events. Three estimation criteria, related to the volume of the building, have been proposed and some influential factors in determining the amounts have been identified.

The study of techniques used for securing churches and bell towers, closely related to their mechanisms of collapse, has met particularly effective solutions and particularly inappropriate ones. In this way, it has been possible to identify the necessary requirements for the future safety interventions. The proposed methodology identifies the provisional works whose characteristics are suitable for satisfying the necessary requirements of the specific case, derived from the analysis of the damage, the site conditions, the cultural value of the property and the purpose of the intervention.

Finally some reflections concern the possibility of using the provisional interventions in a definitive way. The very few cases in which the securing devices have been integrated in the final consolidation or has contributed to their realization shows the huge potential of this kind of works. The theme is further explored by widening the gaze to structural consolidation in the more general context of architectural heritage conservation. The theme has always been at the center of the theoretical debate on restoration, which in its most recent developments underlines the importance of an integrated project. However, in design practice the strengthening intervention is often considered from a structural point of view only aimed at restoring security to the building, regardless of the preservation of its historical, architectural and cultural values. From this concept two opposing tendencies derive: the first one hides the

ABSTRACT

interventions of consolidation, the second one makes them protagonists. In both cases the authenticity and the historical-artistic value of the building are altered. Therefore, through the analysis of some case studies, the research proposes some possible design solutions in which consolidation is not only a technical means but also an expressive element of contemporary architectural language.

This research, although certainly subjected to possible further studies and expandable to other construction typologies and other geographical areas, aims at offering a small contribution in the complex activity of emergency management and prevention of seismic damage.

PARTE 0

INTRODUZIONE

1 OGGETTO DELLA RICERCA

Nella fase di prima emergenza post-terremoto, uno dei problemi più delicati è l'esecuzione di opere provvisorie per la messa in sicurezza di strutture fortemente danneggiate. Si tratta di interventi caratterizzati dalla somma urgenza, al fine di evitare il progredire del danno, per tutelare l'incolumità delle persone e/o ripristinare rapidamente le normali attività socio-economiche.¹ Quando poi è rivolto a fabbriche storiche, l'intervento urgente diventa ancora più delicato e complesso per la necessità di preservare il valore culturale del bene.



Figura 1: Chiesa del Gesù a Mirandola danneggiata dall'evento sismico del maggio 2012.

¹ (Dolce, et al., 2004, p. 1)

Le soluzioni adottate a seguito degli eventi sismici che hanno colpito il territorio nazionale negli ultimi anni sono apparse estremamente disomogenee, talvolta inefficaci e/o antieconomiche, in alcuni casi addirittura dannose per l'edificio stesso. Molte opere provvisorie, installate frettolosamente senza valutare attentamente le possibili



interazioni negative con gli elementi di valore delle costruzioni storiche, vengono mantenute in loco per molto tempo, perdendo progressivamente efficacia. Al momento dell'intervento di consolidamento finale, spesso questi presidi, anche costosi, devono essere rimossi per poter eseguire le lavorazioni, richiedendo un'ulteriore spesa.

Figura 2: Interventi di somma urgenza per la messa in sicurezza dell'Auditorium Ex-Chiesa di San Francesco a Norcia a seguito dell'evento sismico del 2016.²

In generale, si percepisce mancanza di consapevolezza su come affrontare una situazione emergenziale, caratterizzata da un grande numero di edifici danneggiati. Diversi soggetti coinvolti, diverse gestioni, diversi modi di intervenire in situazioni simili evidenziano l'assenza di una metodologia comune e condivisa. Ciò impedisce l'ottimizzazione dell'intervento nel momento di maggior bisogno: in fase emergenziale la corretta calibrazione e impostazione delle risorse disponibili permetterebbe di intervenire in modo esteso sul costruito danneggiato nel più breve tempo possibile.

La ricerca proposta nella presente Tesi studia l'intervento di messa in sicurezza sul patrimonio culturale e la sua ottimizzazione. Analizza le possibili tecniche oggi a disposizione, l'instabile equilibrio tra aspetti operativi, strutturali, economici e

² (Sito web: Studio di Architettura e Ingegneria Massimo Mariani)

conservativi e l'intrinseco potenziale delle opere provvisionali, tanto spesso dimenticato. Solitamente si pensa ai presidi di sicurezza come elementi "usa-e-getta", da porre in opera per un tempo limitato, in attesa della loro sostituzione con un consolidamento definitivo. In realtà, proprio questa forte connotazione temporanea genera in loro una spiccata propensione alla reversibilità, caratteristica particolarmente auspicata ogni qual volta si operi sul patrimonio culturale nel rispetto dei principi del restauro (reversibilità, compatibilità, minimo intervento, riconoscibilità), come suggerito anche nelle *linee guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale*.³



La ricerca ha concentrato l'attenzione sugli edifici di culto, architetture particolarmente vulnerabili all'azione sismica. A differenza di altre tipologie architettoniche, il comportamento strutturale di chiese e campanili è stato ampiamente studiato in passato, arrivando alla validazione di meccanismi di collasso ricorrenti e alla definizione di strumenti per identificare il danno.

Figura: Chiesa di San Felice Vescovo a San Felice sul Panaro (MO) danneggiata dal sisma del 2012.

³ (D.P.C.M. 09/02/2011) – Art. 6 (Criteri per il miglioramento sismico e tecniche di intervento), Paragrafo 6.3.1 (Operazioni tecniche di intervento – Premesse).

Numerosi studi sono stati condotti anche in merito agli interventi di consolidamento idonei a ripristinare la stabilità di queste fabbriche antiche. L'insieme di queste conoscenze costituisce la base della presente ricerca e permette di compiere il passo successivo, focalizzando l'attenzione sulle particolari esigenze della fase emergenziale. In questa situazione, infatti, i fattori che influenzano (e talvolta condizionano) la scelta dell'intervento sono numerosi. Facilità e rapidità di progettazione e realizzazione per intervenire in tempi ridotti, disponibilità e facilità di reperimento del materiale per far fronte all'improvviso aumento della domanda, economicità delle lavorazioni per non esaurire i finanziamenti prima di aver messo in sicurezza tutti gli edifici, sono solo alcune delle esigenze da soddisfare. La ricerca ha quindi analizzato i diversi aspetti coinvolti, da quelli operativi e tecnici a quelli strutturali e conservativi, senza tralasciare le forti implicazioni economiche.

2 OBIETTIVI E RISULTATI ATTESI

La finalità è dunque quella di agevolare una corretta impostazione dell'intervento provvisorio già in fase emergenziale per evitare sprechi di risorse e incentivare un'omogenea qualità progettuale. A tal fine, la ricerca si propone di implementare l'attuale procedura di rilievo del danno, ampliando la parte relativa all'individuazione e alla valutazione economica degli interventi di messa in sicurezza e di ripristino strutturale dell'edificio. Nello specifico, l'obiettivo è quello di individuare una procedura in grado di guidare l'operatore nella scelta dell'opera provvisoria più idonea al caso specifico, tenendo in considerazione sia l'efficacia tecnica sia il vantaggio economico, suggerendo accorgimenti metodologici per operare nella fase di emergenza post-sismica in considerazione del successivo intervento definitivo.

La riduzione del carattere provvisorio degli interventi d'urgenza post-terremoto può diventare un'utile strategia per ridurre le carenze finora riscontrate nella realizzazione e gestione della fase di ricostruzione post-sismica. Infatti, a differenza dei manuali al momento disponibili, il cui unico obiettivo è quello di minimizzare le tempistiche di messa in sicurezza attraverso la standardizzazione delle opere, un nuovo approccio, più scientifico, attento anche alla successiva fase di progettazione e cantierizzazione dell'intervento di consolidamento e restauro definitivo, permetterebbe di evitare ingenti sprechi di risorse in termini di materiali, tempistiche e costi di intervento. Dato che in fase emergenziale i tempi sono necessariamente brevi, fornire uno strumento agile per

indirizzare correttamente il lavoro dei professionisti, facendo tesoro delle esperienze del passato, può avere un forte impatto operativo sulla gestione di possibili eventi futuri. Impostare le opere provvisorie in un'ottica di riuso per la realizzazione dell'intervento definitivo, fin dalla prima fase di progettazione, potrebbe dunque avere ricadute economiche positive sui costi della fase emergenziale e, di conseguenza, garantire più risorse per gli interventi definitivi.

In definitiva, attraverso la formulazione di strumenti di supporto alle attività di programmazione degli interventi emergenziali su chiese e campanili, la presente ricerca vorrebbe contribuire, seppure in minima parte, all'accrescimento delle conoscenze relative al tema dell'intervento sul patrimonio culturale in fase emergenziale, offrendo spunti di riflessione per ulteriori e doverosi approfondimenti futuri. La metodologia di intervento qui proposta potrebbe, ad esempio, essere ampliata per la gestione degli interventi emergenziali su altre tipologie architettoniche (palazzi, castelli, cimiteri, teatri) e per la sua applicazione in occasione di emergenze causate da eventi catastrofici, non solo di natura sismica ma anche idrogeologica. Inoltre, tali strumenti potrebbero essere implementabili anche per attività di prevenzione, definendo procedure di intervento tempestivo per ridurre la possibilità di insorgenza dei dissesti noti a fronte di forti vulnerabilità riconosciute nelle diverse tipologie architettoniche.

3 METODO E STRUTTURA

La presente ricerca parte dallo studio del passato e, nello specifico, dell'evoluzione degli aspetti teorici e metodologici legati alla prevenzione del danno sismico negli edifici storici in muratura. Soffermando l'attenzione su un particolare tipo di consolidamento, quello emergenziale, si indagano i punti salienti nella storia sismica italiana e si analizzano le diverse tecniche impiegate nel corso dei secoli, alla ricerca di utili indicazioni per gestire le future emergenze.

L'evento sismico del 2012 è stato il principale campo di studio: gli interventi emergenziali attuati in tale occasione hanno offerto numerosi spunti di riflessione sull'efficacia delle tecniche impiegate. Tali valutazioni discendono da considerazioni di carattere qualitativo e non dai modelli numerici di calcolo strutturale che talvolta hanno giustificato gli interventi realizzati. D'altronde è ormai noto, sebbene non ancora del tutto accettato, che tali modelli non possono costituire l'unico strumento di valutazione degli interventi sulle antiche fabbriche in muratura, nate dalla sapiente arte del costruire basata su proporzioni ed equilibri.⁴ L'analisi empirica della struttura è indispensabile per comprendere la reale consistenza delle fabbriche storiche. Gli stessi meccanismi di collasso di chiese e campanili storici sono stati individuati attraverso il recupero dell'empirismo⁵ e, allo stesso modo, si è ritenuto opportuno affidarsi a questo metodo anche nella definizione dell'efficacia degli interventi contro gli stessi dissesti.

Lo studio delle opere provvisoriale ha preso in considerazione molteplici aspetti, alcuni di carattere tecnico-pratico, altri di carattere storico-culturale. Tale compresenza ha richiesto il coinvolgimento di competenze oggi appartenenti a due diversi settori, quello ingegneristico e quello architettonico. Il restauro, attento sia alla conservazione del valore culturale, sia alla sicurezza e stabilità della struttura, necessita invece di un approccio aperto e interdisciplinare⁶ in cui scienza, tecnica e cultura si fondono in una sinergia di conoscenze, alla ricerca del complesso equilibrio tra tutti i fattori coinvolti.

La tesi si articola in cinque parti.

⁴ (Blasi, 2013, p. 1-13)

⁵ (Doglioni, Moretti, & Petrini, 1994, p. 71)

⁶ (Coisson, 2017, p. 748-749)

1) Stato dell'arte

Nella prima parte si definisce lo stato dell'arte, analizzando prima di tutto quali sono gli strumenti oggi esistenti per affrontare l'emergenza. Nel corso degli ultimi decenni, infatti, la progressiva sensibilizzazione al tema del rischio sismico ha portato alla formulazione di procedure di intervento per agevolare il processo di ripresa. Il primo passo, in questo processo, è il rilievo del danno. In seguito ad eventi sismici o ad altri eventi catastrofici, questa operazione ha come principale obiettivo quello di valutare le condizioni di agibilità delle strutture danneggiate. Le schede di rilievo del danno (per edifici ordinari o per Beni Culturali), nonostante le loro criticità, rappresentano un utile supporto a quest'attività in quanto guidano l'operatore, attraverso un percorso di analisi, alla formulazione di un giudizio finale il più possibile oggettivo. Negli ultimi decenni si sono sviluppati strumenti anche per la progettazione e realizzazione delle opere provvisorie: le ricerche più recenti hanno introdotto il concetto di standardizzazione e di possibili implicazioni definitive delle opere provvisorie. Ma questi aspetti vengono ancora spesso dimenticati nell'attuazione pratica e il percorso decisionale non risulta ben delineato. La stessa sopracitata scheda di rilievo del danno si limita ad elencare diverse possibilità, lasciando uno spazio bianco da compilare a discrezione del tecnico, senza guidarlo nella scelta dell'intervento.

La ricerca prosegue poi con l'analisi del sistema gestionale attuato in Emilia-Romagna per affrontare la crisi sismica del 2012, analizzandone gli aspetti più innovativi, incentrati sulla gestione unificata: dall'istituzione del Gruppo di Valutazione per la redazione di stime economiche omogenee, alla *Commissione Congiunta* per l'approvazione dei progetti di ricostruzione attraverso pareri comuni e condivisi.

Infine l'attenzione si sposta sulla tipologia architettonica maggiormente danneggiata nel sisma emiliano: chiese e campanili. Lo studio dei caratteri costruttivi e tipologici di queste fabbriche storiche mette in evidenza la presenza di vulnerabilità intrinseche e la condivisione degli stessi meccanismi di collasso.

2) Analisi dei costi d'intervento

La seconda parte riguarda l'analisi dei costi. I terremoti, infatti, rappresentano un grave problema anche dal punto di vista economico. L'elevata frequenza con cui eventi sismici distruttivi colpiscono il territorio nazionale genera costi straordinari (diretti e indiretti) notevoli, gravanti sull'economia dei luoghi colpiti e sulle finanze pubbliche. Basti pensare che, negli ultimi 50 anni, si sono verificati sette terremoti gravi, che hanno

prodotto una spesa di 120 miliardi di euro. Solo nel sisma del 2012 e solo per quanto riguarda i Beni Culturali, sono stati realizzati circa 350 interventi provvisori per un valore pari a circa 38 milioni di euro. Quasi 300 sono state le chiese danneggiate: queste costruzioni sono risultate essere tra gli edifici più costosi su cui intervenire.

La valutazione economica degli effetti provocati dall'evento sismico è indispensabile per richiedere congruenti finanziamenti per la ricostruzione. Tuttavia, tale stima è tanto importante quanto complessa, dipendendo da molteplici fattori, talvolta variabili da caso a caso. È stata così condotta un'analisi a posteriori sui costi del sisma 2012: i dati relativi alle spese sostenute per le opere di messa in sicurezza e per gli interventi definitivi, messi a disposizione dall'Agenzia Regionale per la Ricostruzione Sisma 2012 (ARRIC) e dalla Protezione Civile, sono stati confrontati con le stime economiche redatte in fase emergenziale. Ciò ha permesso non solo di verificare il rapporto tra costi a preventivo e costi a consuntivo ma anche di ricercare eventuali fattori influenti nella definizione degli importi, riflettendo sia sulle caratteristiche comuni sia sulle vicende dei singoli edifici. L'obiettivo è quello di definire una metodologia per individuare, in modo semplice e veloce, un *range* di spesa per ripristinare i danni del sisma esplicitando gli aspetti critici nella valutazione, cui prestare particolare attenzione.

3) Analisi delle tecniche di messa in sicurezza

La terza parte riguarda l'analisi delle tecniche di messa in sicurezza. L'uso di puntelli per mettere in sicurezza edifici ha origini antiche. I maggiori terremoti avvenuti negli ultimi decenni hanno spinto l'avanzamento delle tecniche fino ad arrivare ai giorni nostri, in cui l'uso di nuovi materiali, nuovi sistemi e nuove attrezzature offre un'ampia scelta d'intervento di fronte alla quale diventa difficile individuare la soluzione ottimale.

Per questo motivo, la presente ricerca tenta di definire un metodo di scelta partendo dall'analisi di alcuni interventi di messa in sicurezza realizzati in seguito al sisma del 2012, correlandoli anche con il successivo intervento di ripristino e miglioramento sismico definitivo, al fine di individuare un criterio metodologico che possa guidare il rilevatore nella definizione del presidio di sicurezza ottimale. Per agevolare l'analisi, la struttura è stata considerata come formata da diversi macroelementi, secondo la metodologia già validata per il rilievo del danno. Per ogni caso studio e per ogni macroelemento è stato analizzato lo stato di danno, l'intervento di messa in sicurezza e l'intervento di consolidamento definitivo, studiando la correlazione tra tecniche impiegate e costi richiesti.

4) Rapporto tra sicurezza e conservazione

La quarta parte approfondisce alcune tematiche connesse al difficile rapporto tra sicurezza e conservazione. Intervendendo sul patrimonio architettonico tutelato, anche il presidio di sicurezza non può sfuggire agli aspetti di tutela. A maggior ragione se si considera il fatto che le esperienze passate hanno mostrato come molte opere provvisorie abbiano involontariamente avuto un carattere “quasi-definitivo” a causa del lungo tempo trascorso prima di portare a termine gli interventi di consolidamento finale. Vengono allora sviluppate alcune considerazioni in merito alle implicazioni definitive che possono ritrovarsi in alcune opere provvisorie. Seppur rari, alcuni interventi di messa in sicurezza sfruttano le potenzialità intrinseche in queste opere, permettendo talvolta l’esecuzione di lavorazioni successive, altre volte diventando veri e propri elementi di consolidamento definitivo.

Tuttavia, spesso, ciò significa lasciare gli elementi di consolidamento a vista, operazione che trova grande difficoltà ad essere accettata. Vengono allora proposti alcuni spunti progettuali a dimostrazione di come l’elemento di consolidamento possa oltrepassare il confine di semplice mezzo tecnico per la sicurezza, diventando elemento figurativo in grado di valorizzare la costruzione.

5) Risultati delle analisi

Infine, nella quinta parte vengono esposti i risultati delle analisi fin qui condotte. In particolare viene presentato un metodo per valutare un costo indicativo dell’intervento di ripristino dell’edificio danneggiato e viene proposta una metodologia che permette di individuare l’opera provvisoria le cui caratteristiche sono tali da soddisfare maggiormente i requisiti necessari per il caso specifico, derivanti dall’analisi del danno, dalle condizioni del sito, dal valore culturale del bene e dalle finalità dell’intervento, e allo stesso tempo di ottimizzare l’efficacia propria dell’intervento, raggiungendo un buon compromesso tra aspetti operativi, strutturali, conservativi ed economici.

PARTE 1

L'EMERGENZA POST-SISMA

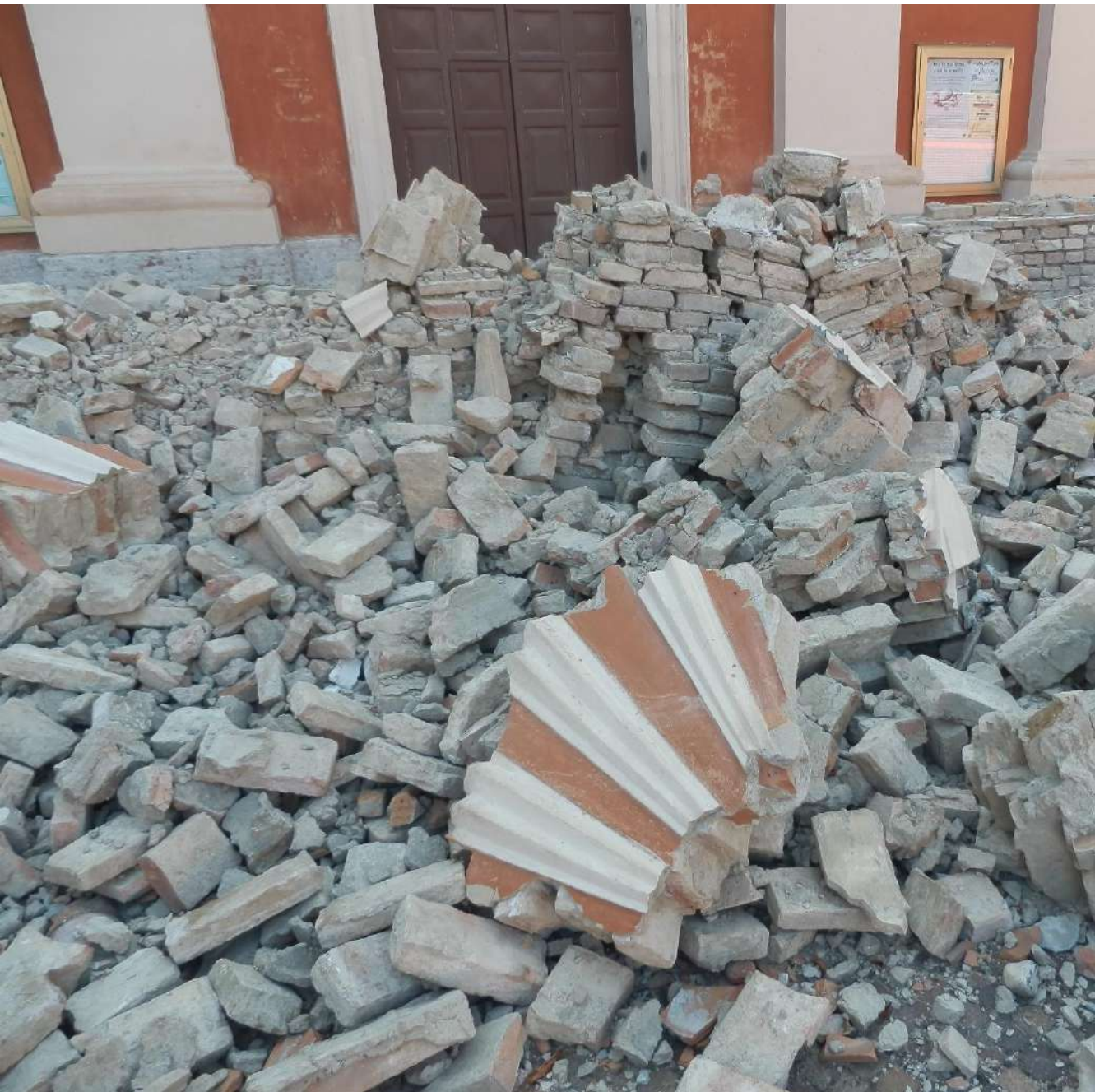
DAI TERREMOTI DEL PASSATO AL SISMA DEL 2012

Dopo ogni terremoto...

“Dopo ogni terremoto violento i mezzi di informazione obbligano tutti a prendere atto delle conseguenze catastrofiche dell’evento: l’elenco del numero di vittime, delle distruzioni, delle lacerazioni del tessuto sociale è posto sotto gli occhi di tutti; in un paese come l’Italia l’elenco comprende inevitabilmente notevoli danni al patrimonio monumentale. La prima reazione, ovviamente, fa scattare i meccanismi della solidarietà: successivamente inizia il momento delle polemiche su quanto poteva essere fatto, ma non si è fatto, per prevenire le conseguenze catastrofiche dell’evento. Poi l’emozione si spegne e sul tema del rischio sismico torna il silenzio.

A ricordo del terremoto resta, per molti anni, l’attività di ricostruzione, a volte frenetica, caratterizzata principalmente dalla pressante richiesta che la situazione sia ripristinata il più rapidamente possibile.”⁷

⁷ (Doglioni, Moretti, & Petrini, 1994, p. 5)



Macerie della Chiesa di San Nicola di Bari a Camposanto (MO) dopo il sisma del 2012.

1 ...COSA SI FA?

Numerosi sono stati i terremoti che in passato hanno colpito il territorio italiano: eppure questi eventi, improvvisi e imprevedibili, colgono ancora impreparati lasciando dietro di sé paura, confusione e incertezza. Dopo un evento catastrofico, il sistema dei soccorsi alle persone si attiva tempestivamente secondo schemi stabiliti a livello nazionale. Al contrario, l'approccio al costruito incontra numerose difficoltà sia in fase d'emergenza che in fase di ricostruzione. Come organizzare gli interventi urgenti e la ricostruzione? Quali sono le priorità? Quali spese si dovranno affrontare?

Questi sono solo alcuni degli interrogativi che si prospettano e a cui i singoli enti locali rispondono in modo diverso. Allo stato attuale, infatti, le emergenze di rilevanza nazionale vengono gestite dal Dipartimento di Protezione Civile (DPC), di concerto con le Amministrazioni competenti dei territori interessati. A supporto delle attività svolte da queste Istituzioni, esistono oggi degli strumenti, istituiti a livello nazionale, che guidano gli operatori nello svolgimento del rilievo del danno, nella realizzazione degli interventi urgenti e nella progettazione degli interventi di ripristino e ricostruzione. Tuttavia, l'organizzazione di queste operazioni resta a discrezione degli Enti locali e, pertanto, viene modificata di volta in volta. Emerge di conseguenza l'inadeguata preparazione a livello locale ad affrontare gli interventi sul costruito danneggiato.

D'altronde, a livello normativo, ci si confronta con il problema sismico solo in tempi relativamente recenti. La prima classificazione sismica del territorio nazionale viene proposta nel 1909, consistente in un elenco di località (colpite l'anno precedente dal disastroso terremoto di Reggio Calabria e Messina) in cui era richiesta la verifica sismica. L'elenco viene poi continuamente aggiornato di terremoto in terremoto fino al 2003 quando l'intero territorio nazionale viene classificato come sismico e suddiviso in quattro zone con pericolosità sismica decrescente⁸.

⁸ (O.P.C.M. 20/03/2003) - *Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica.*

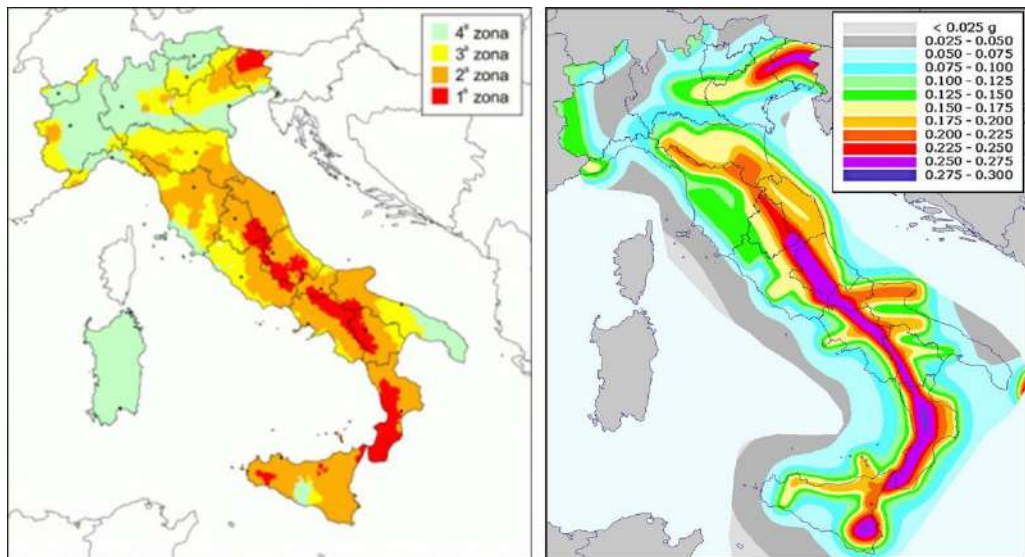


Figura 1: A sinistra, classificazione sismica dopo il 2003 con la suddivisione del territorio italiano in quattro zone con rischio sismico decrescente. A destra, classificazione sismica in funzione della pericolosità sismica locale.

Si inizia cercando di risolvere il problema sul versante delle nuove costruzioni. Dopo la prima normativa antisismica del 1974⁹, le Norme Tecniche per le Costruzioni del 2005¹⁰, oltre a determinare la piena operatività della nuova classificazione sismica, impongono anche l'applicazione dell'art. 104 del T.U. in materia edilizia,¹¹ relativo alle "Costruzioni in corso in zone sismiche di nuova classificazione". Dal 1 luglio 2009 entrano in vigore le Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni,¹² portando una sensibile variazione nell'approccio alla progettazione antisismica. Viene introdotto il concetto di *pericolosità sismica locale*: le quattro zone sismiche vengono sostituite da una zonizzazione completa mediante adozione di un reticolo i cui vertici sono dotati di

⁹ (L. 02/02/1974, n. 64) - *Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche*.

¹⁰ (D.M. 14/09/2005) - *Norme Tecniche per le Costruzioni*.

¹¹ (D.P.R. 06/06/2001, n.380) - *Testo Unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia*.

¹² (D.M. 14/01/2008) - *Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni*. Tale normativa è entrata in vigore con un anno di anticipo rispetto a quanto previsto in parte a causa del terremoto che ha colpito l'Abruzzo nell'aprile del 2009.

caratteristiche puntuali di pericolosità sismica. Tale approccio viene riproposto e migliorato con le Norme Tecniche per le Costruzioni del 2018¹³.

Resta però il problema delle costruzioni esistenti. I terremoti che hanno colpito il territorio italiano, oltre ai consistenti danni economici, hanno infatti provocato gravi conseguenze sul patrimonio storico, artistico e monumentale, non traducibili in valore economico. L'elevata densità abitativa e la notevole fragilità del nostro patrimonio edilizio rendono l'Italia un territorio particolarmente vulnerabile dal punto di vista sismico.¹⁴ Dopo le numerose sollecitazioni a impostare politiche per la riduzione del rischio sismico sul costruito storico, finalmente, il concetto di *miglioramento sismico*, introdotto nel 1986¹⁵, entra a far parte del restauro nel 2004.¹⁶ A distanza di tre anni viene emanata la *Direttiva per la valutazione e la riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale*, pubblicata il 29 gennaio 2008 e poi aggiornata nel 2011¹⁷.

¹³ (D.M. 17/01/2018) - *Aggiornamento delle "Norme Tecniche per le Costruzioni"*.

¹⁴ Negli ultimi 40 anni sono stati impiegati circa 135 miliardi di euro per il ripristino e la ricostruzione post-terremoto. D'altronde, in Italia, il rapporto tra i danni prodotti dai terremoti e l'energia rilasciata nel corso di un evento sismico è molto più alto rispetto a quello che si verifica in altri Paesi ad elevata sismicità, quali la California o il Giappone. <http://www.protez.it> (www.protezionecivile.it)

¹⁵ (D.M. 24/01/1986) - Il *miglioramento sismico* viene definito come "insieme di opere atte a conseguire un maggior grado di sicurezza nei confronti delle azioni sismiche senza per altro modificare sostanzialmente il comportamento globale dell'edificio".

¹⁶ (D.L. 22/01/2004 n.42) - Art. 29 "Per restauro si intende l'intervento diretto sul Bene attraverso un complesso di operazioni finalizzate all'integrità materiale ed al recupero del Bene medesimo, alla protezione ed alla trasmissione dei suoi valori culturali. Nel caso di beni immobili situati nelle zone dichiarate a rischio sismico in base alla normativa vigente, il restauro comprende l'intervento di miglioramento strutturale."

¹⁷ (D.P.C.M. 09/02/2011)

2 STRUMENTI PER L'EMERGENZA POST-SISMA IN ITALIA

Nel corso degli ultimi decenni, la progressiva sensibilizzazione al tema del rischio sismico ha portato alla formulazione di alcuni strumenti per agevolare il processo di gestione dell'emergenza e di successiva ripresa. Dal rilievo del danno alla ricostruzione, si cerca di affrontare la fase post-sisma definendo procedure operative condivise tratte dalle esperienze passate.

2.1 STRUMENTI PER IL RILIEVO DEL DANNO

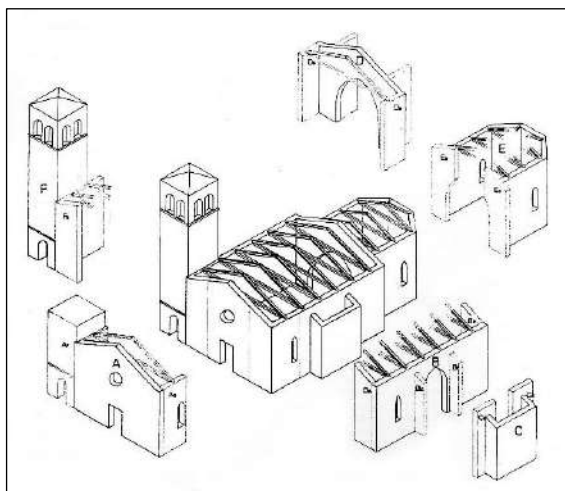
Le operazioni di rilievo del danno, in seguito ad eventi sismici o ad altri eventi catastrofici, hanno come principale obiettivo quello di valutare lo stato di danno delle strutture e le conseguenti condizioni di agibilità, oltre ad individuare l'eventuale necessità di opere provvisoriale per tutelare l'incolumità pubblica e per fermare l'avanzamento del danno.

Per agevolare e velocizzare le operazioni di rilievo è oggi possibile ricorrere al supporto di schede, le quali conducono, attraverso un percorso guidato di analisi, alla formulazione di un giudizio finale. Questo giudizio è spesso adottato come riferimento per la quantificazione economica del danno e, quindi, degli oneri necessari per la riparazione e/o ricostruzione. L'uso di questi strumenti permette inoltre di raccogliere dati omogenei su tutto il patrimonio colpito dal sisma, analizzabili in modo statistico e informativo.

La definizione degli attuali strumenti di rilievo del danno inizia nel 1987, quando Gruppo Nazionale di Difesa dai Terremoti (GNDT)¹⁸ ha elaborato una prima scheda finalizzata al rilievo del danno nelle chiese (Modello S3). In essa vengono identificati i meccanismi di collasso fondamentali, riconoscendo che gli edifici appartenenti a questa tipologia architettonica, seppur realizzati in diverse epoche, con diverse forme e diverse modalità costruttive, presentano, quando sollecitate da eventi sismici, un comportamento strutturale simile e, di conseguenza, simili tipologie di danno.

¹⁸ Il Gruppo Nazionale di Difesa dai Terremoti, costituito con il decreto del 10 febbraio 1993 art.1 (G.U. n.37 del 15/02/1993), è uno dei gruppi nazionali di ricerca scientifica di cui si avvale il Servizio Nazionale della Protezione Civile.

Dopo questa prima sperimentazione avvenuta in seguito al terremoto del 1986 a Parma, in Emilia-Romagna, la scheda è stata progressivamente affinata e integrata. In particolare, l'attività svolta a partire dal 1989 dall'Unità di Ricerca¹⁹ guidata dal Prof. Francesco Doglioni, aveva come obiettivo quello di proporre una procedura che, partendo dall'analisi dei danni provocati dal sisma friulano del 1976 al patrimonio ecclesiastico²⁰, arrivasse alla formulazione di una valutazione della vulnerabilità sismica delle chiese, cui associare criteri guida per il progetto di interventi preventivi. L'elemento maggiormente innovativo di questo studio risiede nella sua impostazione: il comportamento strutturale della chiesa viene studiato dividendo la struttura in parti, definite *macroelementi*, ciascuna con specifiche caratteristiche tipologiche cui i meccanismi di danno sono strettamente connessi. Questo metodo permette di



riconoscere e distinguere le vulnerabilità specifiche, legate a particolarità costruttive di casi isolati, dalle vulnerabilità intrinseche, legate alla conformazione architettonica della maggior parte delle chiese, definendo utili elementi di valutazione del rischio.

Figura 2: Suddivisione in macroelementi proposta per la Chiesa di Santo Stefano a Valeriano, danneggiata dal terremoto del 1976 in Friuli. (Doglioni, Moretti, & Petrini, 1994, p. 72)

¹⁹ (Doglioni, Moretti, & Petrini, 1994) - L'unità di Ricerca "*Definizione qualitativa dei danni attesi e casistica di interventi preventivi per la loro riduzione in edifici ecclesiastici e complessi monumentali*", di cui Doglioni fu responsabile, faceva capo al Dipartimento di Scienza e Tecnica del Restauro dell'Istituto Universitario di Architettura di Venezia (IUAV), nell'ambito del gruppo di lavoro "*Vulnerabilità*" del GNDT.

²⁰ (Doglioni, Moretti, & Petrini, 1994, p. 6) - La scelta di analizzare i danni subiti da questa tipologia architettonica è dovuta a diversi fattori. Le chiese, spesso isolate nel tessuto urbano, permettono di semplificare l'analisi del loro comportamento strutturale, non influenzato dall'interazione con altri aggregati. Inoltre, la loro presenza diffusa sul territorio, permette di reperire una campione significativo e una buona varietà di casistiche per morfologia e azione sismica subita. Da ultimo, non si dimenticano le implicazioni culturali e sociali legate a questi monumenti.

Gli strumenti di rilievo del danno che si vennero così a delineare avevano pure finalità conoscitive e non erano ancora volti alla valutazione di agibilità sul manufatto. Il sisma del 1996 in Emilia-Romagna ha offerto l'occasione per fare un ulteriore passo: il Servizio Sismico Nazionale (SSN) del Dipartimento della Protezione Civile e il GNDT avviarono un Gruppo di Lavoro congiunto per definire una schedatura con un *range* d'azione più ampio, gli edifici ordinari, mirata non solo al rilievo del danno ma anche alla definizione di provvedimenti di pronto intervento e alla valutazione dell'agibilità post-sisma. La scheda fu adottata dal Dipartimento della Protezione Civile nella sua originaria versione durante le operazioni susseguenti il terremoto del 1997 in Umbria e Marche. Una nuova versione della scheda per edifici ordinari fu redatta nel 1998 e impiegata per il sisma nel Pollino (1998) e nel Frignano (1999), trovando l'attuale versione definitiva nel novembre del 2000²¹. Utilizzata nel sisma abruzzese del 2009 e in quello emiliano del 2012, la *scheda AeDES* è diventata strumento di riferimento ufficiale con il DPCM del 5 maggio 2011²².

Nel frattempo, il DPC ha continuato l'elaborazione di modelli per il rilevamento e censimento dello stato di danno del patrimonio culturale nazionale arrivando, nel 2001, ad approvare una scheda di rilevamento dei danni ai beni mobili e immobili specifica per le chiese²³. La nuova scheda viene testata sul campo in occasione dei terremoti in Molise e Puglia (2002) e nella Provincia di Brescia (2004). Da allora, continui aggiornamenti ed integrazioni hanno ampliato i meccanismi di danno (da 18 a 28) arrivando alla formulazione della scheda nell'attuale versione (*Modello A-DC*), approvata nel 2006²⁴, insieme all'analoga scheda per il rilievo del danno nei Palazzi (*Modello B-DP*). L'impiego di quest'ultima in seguito ai recenti terremoti ha però evidenziato alcune difficoltà di applicazione e la conseguente necessità di ulteriori approfondimenti e miglioramenti.

²¹ (Baggio, et al., 2002, p. 7-11)

²² (D.P.C.M. 05/05/2011) - *Approvazione del modello per il rilevamento dei danni, pronto intervento e agibilità per edifici ordinari nell'emergenza post-sismica e del relativo manuale di compilazione.*

²³ (Decreto interministeriale 03/05/2001) - *Approvazione dei modelli per il rilevamento dei danni alle chiese ed ai beni mobili.*

²⁴ (D.P.C.M. 23/02/2006) - *Approvazione dei modelli per il rilevamento dei danni a seguito di eventi calamitosi, ai beni appartenenti al patrimonio culturale.*

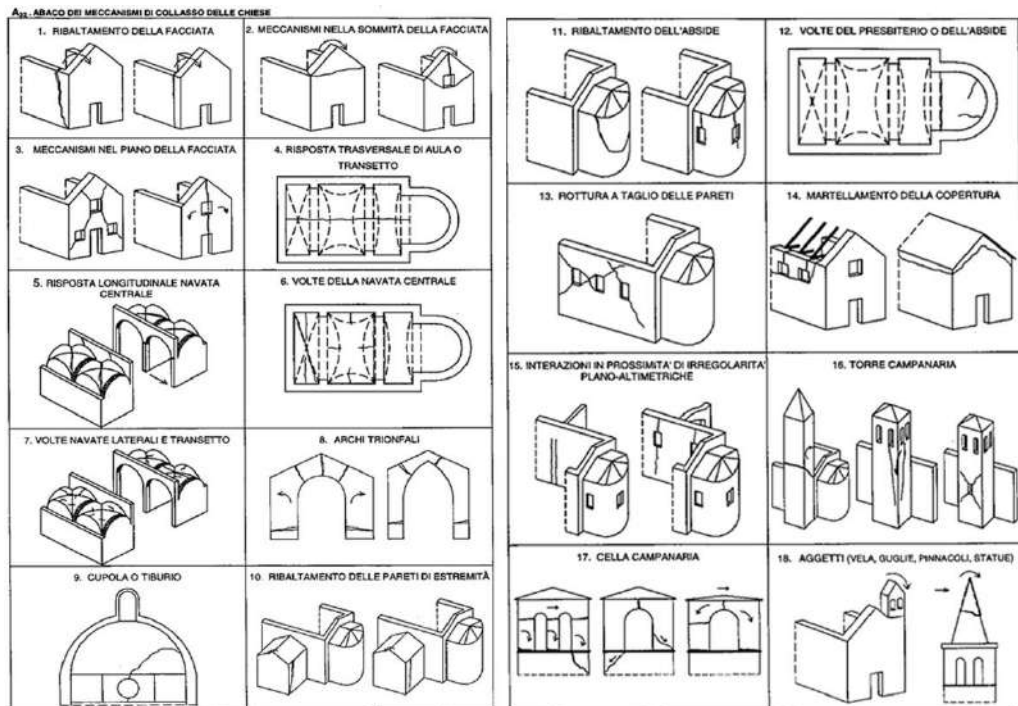


Figura 3: 18 meccanismi di collasso previsti dalla normativa del 2001 (estratto dalla Gazzetta Ufficiale n.116 del 21/05/2001)

In parallelo, prosegue l'approfondimento dei meccanismi di danno per le chiese: grazie alle nuove ricerche condotte dal GNDT, dall'INGV e dal Dipartimento di Ingegneria Strutturale e Geotecnica dell'Università degli Studi di Genova, guidate dal Prof. Sergio Lagomarsino, si arriva alla definizione di una seconda scheda (detta *Scheda Chiese di II livello*) per il rilievo delle vulnerabilità presenti negli edifici di culto. Il nuovo strumento viene utilizzato per la prima volta in occasione del terremoto molisano del 2002²⁵.

Con il sisma del 2016 è nato un ulteriore strumento per il rilievo dell'agibilità post-sisma degli edifici privati: la procedura FAST (rilevamento di Fabbricati per l'Agibilità

²⁵ (Decreto 09/03/2004, n.26) – *Approvazione delle Linee Guida preliminari per gli interventi di riparazione del danno e miglioramento sismico per gli edifici di culto e monumentali – Edifici di culto (Parte prima).*

Sintetica post-Terremoto)²⁶. La continua estensione delle aree danneggiate in seguito ai ripetuti eventi sismici ha reso necessaria una valutazione urgente dell'agibilità post-sismica per individuare rapidamente le situazioni nelle quali sussistono le condizioni per la concessione delle soluzioni abitative di breve termine (moduli-container).

Ad oggi esistono dunque diversi strumenti per il rilievo del danno post-sismico, ciascuno con uno specifico *target* tipologico e una specifica finalità. Come sempre, anche in fase post-sismica, la conoscenza dello stato fessurativo opera per livelli di approfondimento progressivi.

Nei giorni immediatamente successivi all'evento sismico, si effettuano ispezioni generiche e speditive per avere una visione complessiva degli effetti sulle costruzioni e una stima macroeconomica. A tal fine sono utili procedure di rilievo veloce come quella FAST.²⁷

Dopodiché seguono ispezioni più dettagliate atte a valutare l'intensità macrosismica, le condizioni di agibilità, l'eventuale necessità di opere provvisorie e dei costi di riparazione. Per queste operazioni vengono usate le schede di rilievo del danno di I livello: la scheda AeDES per gli edifici ordinari e i Modelli A-DC e B-DP per le chiese e i palazzi soggetti a tutela.

In un secondo momento, a crisi sismica terminata, è possibile approfondire la valutazione di vulnerabilità degli edifici attraverso indagini approfondite del sistema murario e analisi semplificate della risposta sismica, per arrivare alla scelta dell'intervento di ripristino. Per questa finalità si possono impiegare le schede di II livello specifiche per edifici in muratura, in cemento armato o in acciaio.²⁸

²⁶ (O.C.D.P.C. 10/11/2016, n.405) - *Ulteriori interventi urgenti di protezione civile conseguenti agli eventi sismici che hanno colpito il territorio delle Regioni Lazio, Marche, Umbria e Abruzzo a partire dal giorno 24 agosto 2016.*

²⁷ La procedura prevede la compilazione della scheda attraverso una rapida ricognizione dei singoli edifici o delle unità edilizie finalizzata alla selezione dei fabbricati agibili rispetto a quelli non utilizzabili immediatamente per una compromissione delle condizioni di sicurezza per danni alla struttura o per condizioni di rischio esterno. La procedura è gestita a livello dei Centri Operativi sovracomunali e i sopralluoghi vengono effettuati da professionisti architetti, ingegneri e geometri iscritti a un ordine professionale oppure da tecnici in organico alle Pubbliche Amministrazioni.

²⁸ In particolare, la scheda *Chiese di II livello* per il rilievo della vulnerabilità degli edifici di culto, realizzata dal GNDT, dall'INGV e dall'Università degli Studi di Genova, rappresenta un utile strumento per approfondire la conoscenza della struttura e gli elementi di vulnerabilità presenti al fine di arrivare alla definizione di interventi di riparazione dei danni e di miglioramento sismico consapevoli della struttura, delle sue condizioni e del suo valore. Si tratta infatti di una scheda di approfondimento, impiegata in una fase successiva a quella emergenziale,

Di seguito vengono esposti gli aspetti salienti dei principali strumenti di schedatura impiegati in fase emergenziale, ovvero le schede di I livello per gli edifici ordinari e per i Beni Culturali.

2.1.1 Scheda AeDES per il rilievo del danno agli edifici ordinari

La scheda di primo livello AeDES (Agibilità e Danno nell'Emergenza Sismica), nata dal lavoro congiunto del CNR-GNDT e del SSN, è un utile strumento per valutare in modo speditivo le condizioni di agibilità del manufatto attraverso indagini di intensità macrosismica, analisi tipologica dell'edificio e valutazione fisica ed economica (con algoritmo) del danno fisico subito. Appare opportuno precisare che l'analisi di agibilità consiste esclusivamente nel verificare che la funzionalità (statica) del fabbricato non abbia subito alterazioni, rispetto alla sua condizione precedente al sisma, a causa dei danni provocati dallo stesso. Si tratta di una valutazione temporanea e speditiva, ottenuta dalla semplice analisi visiva e dalla raccolta di informazioni facilmente accessibili, finalizzata a individuare in tempi brevi condizioni di rischio per gli utilizzatori della struttura.²⁹

La scheda viene usata per il rilievo del danno delle strutture ordinarie, ovvero l'edilizia per abitazioni e/o servizi, in muratura, in cemento armato o in acciaio (strutture a telaio o a setti). Sono dunque esclusi gli edifici a tipologia specialistica o monumentale (capannoni industriali, edilizia sportiva, teatri, chiese etc.).

La scheda AeDES si compone di nove sezioni. Il livello di danno viene classificato sulla base della scala macrosismica europea EMS98, in sei tipologie: D0 nullo, D1 leggero, D2 medio, D3 grave, D4 gravissimo, D5 crollo.

Il giudizio finale di agibilità è graduato su sei differenti esiti: A agibile, B temporaneamente inagibile (in tutto in parte) ma agibile con provvedimenti di pronto intervento, C parzialmente inagibile, D temporaneamente inagibile da rivedere con approfondimento, E inagibile, F inagibile per rischio esterno.

La compilazione della scheda compete ai tecnici delle amministrazioni, della Regione o professionisti iscritti all'ordine degli ingegneri, degli architetti o dei geometri.

per condurre analisi di vulnerabilità finalizzate alla scelta dell'intervento di consolidamento definitivo. Anche in questo caso, il campo di applicazione è la tipologia architettonica delle chiese in muratura. La scheda, si sviluppa in tre parti: la prima rivolta alla conoscenza generale della fabbrica, la seconda al rilievo del danno e della vulnerabilità, la terza al giudizio di agibilità.

²⁹ (Dolce, Papa, & Pizza, 2014, p. 9-12)

Per la sua corretta compilazione, i rilevatori devono far riferimento al manuale associato alla scheda³⁰, prendendo coscienza dei principi informatori al fine di conseguire la necessaria omogeneità di giudizio. Nella prima parte del manuale vengono fornite informazioni e direttive relativamente all'organizzazione del rilievo in un contesto emergenziale (gestione tecnica, modalità di preparazione e conduzione del sopralluogo). La seconda parte fornisce istruzioni per identificare il danno, correlando le caratteristiche comportamentali a quelle tecnologiche, e riporta esemplificazioni e un repertorio di riferimento per agevolare la comprensione del rapporto tra la realtà osservata e la sintesi descrittiva.

2.1.2 Schede per il rilievo del danno ai Beni Culturali

Le schede per il rilievo del danno ai Beni Culturali, messe a punto dal DPC, nell'ambito del Gruppo di Lavoro per la prevenzione dei Beni Culturali dai rischi naturali (GLABEC), riguardano le opere sottoposte a tutela. Esistono diverse schede a seconda del tipo d'opera artistica e/o architettonica tutelata.

- Modello A: Scheda per l'identificazione del Bene
- Modello AD: Scheda per il rilievo dei Beni Culturali – apparati decorativi
- Modello A-DC: Scheda per il rilievo dei Beni Culturali – Chiese
- Modello B-DP: Scheda per il rilievo dei Beni Culturali – Palazzi
- Modello BF: Scheda per il rilievo dei Beni Culturali – danno ai beni fisici

In particolare, per le finalità del presente studio, l'attenzione si sofferma sul modello A-DC per il rilievo delle chiese tutelate. Si tratta di un utile strumento per la valutazione speditiva, attraverso analisi visiva e documentazione d'archivio, dei danni subiti dalla fabbrica al fine di produrre un giudizio di agibilità e stimare il costo delle opere necessarie al ripristino del manufatto. Il fine ultimo, in questo caso, non è solo quello di garantire la pubblica incolumità ma anche quello di evitare il progredire del danno e permettere il salvaguardia del valore culturale dell'edificio.³¹

³⁰ (DPCM 08/07/2014) - La prima versione del manuale era stata rilasciata dal Dipartimento della Protezione Civile nel 2002. L'ultimo aggiornamento delle schede AeDES e del relativo manuale risalgono al 2014.

³¹ (Di Pasquale & Papa, 2014, p. 5-6)

La scheda è specifica per il rilievo e l'interpretazione del quadro fessurativo nelle chiese tutelate in muratura. Le chiese in cemento armato presentano, infatti, meccanismi di collasso diversi e pertanto, anche se vincolate, dovranno essere analizzate tramite la scheda AeDES.

Il Modello A-DC (come il Modello B-DP, seppure quest'ultimo presenti una struttura più articolata) si compone di due sezioni: la prima contiene informazioni di carattere generale per l'identificazione del bene (denominazione, localizzazione, elementi di pregio); la seconda contiene informazioni relative allo stato di manutenzione generale, ai danni subiti dalla struttura, dall'apparato decorativo e dalle opere d'arte, da cui dedurre l'eventuale necessità di opere provvisoriale, valutazioni di agibilità e stime sommarie dei costi di ripristino.

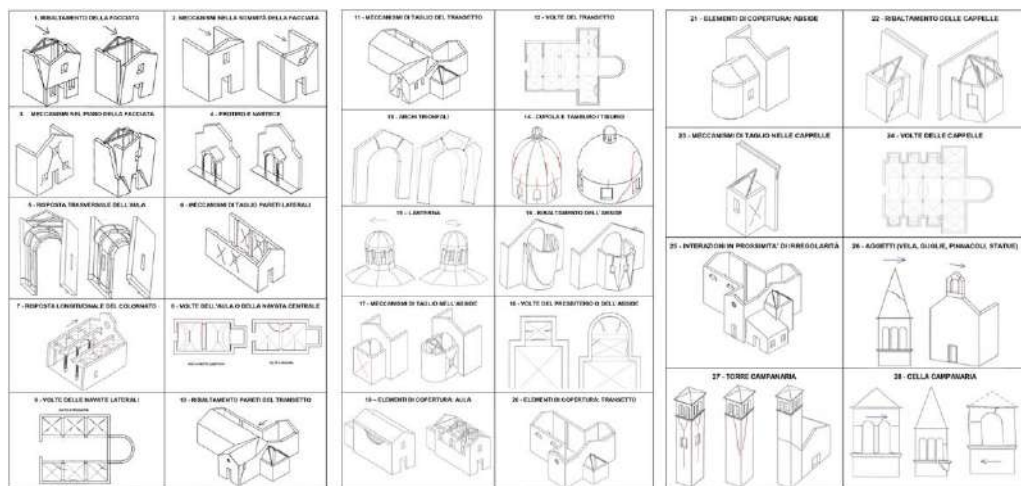


Figura 4: Abaco dei 28 meccanismi di collasso delle chiese previsti dalla scheda attuale

La scheda suddivide la fabbrica in dieci macroelementi: facciata, aula, transetto, arco trionfale, cupola, abside, copertura, cappelle e corpi annessi, aggetti, campanile. Per ciascuno considera i meccanismi di danno attivabili in caso di sisma e studia quelli effettivamente attivati indicando la gravità del danno classificabile come D0 nullo, D1 lieve, D2 moderato, D3 grave, D4 molto grave, D5 crollo. Esprimendo un giudizio per

ogni meccanismo di collasso è possibile così ricavare l'indice di danno complessivo³² che quantifica il livello medio di danno subito dalla chiesa. Sulla base di tale valore è possibile definire la necessità di provvedimenti di pronto intervento, tra quelli elencati nella scheda, e la stima dei costi di ripristino. La valutazione di agibilità viene elaborata in relazione ai dati acquisiti durante il sopralluogo e può avere diversi esiti: A agibile, I inagibile, PA parzialmente agibile, AP agibile con provvedimenti, TI temporaneamente inagibile, IE inagibile per cause esterne.

La compilazione della scheda spetta ai funzionari del MiBACT³³.

Per agevolare tale operazione, nel 2014, il DPC, ha realizzato un manuale³⁴: la prima parte fornisce informazioni riguardanti l'organizzazione delle operazioni di rilievo; nella seconda parte vengono spiegate le modalità di compilazione delle schede, se ne analizzano le singole parti descrivendo ed esemplificando i 28 possibili meccanismi di danno, viene fornito un abaco dei principali provvedimenti di pronto intervento, vengono sviluppate alcune riflessioni in merito al rilievo, allo stato di conservazione e all'evoluzione storica delle chiese in muratura. È auspicabile che gli operatori possano disporre al più presto di un manuale simile anche per le schede del modello B-DP(Palazzi) che al momento non è stato ancora redatto.

2.2 STRUMENTI PER LA MESSA IN SICUREZZA

Gli interventi provvisori di somma urgenza hanno un triplice obiettivo: tutelare l'incolumità delle persone, evitare il progredire del danno, ripristinare rapidamente le normali attività socio-economiche³⁵.

Nello scenario italiano, il cui territorio subisce da secoli gli effetti spesso devastanti dei terremoti, la messa in sicurezza delle costruzioni danneggiate assume un'importanza

³² L'indice di danno, compreso tra 0 e 1, si ricava attraverso la formula $ID = d/5n$ dove d è la sommatoria dei livelli di danno subiti e n è il numero di meccanismi possibili.

³³ In ottemperanza di quanto disposto dal DPCM 23/02/2006 "Approvazione dei modelli per il rilevamento dei danni a seguito di eventi calamitosi, ai beni appartenenti al patrimonio culturale"

³⁴ (Di Pasquale & Papa, 2014) – Il manuale è nato dall'attività del Gruppo di Lavoro Interistituzionale istituito con Decreti n. 2178/2011 e n. 4602/2011, costituito dal prof. M. Dolce (Presidente - DPC), prof. F. Doglioni (IUAV), arch. R. Garufi (Regione Siciliana), ing. P. Iannelli (MiBACT), prof. C. Modena (UNIPD), arch. S. Papa (DPC), ing. S. Podestà (UNIGE), ing. C. Rubino (MiBACT), ing. R. Tonellato (Regione Veneto)

³⁵ (Dolce, et al., 2004, p. 1)

fondamentale. Ciononostante, il tema è stato poco trattato in passato e le tecniche impiegate fino alla fine del XX secolo presentavano numerose problematiche tecniche e metodologiche, dovute anche alla mancanza di letteratura specifica. Negli ultimi decenni il tema sembra attirare maggiore attenzione: a partire dagli anni '80 iniziano ricerche mirate all'approfondimento tecnico e scientifico della messa in sicurezza³⁶.



Figura 5: Opere provvisorie realizzate nel terremoto del 1997 in Umbria e Marche - Immagini tratte da (Dolce, et al., 2004, p. 1-2)

Il terremoto del 1997 in Umbria e Marche ha rappresentato un punto di svolta nella gestione delle azioni di soccorso in emergenza post-terremoto: l'esperienza maturata in quest'occasione ha avviato il processo di razionalizzazione e sistematizzazione dell'applicazione delle conoscenze tecniche mirata alle fasi emergenziali.³⁷

Un primo passo per far fronte alla disomogeneità e all'incompiutezza dei presidi di sicurezza, causata oltre che dalla difficoltà di reperire il materiale anche dall'eccessiva libertà progettuale ed esecutiva delle squadre operative, fu la redazione delle "Raccomandazioni per le opere di messa in sicurezza".³⁸ Segue, nel 2000, il volume "Le

³⁶ (Mastrodicasa S. , 1993); (Falsini, Michelon, & Vinci, 1994)

³⁷ (Bellizzi, 2001, p. 5)

³⁸ (Giacomo Di Pasquale, 1999)

*opere provvisionali nell'emergenza sismica*³⁹, redatto dal Servizio Sismico Nazionale, che pubblica uno dei primi strumenti per la progettazione delle opere provvisionali, con una sezione dedicata all'intervento sui Beni Culturali.

2.2.1 *Il progetto OPUS*

Sullo stesso tema, nel 2001 nasce il progetto OPUS (Opere Provvisionali Urgenti post-Sisma), dalla collaborazione tra il *Servizio Sismico Nazionale* e il *Dipartimento di Strutture, Geotecnica, Geologia* applicata all'ingegneria dell'Università della Basilicata. Dall'analisi sistematica dei presidi di sicurezza realizzati in passato, il progetto elabora una prima classificazione funzionale delle opere provvisionali, confrontandone l'efficacia strutturale e proponendo miglioramenti nell'approccio e criteri di progettazione di immediata applicazione attraverso tabelle e metodi di calcolo semplificati. L'obiettivo è quello di introdurre una metodologia scientifica nel contesto della progettazione emergenziale. Si inizia inoltre ad accennare alle possibili implicazioni di carattere definitivo connesse agli interventi di messa in sicurezza. Nella premessa iniziale, il manuale si riferisce agli interventi di cerchiatura con catene sottolineando che “[...] *se opportunamente progettate, potrebbero essere integrate nell'intervento definitivo.*”⁴⁰

2.2.2 *Il progetto Noè*

Le ricerche sopracitate sono da poco iniziate quando, nel 2002, il territorio molisano viene colpito da un evento sismico di forte entità: la gestione caotica delle operazioni di messa in sicurezza, dovuta alla mancanza di strumenti di indirizzo, porta all'adozione di criteri d'intervento e scelte tecniche spesso in contrasto tra loro.

Le operazioni di messa in sicurezza dei beni monumentali sono state eseguite da soggetti istituzionali diversi (Vigili del Fuoco e *Soprintendenza* ai beni architettonici della Regione Molise - BAP-SAD), senza una regia unica o dei modelli predefiniti. Dopo la prima ricognizione effettuata dai tecnici della *Soprintendenza BAP-SAD* e dopo il rilievo del danno effettuato dalle squadre *NOPSA*, sono stati individuati gli edifici

³⁹ (Bellizzi, 2001, p. 5) – “*Questo testo tecnico sulle opere provvisionali nell'emergenza sismica copre un argomento poco trattato soprattutto in chiave post emergenza. [...] non vuole essere un punto di arrivo, ma l'avvio di un'attività di studio teorico e monitoraggio degli interventi da cui verranno tratte esperienze per i successivi aggiornamenti.*”

⁴⁰ (Dolce, et al., 2004, p. 2)

monumentali da mettere in sicurezza. La fase operativa è stata gestita in parallelo sia dalla *Soprintendenza* che dai Vigili del Fuoco i quali, in accordo con il “Gruppo per la Salvaguardia dei BB.CC.”, si sono occupati delle chiese dove non era possibile intervenire con mezzi ordinari per motivi di sicurezza. L'intervento della *Soprintendenza* si è svolto parallelamente, e solo in alcuni casi in sinergia, a quello dei Vigili del Fuoco.

Da quest'esperienza appare evidente la necessità di sviluppare modelli operativi e criteri metodologici comuni: prende così vita il progetto Noè, sulla prevenzione del patrimonio dai rischi naturali, finanziato dalla Unione Europea nell'ambito del programma comunitario INTERREG IIIC. Gli studi relativi alla vulnerabilità sismica degli edifici danneggiati dal sisma, promossi dalla Regione Molise e dal CNR⁴¹, portano alla redazione di linee guida finalizzate al rilievo del danno e delle vulnerabilità sismiche⁴² e alla progettazione degli interventi di messa in sicurezza e di riparazione e miglioramento sismico.⁴³

2.2.3 *Il manuale STOP*

In contemporanea, le ricerche continuano anche in Piemonte a seguito del terremoto verificatosi nella provincia di Alessandria: la Direzione Regionale dei VVF, in collaborazione con le Università di Torino e Genova, monitorano i danni post-sismici ed elaborano manuali per le opere provvisorie di semplice utilizzo.

Dal 2007, inoltre, vengono introdotti corsi di formazione per il personale permanente dei VVF, attività che si rivela molto utile per affrontare il terremoto abruzzese del 2009. Il Nucleo di Coordinamento delle Opere Provvisorie (NCP), appositamente costituito per la gestione degli interventi urgenti durante il sisma abruzzese, in contemporanea alla realizzazione dei presidi di sicurezza al patrimonio edilizio e monumentale, si impegna sul fronte della progettazione di soluzioni tecniche standardizzate, strutturalmente verificate in ogni dettaglio. In quest'occasione, le attività di schedatura del danno e di progettazione e realizzazione dei presidi di sicurezza vengono centralizzate in un unico gruppo operativo (Funzione 15 “Salvaguardia dei Beni Culturali”, presso la Di.Coma.C), permettendo di ottimizzare la gestione della fase emergenziale e garantendo omogeneità

⁴¹ Decreto del Commissario delegato n.29 del 6 giugno 2003 - Studio per la vulnerabilità sismica degli edifici pubblici, strategici e di culto nei Comuni colpiti dal sisma del 31 ottobre 2002.

⁴² (Civerra, Lemme, & Cifani, 2007)

⁴³ (Cifani, Lemme, & Podestà, 2005)

di scelte.⁴⁴ Mancava ancora, però, una trattazione sistematica di standardizzazione e di supporto operativo sul campo. Così, grazie all'abbinamento delle competenze tecniche acquisite in quest'occasione dal NCP dei Vigili del Fuoco con le conoscenze scientifiche del CNR-ITC dell'Aquila e delle Università di Udine, Padova, Genova e Milano, nasce un nuovo strumento di supporto al processo decisionale: il manuale “*Opere Provvisorie – l'intervento tecnico urgente in emergenza sismica*”, a carattere tecnico-illustrativo, e il *Vademecum STOP*, con un'impostazione più operativa, contenente schede tecniche con le soluzioni progettuali più ricorrenti per fornire rapidamente soluzioni pre-dimensionate, sicure e standardizzate attraverso la consultazione di abachi e tabelle per rendere agevole il dimensionamento sul campo.

Le schede sono divise in diverse sezioni nelle quali sono riportati sinteticamente gli aspetti essenziali che orientano la scelta progettuale: tipologia strutturale e meccanismo di collasso attivato, indicazioni generali e schemi per il dimensionamento, criticità cui porre rimedio con indicazioni esecutive e particolari costruttivi, istruzioni per l'uso di ciascuna scheda. Queste schede hanno permesso di superare la tradizionale progettazione strutturale, spesso impraticabile in fase emergenziale per questione di tempi e costi, e hanno permesso di facilitare il computo a piè d'opera del materiale necessario per reperirlo velocemente.

La principale finalità è quella didattico-divulgativa, per la formazione delle squadre di Vigili del Fuoco che opereranno in condizioni emergenziali. Parole chiave, questa volta, sono “*gestione del materiale*”, “*sicurezza degli operatori*”, “*rapidità di intervento*”, ma soprattutto si compiono i primi passi verso la standardizzazione, nel tentativo di assicurare uniformità di linguaggio e di tecniche esecutive.

In continuità con questo lavoro, è stato istituito un *osservatorio tecnico permanente* che, sotto il coordinamento scientifico dell'Università di Udine e con costanti apporti da parte del Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco, si propone di proseguire l'attività di miglioramento delle procedure operativo-gestionali dei soccorsi oltre la fase emergenziale in modo da essere pronti di fronte a future emergenze nazionali e internazionali.

⁴⁴ (Grimaz, 2010, p. 1-17)

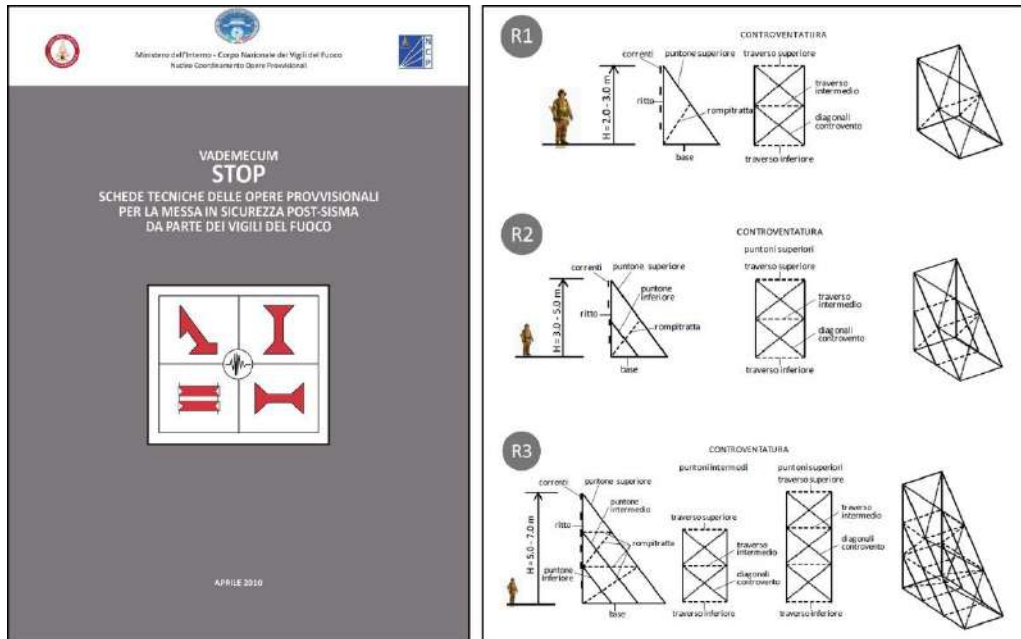


Figura 6: Estratto esemplificativo delle tecniche di messa in sicurezza proposte dal Vademecum STOP – nello specifico, sistema di puntellamento per il ritegno di masse murarie schema con base in appoggio. (Grimaz, 2010)

Da allora, diversi testi hanno trattato il tema della messa in sicurezza, riprendendo le indicazioni fornite da questi studi per supportare i progettisti nella progettazione dell'opera provvisoria, fornendo veloci e pratiche regole di scelta, di progettazione e di calcolo.⁴⁵ Oltre a questi strumenti specifici, le schede di rilievo del danno ai Beni Culturali, di cui si è parlato nel paragrafo precedente (2.1.2), contengono al loro interno indicazioni dei possibili provvedimenti di pronto intervento da adottare di fronte

⁴⁵ A livello nazionale, libri e i manuali in commercio forniscono indicazioni e regole pratiche per la progettazione del presidio di sicurezza. A titolo d'esempio si menziona il volume "Beni Monumentali e terremoto. Dall'emergenza alla ricostruzione" (Cifani, Lemme, & Podestà, 2005) e il libro "La messa in sicurezza e l'adeguamento sismico degli edifici esistenti" (Cicchello, 2010). Anche nel panorama internazionale il tema è stato oggetto di studio (Dandoulaki, 1998); (Vidal, Feriche, & Ontiveros, 2009); (Traykova, Giarelis, Lampropoulos, Dritsos, & Moseley, 2018) fino alla definizione di linee guida di carattere più generale cercano di aumentare la consapevolezza su come agire in caso di calamità naturali. A tal proposito si segnala la pubblicazione "First aid to cultural heritage in times of crisis" (Tandon, 2018).

all'edificio danneggiato. Tuttavia, la scelta della tipologia di presidio più idonea, così come la valutazione dei costi di progettazione e/o realizzazione, viene lasciata a totale discrezione del rilevatore il quale può valutare sulla base delle sue competenze ed esperienze le eventuali necessità del caso specifico. La trattazione di questa tematica appare dunque ancora incompleta: le ricerche svolte fino ad ora hanno fatto emergere il concetto di standardizzazione e di possibili implicazioni definitive delle opere provvisorie ma quest'aspetto viene spesso dimenticato nell'attuazione pratica; il percorso decisionale non è ben delineato e spesso si limita ad elencare le diverse possibilità, sottolineandone pregi e difetti senza guidare l'operatore nel percorso di scelta, per velocizzare e ottimizzare la procedura. Come vedremo meglio nei capitoli successivi, sono ancora molte le questioni irrisolte e i quesiti che richiedono ulteriori discussioni e approfondimenti prima di raggiungere un assetto compiuto e definitivo. In particolar modo, oltre ad ulteriori approfondimenti di carattere tecnico e gestionale, sembrano mancare indicazioni che derivano da considerazioni economiche. L'incidenza del costo di questi interventi viene spesso trascurata nella scelta dell'intervento in fase emergenziale: l'urgenza con cui è necessario intervenire porta a realizzare la soluzione più conosciuta, senza riflettere su eventuali alternative di maggiore economicità. Estendendo questa impostazione all'intero patrimonio danneggiato si raggiungono costi molto elevati che si sarebbero potuti ridurre attraverso un'attenta e accurata valutazione della situazione e delle possibilità di intervento. Appare dunque di particolare interesse ricercare un metodo che permetta di svolgere rapidamente tali considerazioni, compatibilmente con le tempistiche d'intervento in emergenza.

3 L'EMILIA-ROMAGNA DOPO IL SISMA DEL 2012

“Scosse dunque nella suddetta notte la città grandemente, et tuonava tanto spesso che pareva tante artiglierie... Et fu molto dannoso e pieno di detrimento. Smosse le mura delle case, cascarono merli e camini con tanta ruina che pareva che il ciel cadesse et la terra insieme mancasse...”⁴⁶

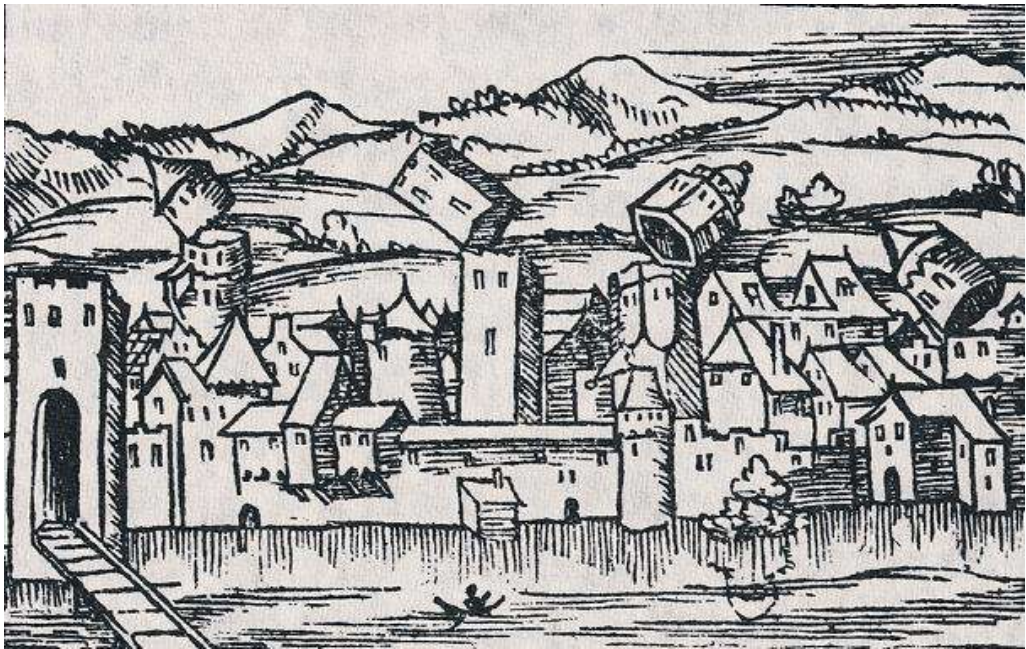


Figura 7: Rappresentazione storica di un terremoto

Così, Pirro Ligorio descrive il terremoto che nel 1570 colpì la città di Ferrara, con effetti distruttivi su gran parte delle sue costruzioni. Numerosi sismi hanno scosso il territorio emiliano nei secoli scorsi ma ciononostante il sisma del 20 e 29 maggio 2012 coglie nuovamente impreparati.⁴⁷ La fase emergenziale post-sismica presenta nuove difficoltà nell'organizzazione degli interventi, incertezze nella gestione delle risorse e,

⁴⁶ (Guidoboni, 2005) - Pirro Ligorio, Codici ligoriani. Archivio di Stato, Torino.

⁴⁷ (Di Francesco, 2014, p. 56-69)

in generale, inesperienza nell'affrontare la ricostruzione. Infatti, seppur le esperienze passate costituiscono un riferimento e un punto di partenza per impostare la gestione delle problematiche scatenate dall'evento sismico, il loro imprescindibile legame alle specificità del luogo e del tempo è tale da richiedere soluzioni studiate appositamente per quella circostanza.

3.1 IL SISMA EMILIANO

Domenica 20 maggio 2012, 04:03 ora locale, la prima forte scossa, con epicentro prossimo a Finale Emilia (MO), colpisce il territorio emiliano. Avvertita in tutto il Nord d'Italia e parte del Centro, ha provocato vittime, feriti e ingenti danni al patrimonio culturale. La rottura di faglia è avvenuta ad una profondità di 6.3 km e ha prodotto un'intensità di ben 5.9 della scala Richter. La magnitudo momento è risultata compresa tra 5.9 e 6.1 mentre i danni provocati sono classificabili al VII-VIII grado della Scala Mercalli-Cancani-Sieberg.

Numerose scosse di assestamento, di magnitudo compresa tra 4.0 e 5.1, precedono la seconda forte scossa avvenuta la mattina di martedì 29 maggio 2012, alle ore 09:00, con epicentro nella zona di Medolla e Cavezzo, vicino a Mirandola (MO), ad una profondità maggiore rispetto alla scossa precedente, 9.6 km, ma a soli 12 km di distanza. L'intensità raggiunta da questa seconda scossa è di poco inferiore a quella del 20 maggio: 5.8 di magnitudo Richter, mentre la magnitudo momento oscilla tra 5.7 e 6.0. Il bilancio dei danni, classificati intorno al VII-VIII grado della scala MSC⁴⁸, ha registrato un generale peggioramento della situazione: oltre ai crolli avvenuti in alcuni edifici di interesse storico-artistico già colpiti, si contano altre vittime e feriti. Nelle ore successive, altre due scosse di entità rilevante, 5.2-5.3, hanno ulteriormente aggravato il quadro. Successivamente una sessantina di piccole scosse di assestamento si sono ripetute durante la notte tra il 29 e il 30 maggio.

28 vittime, 310 feriti, 45.000 sfollati, 13,3 miliardi di euro di danni.⁴⁹ I danni maggiori, alle abitazioni, alle attività produttive e ai Beni Pubblici e Culturali sono stati riscontrati nelle aree dei due epicentri. In particolare, nel modenese, i comuni più colpiti sono stati

⁴⁸ (Mariani, 2016, p. 143) - Nel terremoto dell'Aquila, l'intensità macrosismica aveva raggiunto il IX-X grado della scala MSC, ad Onna.

⁴⁹ (Mariani, 2016, p. 197)

quelli di Cavezzo, Concordia sulla Secchia, Mirandola, Novi di Modena, Finale Emilia, San Felice sul Panaro, Medolla, Camposanto, San Prospero, San Possidonio; in provincia di Ferrara i comuni di Sant'Agostino, Bondeno, Cento, Poggio Renatico e Vigarano Mainarda; nel bolognese i comuni di Crevalcore, Pieve di Cento; in provincia di Reggio Emilia, il comune di Reggiolo. Inoltre, si sono verificati fenomeni di liquefazione nel ferrarese, nei centri abitati di San Carlo, frazione di Sant'Agostino, e di Mirabello. Il sisma ha colpito un'area estesa e densamente popolata, circa 60 comuni e 800.000 abitanti.

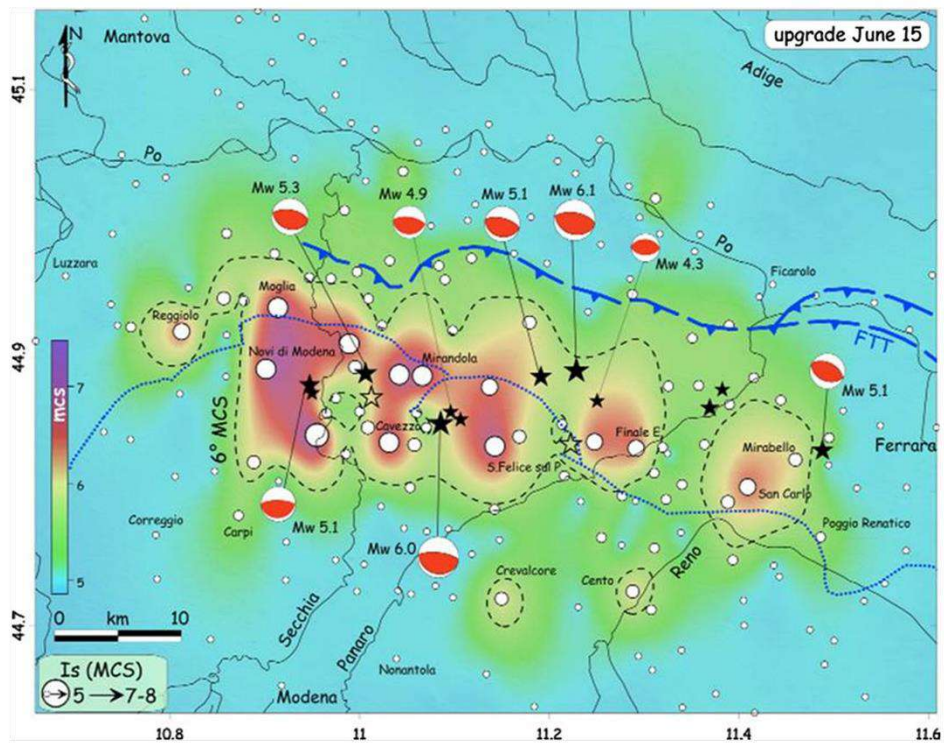


Figura 8: Distribuzioni dei punti di diversa intensità della sequenza sismica verificatasi tra il 20 Maggio e il 3 Giugno 2012. I cerchi bianchi sono proporzionali ai diversi gradi della scala MSC. L'immagine di sottofondo indica l'area colpita dal terremoto nei termini dal punto di vista dei danni subiti. Le linee tratteggiate sono isosismiche interpolate del VI grado della scala MSC: la linea blu tratteggiata indica la dorsale ferrarese.

Si tratta di una delle zone più produttive del Paese che, la cui grande industrializzazione, l'elevata produttività agricola e l'alto tasso di occupazione rappresentava circa il 2% del Pil Nazionale.⁵⁰

La regione ha avuto grande capacità di reazione collettiva nel tentativo di ripristinare le normali attività socio-economiche il più velocemente possibile. Fin dal primo momento viene posta al centro la continuità di gestione tra la fase emergenziale e la successiva fase di ricostruzione, entrambe basate su alcune chiare scelte: rinunciare alla costruzione di “*new town*” e puntare al recupero e riqualificazione del patrimonio edilizio esistente danneggiato con l'obiettivo di ripristinare l'identità dei luoghi e valorizzare gli spazi e i centri di aggregazione e relazione.⁵¹

3.2 LA GESTIONE DELL'EMERGENZA POST-SISMA

Dopo la prima scossa sono state immediatamente avviate le operazioni di soccorso e assistenza alla popolazione e di ricognizione sul territorio per valutare gli effetti del sisma. Il 20 maggio l'intero sistema di Protezione Civile diventa operativo, dall'Agenzia regionale di Protezione Civile dell'Emilia-Romagna al Dipartimento Nazionale di Protezione Civile⁵². A livello nazionale, viene convocato il Comitato Operativo del DPC per l'emergenza, il quale ha assicurato la direzione unitaria degli interventi; vengono istituiti i Centri di Coordinamento Soccorsi (CCS) a livello provinciale, i Centri Operativi Comunali (COC) a livello comunale e i Centri Operativi Misti per il coordinamento delle attività a livello provinciale e intercomunale (COM).

La mattina del 21 maggio iniziano le prime ricognizioni del territorio operate dall'Agenzia di Protezione Civile, dal Servizio Geologico Sismico e dei Suoli della Regione Emilia Romagna (SGSS) e dal Nucleo di Valutazione Regionale (NVR), anche con il supporto di mezzi aerei dei VVF: emergono le proporzioni catastrofiche dell'evento. Il 22 maggio 2012, il Presidente del Consiglio dei Ministri dichiara lo stato di emergenza per i territori colpiti dal sisma.

⁵⁰ (Mariani, 2016, p. 39)

⁵¹ (Mariani, 2016, p. 5)

⁵² Il DPC è stato impegnato in Emilia-Romagna per i primi due mesi successivi al sisma, dal 2 giugno al 2 agosto. Dopo di che la gestione è stata affidata agli Enti Regionali.

Il 2 giugno, dopo la seconda forte scossa, si costituisce la Direzione di Comando e Controllo, centro di coordinamento nazionale delle Componenti e Strutture Operative della Protezione Civile (Di.Coma.C.) con funzione di indirizzo, coordinamento e supporto operativo alle strutture territoriali⁵³.

Il rilievo del danno

L'interruzione dei servizi pubblici (sistema delle reti idropotabili, gas, elettricità, viabilità, ecc.) ha reso necessario provvedere ad interventi urgenti di prima assistenza⁵⁴.

In parallelo, sono state avviate indagini geologiche nei terreni dove si sono manifestati effetti di liquefazione e sono state attivate squadre specialistiche per la valutazione speditiva dell'agibilità (tramite scheda AeDES), gestite dalla Di.Coma.C. e validate dal SGSS⁵⁵. La valutazione dell'agibilità sismica è finalizzata alla valutazione delle condizioni di fruibilità degli edifici danneggiati con l'obiettivo primario di permettere il rientro della popolazione nelle proprie abitazioni e favorire la ripresa delle attività sociali ed economiche. In seconda istanza, tale attività fornisce indicazioni per le operazioni di pronto intervento per la messa in sicurezza degli edifici e la salvaguardia dell'incolumità pubblica e privata, oltre che per una stima preliminare del danno e dei costi di intervento.

Al 26 luglio 2012 erano state compilate 36.500 schede AeDES: per agevolarne la gestione, si è ricorso all'applicativo SET per l'informatizzazione di tutti i dati raccolti, per mezzo di un Servizio esterno di Data Entry. A partire dal 2 luglio, a cadenza periodica, i dati alfanumerici delle schede, validate e informatizzate in SET, venivano trasferiti dal database regionale a quello dei Comuni. Inoltre, i dati sono stati georeferenziati per produrre mappe tematiche con gli esiti dell'agibilità.

⁵³ (Mariani, 2016, p. 34) – La Di.Coma.C. è organizzata in 9 funzioni di rappresentanza e 12 funzioni di supporto: Segreteria di coordinamento, Tecnica di Valutazione, Autorizzazioni, Logistica, Assistenza alla popolazione, Sanità, Volontariato, Rilievo e agibilità, Comunicazione, Telecomunicazioni, Supporto informatico, Gestione del personale e automezzi. In particolare, tra le attività svolte dalla Di.Coma.C. vi è anche l'istruttoria delle richieste provenienti dagli Enti locali e dalle Amministrazioni regionali di autorizzazione alla spesa per la realizzazione di opere provvisorie urgenti.

⁵⁴ (Mariani, 2016, p. 41) – Gli enti gestori della viabilità hanno provveduto alla verifica della percorribilità delle strade e dei ponti provvedendo, ove necessario, ad individuare una viabilità alternativa.

⁵⁵ <https://ambiente.regione.emilia-romagna.it/it/geologia/sismica/speciale-terremoto>

La messa in sicurezza

I primi soccorsi hanno riguardato l'assistenza alla popolazione e il ripristino degli ospedali, dei centri socio-sanitari assistenziali, della viabilità, dei ponti, degli impianti di sollevamento delle bonifiche. Altre priorità, nella fase di prima emergenza, sono state le riparazioni e la messa in sicurezza delle abitazioni di proprietà pubblica e di alcuni edifici pubblici. Inoltre, tra le priorità di intervento si colloca anche il ripristino dell'agibilità per alcune chiese e alcuni cimiteri al fine di garantire continuità di culto.⁵⁶

Inizialmente, la gestione degli interventi urgenti è stata di competenza della Di.Coma.C. che operava tramite le strutture della Regione. A partire dal 2 agosto, terminato l'intervento della Protezione Civile Nazionale, le sue funzioni sono state trasferite al Commissario Delegato, il quale a sua volta ha incaricato l'Agenzia Regionale di Protezione Civile per le attività connesse alle opere provvisorie urgenti. Ai comuni spettava invece il compito di richiedere l'autorizzazione alla spesa tramite l'*Allegato 3*.⁵⁷

La particolare complessità urbanistica dei centri storici emiliani ha richiesto di intervenire su molte costruzioni esistenti gravemente danneggiate. In circa 30 mesi sono stati autorizzati 2.021 interventi urgenti per un importo totale di 208.598.600,87 euro. Nei comuni più danneggiati sono state delimitate ampie zone rosse, con divieto di accesso. Parallelamente è stato prioritario liberare le strade occupate dalle macerie.

3.2.1 L'emergenza per i Beni Culturali

Per quanto riguarda i Beni Culturali, la gestione dell'emergenza è di specifica competenza del Ministero per i Beni e le Attività Culturali (MiBACT) che, in seguito ai primi sopralluoghi svolti da gruppi composti da funzionari della *Soprintendenza* e della allora Direzione Regionale, accompagnati dal Comando Carabinieri per la Tutela del Patrimonio Culturale (CC TPC), ha istituito informalmente, lo stesso 21 maggio, l'Unità di Crisi Regionale (UCR), poi ufficializzata con il DDR n.43 del 7 giugno 2012, coordinata dalla *Soprintendenza* e dalla Direzione Regionale per i Beni Culturali e Paesaggistici dell'Emilia Romagna.

⁵⁶ Ordinanza Commissariale 83/2012 – *Riparazione con rafforzamento locale e ripristino con miglioramento sismico degli edifici religiosi (chiese). Approvazione programma interventi immediati per garantire la continuità dell'esercizio del culto.*

⁵⁷ Modulo allegato alla nota assessoriale confermata con ordinanza del Commissario n.27/2012.



Figura 9: operazioni di ricognizione e rilievo dei danni nella Chiesa di San Felice Vescovo a San Felice sul Panaro (MO).

Nei giorni successivi, sulla base delle numerose segnalazioni di danno, raccolte in un unico database per evitare spreco di tempo e di risorse, iniziano i primi sopralluoghi speditivi per delineare un quadro generale delle urgenze. Le squadre, composte da un architetto funzionario del MiBACT e un funzionario del Nucleo Coordinamento Opere Provvisorie (NCP) dei VVF, perlustravano le aree colpite, individuando le strutture da puntellare in somma urgenza e, nei giorni seguenti, i Vigili del Fuoco realizzavano le prime opere provvisorie. Nel frattempo, gruppi composti da esperti di storia dell'arte e funzionari della *Soprintendenza* organizzavano le operazioni di ricognizione e ritiro delle opere mobili.

Il 29 maggio, un'altra scossa di forte entità crea paura e agitazione nella popolazione. Segue un periodo di confusione, durante il quale le Amministrazioni, le autorità ecclesiastiche e i privati, spaventati dalle possibili conseguenze di un ulteriore aggravio del danno, non sanno a chi rivolgersi per mettere in sicurezza i loro edifici pericolanti. Spesso, i proprietari dei beni tutelati richiedono l'intervento della *Soprintendenza* nonostante l'ordinanza n.1 del 21 maggio 2012 del Capo della Protezione Civile affidasse ai sindaci il compito di provvedere alla pubblica incolumità. Sono allora necessari comunicati stampa per chiarire come procedere: i comuni possono rivolgersi ai Vigili del Fuoco per realizzare le opere provvisoriale, alla Protezione Civile per avere finanziamenti e all'UCR per ottenere le autorizzazioni. Chiarite le questioni procedurali, le attività di messa in sicurezza di chiese, di campanili e, in generale, di beni tutelati sono iniziate in modo abbastanza ordinato, riducendo al minimo le demolizioni.



Figura 10: Il campanile di San Martino in località Buonacompria a Cento (FE) e il Municipio del comune di Sant'Agostino (FE) sono stati gli unici casi di demolizione tra gli edifici danneggiati sottoposti a tutela.

Restava tuttavia grande incertezza su cosa fare di fronte ai campanili danneggiati che minacciavano le aree circostanti: in seguito alle numerose richieste di demolizione, derivate soprattutto da difficoltà di carattere tecnico ad individuare le soluzioni per la messa in sicurezza, l'UCR ha nominato una *Commissione per la messa in sicurezza degli edifici snelli*⁵⁸ per delineare delle linee guida che fornissero indicazioni su come mettere in sicurezza queste strutture. La commissione ha effettuato sopralluoghi, verifiche e studi redigendo 23 schede utili ad indirizzare la progettazione della messa in sicurezza.

Il rilievo del danno ai Beni Culturali

A partire dal 19 giugno, finita la fase dei sopralluoghi d'urgenza, inizia quella di schematica schedatura del danno per i Beni Culturali.

Per individuare in modo univoco ed esatto ciascun bene tutelato sul territorio viene utilizzato un database relazionale GIS, strumento che si rivelerà utile anche per le fasi successive permettendo di raccogliere tutti i dati relativi alla gestione del sisma (scheda danno, progetti, autorizzazioni, finanziamenti, interventi).

Una specifica unità tecnico-organizzativa, istituita nell'ambito dell'UCR, si occupa dell'organizzazione delle attività di rilievo del danno, prendendo i contatti con il Comune in cui si effettueranno i sopralluoghi, componendo le squadre e fornendo loro il materiale necessario (planimetrie catastali, rilievi, fotografie ante-sisma, documentazione storica e altre informazioni utili per la comprensione dell'edificio).

Le squadre sono composte da un funzionario architetto del MiBACT, un ingegnere strutturista⁵⁹ e un Vigile del Fuoco, la cui presenza (obbligatoria per i primi due mesi successivi al sisma) è atta a garantire la sicurezza dei tecnici durante i sopralluoghi e a svolgere eventuali operazioni necessarie in loco quali, ad esempio, movimentazione di opere o di macerie. In alcuni casi, è richiesta anche la presenza di un esperto con competenze specifiche nell'ambito dei Beni Culturali (storico dell'arte), per dare indicazioni relativamente alla messa in sicurezza dei beni mobili, e un archeologo, per coordinare le operazioni di rimozione e archiviazione delle macerie.

⁵⁸ La Commissione era composta dal Prof. Angelo Di Tommaso dell'Università di Bologna, Prof. Carlo Blasi dell'Università di Parma e dal Prof. Claudio Modena dell'Università di Padova.

⁵⁹ Solitamente l'ingegnere strutturista viene ricercato nel personale interno o universitario ma, vista la scarsa disponibilità, si sono ricercate altre figure professionali volontarie o con incarichi esterni.

Il compito di valutare economicamente i danni prodotti dal sisma non è stato lasciato ai singoli rilevatori in quanto lo svolgimento di quest'attività in loco avrebbe impegnato troppo tempo e prodotto stime disomogenee. Per questo motivo è stato istituito un Gruppo di Validazione che raccogliendo i dati inviati dai rilevatori si assumeva il compito di redigere, operando da una postazione fissa, stime economiche attendibili e confrontabili, basate su parametri oggettivi di riferimento. Queste indicazioni di spesa sono di fondamentale importanza in quanto costituiscono il valore di riferimento per l'assegnazione dei fondi pubblici agli edifici danneggiati. Si tratta della prima volta che viene sperimentata una gestione di questo tipo, ma i risultati ottenuti sembrano validarne l'efficacia.

Tutti i dati rilevati sono successivamente stati digitalizzati e caricati sulla piattaforma interna del Ministero al fine di facilitare la gestione omogenea delle fasi successive.

La messa in sicurezza dei Beni Culturali

Parallelamente alle attività di ricognizione, i tecnici dell'UCR si sono occupati anche della messa in sicurezza dei beni danneggiati, inizialmente definendo gli interventi poi realizzati dai VVF, successivamente esaminando i progetti che proprietà pubbliche o private proponevano.

A dieci giorni dal sisma, il 9 giugno, viene presentata la prima richiesta di autorizzazione per un progetto di messa in sicurezza (relativo al campanile della Chiesa parrocchiale di San Nicola a Camposanto, Modena). Da questo momento, agli interventi d'urgenza eseguiti dai Vigili del Fuoco si affiancano le messe in sicurezza progettate da professionisti.

A partire da luglio, i progetti presentati, dalle piccole riparazioni o comunicazioni di interventi già iniziati⁶⁰ alle più complesse opere di riparazione e miglioramento sismico, vengono esaminati da un'apposita Commissione istituita presso la Direzione Regionale,⁶¹ composta da un funzionario MiBACT per i beni architettonici, dal Direttore Regionale e da esperti a chiamata. Sottoporre tutti i progetti al giudizio di compatibilità (che sottende l'autorizzazione⁶²) di un'unica commissione ha permesso una migliore gestione, evitando difformità di valutazione.

⁶⁰ Art.27 del Codice dei Beni Culturali

⁶¹ L'organizzazione è stata poi formalizzata con il DDR n.303 del 24 settembre 2012.

⁶² Ai sensi dell'articolo 21 del Codice dei Beni Culturali



Figura 11: Il puntellamento della facciata di San Francesco a Mirandola (MO) è stata una delle prime messe in sicurezza realizzate dai Vigili del Fuoco.

Appare opportuno sottolineare il fatto che i progetti fondati su principi generali di puntellatura e cerchiatura, secondo le linee guida messe a disposizione dalla Protezione civile e dalla commissione tecnica per i campanili, hanno subito ottenuto le autorizzazioni. Percorsi più lunghi e incerti hanno invece avuto i progetti di riparazione locale e miglioramento sismico che, spesso, mancavano di un'adeguata conoscenza dell'edificio (qualità storico-artistiche, analisi del danno provocato dal sisma, ecc.) e, di conseguenza, proponevano interventi ingiustificati, inutili, talvolta dannosi, spesso non rispondenti alle linee guida ministeriali. Di fronte a questi casi, vengono richieste integrazioni e giustificazioni delle scelte, invitando i progettisti al colloquio presso lo sportello di supporto appositamente istituito. Questa modalità operativa, seppur ritenuta da alcuni ostacolo di fronte all'urgenza di realizzare l'intervento, ha permesso di limitare

i danni che consolidamenti troppo invasivi avrebbero avuto sulla conservazione del bene, mostrando risultati positivi già nei primi mesi.

Alla fine di giugno numerosi interventi d'urgenza erano già stati avviati ma la fase di messa in sicurezza dei manufatti storici proseguirà per i primi due anni successivi al sisma. Nel 2013, visti i lunghi tempi prospettati, sono stati realizzati una serie di interventi di protezione, per mezzo di coperture provvisorie, atti a conservare le parti di edifici ancora in loco evitando il progredire del danno in attesa dell'intervento definitivo.⁶³



Per quanto riguarda la messa in sicurezza dei beni mobili, è stata istituita, nell'UCR, una sezione dedicata al recupero delle opere d'arte. La fase di recupero sul campo, assistita dai VVF e dal CC TPC, è stata curata del MiBACT. Con finanziamenti ministeriali, le opere sono state imballate e trasportate in un luogo di ricovero sicuro, la dimora estense di Sassuolo (proprietà Statale in consegna al Ministero dei Beni Culturali), consegnandole alle cure dell'istituto Superiore per la Conservazione ed il Restauro e l'Opificio delle Pietre Dure fino al loro futuro ricollocamento negli edifici d'origine.

Figura 12: Recupero operato dai VVF di Opere d'arte mobili all'interno della Chiesa di San Felice Vescovo a San Felice sul Panaro(MO).

⁶³ (Mariani, 2016, p. 197-219)

Talvolta però le opere d'arte sono coinvolte nei crolli insieme ad alti elementi di pregio (dipinti murali, stucchi, etc.): l'Unità dell'UCR si è occupata, fin dalla prima settimana di giugno, della selezione delle macerie con la duplice finalità di liberare gli spazi pubblici e di riconoscere e recuperare con l'opportuna cautela i frammenti di valore. Le stesse operazioni proseguono poi all'interno degli edifici danneggiati non appena sono ripristinate idonee condizioni di sicurezza.



Figura 13: Macerie sull'altare della Chiesa di San Giovanni Battista a Cavezzo (MO).

Il sisma ha creato improvvisi impegni finanziari, decisi sulla base di una lista di priorità in continua evoluzione: dai costi per i mezzi di imballo e trasporto delle opere d'arte ai materiali per le prime opere di puntellatura cui si aggiungono tutti gli incarichi per aiuti e collaborazioni. Per coprire le prime spese, ad ottobre vengono autorizzate le rimodulazioni del programma Opere Pubbliche 2012 proposte dalla Direzione

Regionale, assicurando fondi straordinari dal Ministero per € 2.800.000,00 euro. Nel frattempo la legge 122/2012 disponeva un fondo di € 5.000.000,00 per i Beni Culturali colpiti dal sisma (di cui € 4.000.000,00 a Emilia Romagna e € 1.000.000,00 a Lombardia e Veneto). La stessa legge ha dato € 1.200.000,00 per il triennio 2012-2014 per lavoro straordinario, missioni del personale e acquisti di beni strumentali.⁶⁴

Grazie al Fondo di Solidarietà dell'Unione Europea (FSUE) e ai finanziamenti Statali, sono state realizzate 348 opere di messa in sicurezza per circa 38 milioni di euro.⁶⁵

Inoltre, per garantire continuità di culto, sono stati stanziati dei finanziamenti per interventi urgenti per la riparazione dei danni sismici di lieve entità finalizzati alla riapertura immediata degli edifici di culto.⁶⁶

3.3 LA GESTIONE DELLA RICOSTRUZIONE

L'8 giugno 2012, con l'Ordinanza n.1, il Presidente della Giunta Emilia-Romagna assume le funzioni di Commissario Delegato e viene istituito il Comitato istituzionale di indirizzo "per la ricostruzione, l'assistenza alle popolazioni colpite dal sisma, la piena ripresa delle attività economiche e il ripristino dei servizi pubblici essenziali".⁶⁷

La ricostruzione è stata gestita secondo un ordine di priorità, ripristinando prima gli istituti scolastici, poi le attività produttive, le abitazioni e infine le Opere Pubbliche.

- 1. La ricostruzione delle scuole:** è stato ritenuto di primaria urgenza adottare tutti provvedimenti necessari al fine di garantire il servizio di istruzione a partire dall'inizio dell'anno scolastico. Il programma scuole ha previsto interventi di ripristino nelle scuole con danni lievi e la costruzione di scuole temporanee per quelle maggiormente danneggiate.
- 2. La ricostruzione delle imprese:** Al secondo posto nella scala delle priorità si trova il ripristino delle attività produttive, particolarmente numerose nelle aree colpite dal sisma. Al fine di ridurre i danni economici conseguenti a un prolungato fermo della produzione, sono stati stanziati dei fondi per riparare i

⁶⁴ (Di Francesco, 2014, p. 48)

⁶⁵ (Mariani, 2016, p. 197-219)

⁶⁶ Ordinanza Commissariale 83/2012 – *Riparazione con rafforzamento locale e ripristino con miglioramento sismico degli edifici religiosi (chiese). Approvazione programma interventi immediati per garantire la continuità dell'esercizio del culto.*

⁶⁷ Ordinanza n.1 del 08/06/2012 - Misure per il coordinamento istituzionale degli interventi per la ricostruzione, l'assistenza alle popolazioni e la ripresa economica nei territori colpiti dal sisma dei giorni 20 e 29 maggio 2012. Costituzione del Comitato istituzionale e di indirizzo.

danni lievi, ove possibile, oppure creare strutture temporanee in cui spostare l'attività.

3. **La ricostruzione delle abitazioni:** Riavviato anche il settore produttivo, l'attenzione si è spostata sulle abitazioni private per le quali sono stati stabiliti i criteri di assegnazione dei fondi per riparare i danni sismici subiti.
4. **La ricostruzione delle Opere Pubbliche:** Da ultimo, viste le maggiori tempistiche richieste da questa tipologia, si è provveduto al ripristino delle Opere Pubbliche: partendo dalla ricognizione di tutte le strutture danneggiate, sono state definite le priorità di intervento attraverso i programmi annuali.

L'iter di approvazione di ciascun progetto e di riconoscimento del contributo è stato riassunto in un unico processo. A seconda della tipologia di edificio, le attività sono state coordinate dall'Ente ad essa più prossimo e maggiormente competente nella sua gestione: così, la ricostruzione privata delle abitazioni è stata presa in carico dai Comuni, la ricostruzione delle imprese dalla Regione Emilia-Romagna e le Opere Pubbliche e Beni Culturali dall'ARRIC, già STDC. Ciò è stato di fondamentale importanza per agevolare le operazioni di ripristino e recupero dei BBCC.

Un'ulteriore facilitazione nella gestione del processo è stato l'ausilio di piattaforme informatiche per la gestione dei contributi assegnati agli interventi di ricostruzione: MUDE (Modello unico digitale per l'edilizia) per le abitazioni, SFINGE per le imprese e FENICE per le Opere Pubbliche e i Beni Culturali⁶⁸.

3.3.1 La ricostruzione delle Opere Pubbliche e dei Beni Culturali

Dopo ogni terremoto di una certa gravità, il percorso di ricostruzione è sempre lungo, difficile e complesso. Ciò vale ancor più quando si parla di ricostruzione dei Beni Culturali che, per ovvie ragioni, si vedono anteporre altre priorità: le scuole, le case, le attività produttive. Così è stato anche nella strategia di ricostruzione emiliana in cui i Beni Culturali danneggiati, protetti da opportuni interventi provvisori, hanno pazientemente atteso il loro turno di finanziamento. In fondo, anche il restauro del

⁶⁸ F.EN.I.C.E (Finanziamento agli Enti Pubblici per gli interventi di ricostruzione edilizia) è il sistema per la gestione degli interventi di ricostruzione del Programma delle Opere Pubbliche e dei Beni Culturali predisposto dalla STCD e dalla Direzione regionale Emilia-Romagna del MiBACT. È un'applicazione web che permette al RUP di richiedere al Commissario Delegato i contributi assegnati per ogni intervento inserito nei Piani Annuali.

patrimonio culturale è esigenza della comunità che, nel corso dei secoli, li ha prodotti, utilizzati, modificati, e considerati parte irrinunciabile della vita sociale e religiosa.

Il restauro e ripristino dei danni sismici ai Beni Culturali di proprietà pubblica ed ecclesiastica è stata affidata alla regia del Commissario Delegato che, sulla base delle valutazioni tecniche effettuate dall'UCR del MiBACT, ha stabilito il Programma di Ricostruzione delle Opere Pubbliche e dei Beni Culturali. Tutte le attività che riguardano la ricostruzione delle Opere Pubbliche e dei Beni Culturali vengono convogliate sotto il coordinamento dell'ARRIC, istituita il 14 dicembre 2015⁶⁹. L'Agenzia si trova dunque impegnata su più versanti:

- **Governance e assistenza istituzionale**, offrendo supporto a tutti gli enti coinvolti nella ricostruzione, coordinandoli tra loro in modo da raggiungere decisioni condivise con l'intero sistema territoriale⁷⁰.
- **Ricostruzione e assistenza tecnica** al fine di offrire un servizio di supporto tecnico e amministrativo per i progetti di ricostruzione. Nello specifico, per quanto riguarda la ricostruzione, sono stati creati tavoli di lavoro congiunto in cui vengono condivise le diverse criticità e problematiche incontrate da tutti i soggetti coinvolti. È stata creata la *Commissione Congiunta*⁷¹ dove si incontrano tutti i soggetti coinvolti nell'attività di approvazione e successiva autorizzazione dei progetti. Altri momenti di confronto avvengono con l'istituzione degli incontri tecnici (tra i soggetti della Commissione, i progettisti e i soggetti attuatori) a valle dei pareri emessi dalla Commissione, e gli sportelli RUP, consistenti in attività di affiancamento e tutoraggio da parte dell'Agenzia.
- **Incentivazione allo sviluppo** sul lungo periodo, considerando la ricostruzione non come un semplice insieme di interventi puntuali sul patrimonio esistente ma come un'occasione per rilanciare il sistema economico e i centri storici.

⁶⁹ Deliberazione della Giunta Regionale Emilia-Romagna n.2084/2015.

⁷⁰ Il Comitato Istituzionale (costituito con ordinanza n.1 del Commissario Delegato) è la sede dove vengono definite le attività e dove viene deciso cosa attuare in comune accordo con i Comuni e le Province.

⁷¹ Ordinanza Commissariale n.53/2013 – La *Commissione Congiunta* è costituita da un membro della Struttura tecnica del Commissario delegato, con funzioni di segretario; un membro della Regione Emilia-Romagna (Servizio geologico-sismico e dei suoli); un membro della Direzione Regionale per i Beni Culturali e Paesaggistici dell'Emilia-Romagna.

- **Monitoraggio dell'esperienza 2012** con l'obiettivo di capitalizzare le esperienze sviluppate in seguito al sisma 2012 attraverso l'aiuto di Università e Centri di Ricerca in grado di studiare quanto avvenuto nei diversi settori per esplicitarne una sintesi utile a chi possa averne bisogno in futuro.

L'approvazione dei progetti

I fondi stanziati dal Governo possono essere destinati esclusivamente ad interventi di ripristino dei danni causati dal sisma del 2012 e ad opere di miglioramento del fabbricato nei confronti di future eventuali scosse sismiche. Pertanto, i soggetti attuatori, al fine di conseguire l'effettiva assegnazione dei fondi, devono predisporre i progetti e trasmetterli alla Struttura Tecnica del Commissario, nella forma dell'ARRIC, che li approva dopo un'attenta istruttoria, comprensiva del parere del Ministero dei Beni Culturali (per i beni tutelati) e dell'autorizzazione sismica del Servizio Regionale preposto.

La predisposizione e l'approvazione dei progetti degli interventi può apparire lunga e laboriosa. Tuttavia, è doveroso sottolineare che la maggior parte degli immobili danneggiati costituisce un patrimonio architettonico e culturale di grande valore e quindi richiede particolare attenzione. Le soluzioni tecniche che vengono proposte, approvate e poi realizzate devono necessariamente tenere in considerazione aspetti che spesso confliggono tra loro. La maggiore difficoltà rilevata è infatti quella di pervenire, nella fase di formazione del progetto, alla migliore soluzione tecnica che possa conseguire il duplice obiettivo della maggior sicurezza e della tutela: spesso, la necessità di rispettare la conformazione originaria dell'edificio sottoposto a tutela si pone in contrasto con l'introduzione di nuovi elementi strutturali, in alcuni casi particolarmente invasivi, necessari a conseguire un miglioramento del comportamento dell'edificio nei confronti di sollecitazioni sismiche.

Per agevolare la ricerca di questo delicato equilibrio, l'esperienza emiliana apre una nuova strada nel processo di valutazione: riunifica il rilascio di tutte le autorizzazioni in un'unica sede, quella della *Commissione Congiunta*⁷², in cui si riuniscono tecnici e funzionari dell'ARRIC, della *Soprintendenza* e del Servizio Geologico e Sismico per i Suoli per esaminare insieme, previa istruttoria dei responsabili delle singole strutture, il progetto in tutti i suoi aspetti, da quelli di tutela a quelli più propriamente strutturali, fino alla congruità economica del progetto correlato al finanziamento assegnato a quel bene

⁷² La *Commissione Congiunta* è stata istituita con Ordinanza Commissariale n.53/2013.

specifico oggetto di intervento ed esame. In questo modo, il progetto non deve essere presentato a Enti diversi, che spesso rilasciano pareri discordanti. Il dialogo tra funzionari del MiBACT, del SGSS e della stessa ARRIC permette infatti di arrivare alla definizione di un parere comune secondo il quale procedere ad un successivo riesame del progetto in seguito alla richiesta di integrazioni o approvare l'intervento con il rilascio dell'autorizzazione e della congruità economica.

L'appalto dei lavori

Ottenuta l'autorizzazione, il soggetto attuatore⁷³ in piena autonomia, nel rispetto delle norme nazionali in materia di Contratti Pubblici e del regolamento del Commissario, può procedere all'espletamento delle procedure di gara per selezionare l'esecutore dei lavori.

Uno degli aspetti più qualificanti del Regolamento del Commissario è senza dubbio quello di aver inserito l'obbligo per i soggetti attuatori di effettuare le procedure di gara per tutti gli interventi di importo superiore ai 300 mila euro con il metodo dell'offerta economicamente più vantaggiosa. Tale disposizione normativa, era facoltativa nel precedente Codice dei Contratti ed è attualmente obbligatoria nel nuovo Codice solo per gli interventi di importo superiore ad 1 milione di euro. L'obiettivo che il Commissario, in accordo con tutti i soggetti attuatori, si è posto introducendo tale obbligo è quello di conseguire il maggior livello qualitativo nell'esecuzione delle opere di ricostruzione.

⁷³ Per l'espletamento delle pratiche, le Amministrazioni si avvalgono degli uffici tecnici già presenti al loro interno. Anche le Diocesi, in qualità di soggetti attuatori degli interventi sul patrimonio ecclesiastico danneggiato, hanno provveduto a dotarsi di una propria struttura tecnica in analogia a quella degli enti locali.

4 CHIESE E CAMPANILI IN EMILIA-ROMAGNA

“Rovinarono altre cime di campanili di altre chiese, molti ne furono crepati et rotti in mala parte, et tutte le fabbriche sono fatte caduche, et quelli che sono stati spianati minacciavano rovina, et molte parti di alcune chiese, non potendosi per le altezze pontellare, colli tremiti che poi successero rovinarono [...]”⁷⁴

Nel 1570 come nel 2012, chiese e campanili sono stati tra gli edifici maggiormente colpiti dal sisma. Nell’ultimo sisma le chiese hanno riportato i danni più significativi sia in termini di percentuale di edifici danneggiati rispetto al totale interessato dall’evento, sia in termini di gravità del danno subito.⁷⁵ Esattamente come cinque secoli fa, gli elementi più vulnerabili e più danneggiati sono rimasti i timpani delle facciate, le coperture e le strutture voltate. Nelle facciate, la rotazione del timpano, raramente ammorsato alle pareti longitudinali, ha provocato il distacco dell’elemento dal resto della struttura, talvolta sfociato nel suo collasso a terra. Di conseguenza, le capriate e le travi in legno hanno perso il loro appoggio di testa e, in combinazione con lo sfilamento degli altri alloggiamenti, sono precipitate sulle volte di mattoni in foglio o canniccio provocando pesanti crolli con la conseguente perdita di stucchi e pitture murali. Guardando l’area dell’epicentro dall’alto sembra sia stata bombardata: coperture crollate, murature disgregate e cumuli di elementi costruttivi e decorativi che occupano il sedime delle chiese e delle aree circostanti, diventando ostacolo per gli interventi di messa in sicurezza. Più lontano dall’epicentro le chiese riportano vistose lesioni e deformazioni rispetto al piano, denotando grandi situazioni di pericolo.⁷⁶

Anche per i campanili si è rilevata una distribuzione del danno percentualmente significativa, maggiore nei territori vicini all’epicentro. Contrariamente alle chiese, però, i pochi campanili crollati sono andati in crisi per taglio o fenomeni rotazionali del fusto. Più significativi sono stati i collassi, parziali o totali, delle celle campanarie dovuti alla rotazione dei piedritti.⁷⁷

⁷⁴ (Guidoboni, 2005)

⁷⁵ (Mariani, 2016, p. 83)

⁷⁶ (Di Francesco, 2014, p. 16-21)

⁷⁷ (Mariani, 2016, p. 83)



Figura 14: Chiesa di San Felice Vescovo a San Felice sul Panaro (MO).



Figura 15: Cella campanaria della Chiesa di Santa Maria Assunta a Reggiolo (RE).

La gravità dei danni prodotti dal sisma nel cratere emiliano è conseguenza di molteplici fattori: materiali, modalità costruttive della tradizione, la storia stessa degli edifici fatta di continue modifiche hanno aumentato la vulnerabilità di strutture già particolarmente deboli nei confronti del sisma per la loro stessa forma architettonica.⁷⁸

I danni e le perdite al patrimonio religioso hanno toccato ogni momento storico, ciascuno con peculiarità artistiche proprie. Il territorio colpito nel 2012 si contraddistingue per la presenza delle grandi chiese della controriforma, dall'aspetto imponente, con campanili smisurati che dovevano ricordare a tutti la potenza della Chiesa. La Collegiata a Pieve di Cento e la Chiesa del Rosario di Cento erano i capisaldi di quell'architettura che, fra il Sei e il Settecento, rinnova gran parte del patrimonio



ecclesiastico della bassa. Un'architettura che, per epoca, dovrebbe essere barocca ma che invece si mostra alquanto severa e priva di eccessi, arditezze, capricci, lasciando un'impronta significativa nel territorio emiliano fino all'800.⁷⁹

Le chiese, sparse sul territorio o poste all'interno dei centri abitati, si presentano in muratura faccia a vista o intonacate e sono di norma affiancate da possenti campanili isolati o torri campanarie dalle dimensioni più contenute, incastrate tra l'aula e il transetto. Si articolano con una pianta semplice, ad aula con una o tre navate, chiuse da volte o soffitti piani decorati con sobrietà.

Figura 16: Chiesa di San Pietro a Reggio Emilia (RE).

⁷⁸ (Mariani, 2016, p. 177)

⁷⁹ (Mariani, 2016, p. 176)

Anche le facciate sono improntate alla semplicità, scandite verticalmente da modesti rilievi o da ampie paraste, sormontate da trabeazioni piatte e sobri timpani triangolari (raramente semicirculari). I fronti, rimarcati da cornici importanti e marcapiani, sono talvolta arricchiti da nicchie nude o con statue, da rilievi e riquadri appena accennati. Il tutto disegnato da una caratteristica bicromia spesso sui toni dell'ocra e rosso.⁸⁰

Si tratta di manufatti poco conosciuti fuori dalla regione, ben lontani dagli esempi più illustri del Rinascimento fiorentino o del Barocco Romano, ma la loro bellezza dimenticata rappresenta la continuità storico artistica oltre che religiosa ed umana del popolo che vive nelle terre emiliane. Fin dai tempi più antichi, infatti, la chiesa è punto di riferimento per le comunità: dai primitivi insediamenti rurali nati sui dossi emergenti dalle acque, fino alle tante piccole frazioni sparse nella campagna che, fino all'ultimo dopoguerra, vivevano della coltivazione dei campi strappati alle acque dalle bonifiche. Nell'orizzonte piatto di questi luoghi, il campanile svetta, indicando il luogo della fede e della socialità. Gli esiti del terremoto hanno messo in crisi il valore identitario di un vasto territorio la cui attuale conformazione è frutto del susseguirsi di epoche e di un popolamento antico e diffuso.⁸¹



Figura 17: Paesaggio della pianura emiliana.

⁸⁰ (Mariani, 2016, p. 176-177); (Grifoni, 2014, p. 50-55)

⁸¹ (Grifoni, 2014, p. 50-55)

4.1 CARATTERI COSTRUTTIVI

Le costruzioni storiche della pianura emiliana presentano caratteri costruttivi uniformi: si tratta di strutture in muratura in mattoni pieni e malta di calce. Nelle terre acquitrinose della pianura⁸², gli elementi rocciosi restano sepolti in profondità e i ciottoli di fiume si depositano allo sbocco delle valli appenniniche: solo materiali di piccola granulometria (ghiaie, sabbie, argille o limi) riescono ad arrivare in queste zone, trasportati dalla corrente. Di conseguenza, il territorio offriva ai costruttori del passato abbondanti quantità di argilla. Così, incentivati anche dalla difficoltà di trasporto e dal costo elevato delle pietre arroccate in collina, si iniziò a fabbricare mattoni con buone caratteristiche meccaniche. Il tranello delle murature emiliane è dunque da ricercare altrove, ovvero nell'uso superficiale che si fa di questo abbondante materiale. Spesso, i mattoni impiegati per riempimenti interni vengono lasciati crudi o poco cotti (riconoscibili per il loro colore chiaro, giallastro o grigiastro) diminuendo la resistenza meccanica dell'elemento. L'argilla viene poi mescolata alla calce, se non addirittura usata al suo posto come legante, conferendo alla malta (dal tipico colore giallo/ocra) caratteristiche meccaniche estremamente scarse. Si ottengono così murature che, pur presentando maggiore resistenza nei confronti del sisma rispetto ai paramenti in ciottoli tipici dell'Italia centrale, hanno in realtà un comportamento più scadente di quanto non si potrebbe ipotizzare ad una prima osservazione.

Alla già scarsa qualità muraria, infatti, si aggiungono anche modalità costruttive improprie, spesso incuranti delle regole dell'arte del costruire. Il mancato rispetto delle proporzioni dà origine a setti murari estremamente snelli con grandi luci libere; la mancanza di ammorsamento tra i setti ortogonali non consente il comportamento scatolare della fabbrica; la presenza di muri raddoppiati, costituiti da due, tre, a volte anche quattro strati di mattoni murati a correre, e l'uso di murature a sacco riempite con materiali incoerenti, con pochissimi diatoni trasversali di collegamento, favorisce la disgregazione del paramento. Tutte queste caratteristiche limitano molto l'intrinseca capacità di resistenza propria delle strutture murarie.⁸³

⁸² (Grifoni, 2014, p. 51-52) - Terre storicamente condizionate dal mutevole rapporto con il sistema deltizio del Po, strappate alle acque dai programmi di bonifica degli estensi a partire dalla metà del Quattrocento, poi proseguite fino a tutto l'Ottocento.

⁸³ (Giuffrè, 1991)



Figura 18: murature della Collegiata di Santa Maria Maggiore a Mirandola (MO).

Se poi si sposta lo sguardo agli altri elementi costruttivi delle chiese, si trovano coperture in legno di scarsissima qualità, con deboli collegamenti nei nodi e prive di ancoraggio alle murature sottostanti; solai lignei con fragili pianelle in cotto, talvolta controsoffittati con arelle e gesso; volte in canna palustre o in mattoni messi in opera di piatto. Scarse, anche in presenza di volte reali, le catene e in generale i presidi utili a legare elementi verticali e orizzontali.

Sommatoria di diversi momenti costruttivi, le chiese vedono il progressivo indebolimento delle loro strutture anche a causa delle innumerevoli trasformazioni avvenute nel corso del tempo per necessità funzionali o devozionali, per mutamento del gusto o per calamità che hanno reso necessari interventi di ricostruzione. Per fare un

esempio, la semplice annessione di cappelle barocche a chiese medievali o rinascimentali comporta il taglio delle murature originarie e il conseguente indebolimento delle strutture. Si tratta inoltre di operazioni che modificano l'assetto strutturale, diminuendo la resistenza dell'insieme e delle singole parti dell'edificio. A questo spesso si aggiunge la mancanza di ammorsamento tra le murature esistenti e le nuove parti giustapposte: sotto l'azione sismica ciò provoca un'amplificazione degli effetti, martellamenti e fenomeni torsionali. Le irregolarità costruttive, per materiali e/o tecnologie, interrompono la continuità strutturale: nuove aperture o tamponamenti creano linee preferenziali di rottura.



Figura 19: Chiesa di San Felice Vescovo a San Felice sul Panaro (MO). La chiesa è il risultato di progressive aggregazioni, ampliamenti e trasformazioni. In particolare le cappelle, accostate successivamente alla costruzione, hanno manifestato un comportamento diverso dal resto del fabbricato.

4.2 CARATTERI TIPOLOGICI

4.2.1 *Chiese*

La tipologia strutturale della chiesa si contraddistingue dall'edilizia ordinaria per la presenza di pannelli murari di grande estensione, sia in larghezza che in altezza, e, allo stesso tempo, per la carenza di collegamenti trasversali. I pochi elementi di collegamento presenti (parete di facciata, parete di fondo e arco trionfale) si trovano ad una distanza reciproca tale da rendere quasi ininfluenza la loro azione di trattenimento. Oltre a ciò, l'assenza di solai intermedi e di solai di copertura rigidi nel loro piano e ben collegati alle murature verticali determina la tendenza ad un comportamento "per parti" o meglio per "macro-elementi". Le diverse parti architettoniche (o macroelementi) si comportano in modo dinamicamente indipendente. Per questo tutti i meccanismi possono essere ricondotti alla perdita di equilibrio di porzioni strutturali, sottoposte a slittamento o rotazione, più che al raggiungimento di valori limite di resistenza dei materiali, escludendo quindi il comportamento globale della struttura. Le coperture, spesso spingenti e di grande dimensioni e peso, scarsamente collegate alle murature sottostanti, producono spinte localizzate che tendono ad allontanare i setti, con sfilamento delle travi di appoggio e conseguente crollo: perso il legame con la copertura, la parete snella risulta libera di oscillare fuori dal proprio piano.⁸⁴

I costruttori di questi edifici erano almeno in parte consapevoli delle vulnerabilità insite alla modalità costruttiva e all'articolazione spaziale delle grandi aule e per questo molte chiese in zona sismica presentano elementi di presidio già inglobati al momento della costruzione o aggiunti comunque nel corso della loro vita: tiranti che solidarizzano le pareti e contrafforti che si oppongono alla rotazione fuori dal piano, fornendo masse stabilizzanti. Tuttavia se mal eseguiti, questi presidi possono rivelarsi dannosi. I capochiave incassati nella muratura, ad esempio, possono provocare il distacco degli strati esterni del rivestimento o, ancora, contrafforti mal ammortati possono provocare fenomeni di martellamento sulle pareti trasversali. Allo stesso modo, anche le opere di consolidamento realizzate in un passato più recente hanno spesso procurato problemi: l'introduzione di cordoli eccessivamente massivi in sommità delle murature crea concentrazioni di tensioni che provocano il distacco in corrispondenza della discontinuità tra i diversi materiali.

⁸⁴ (Blasi, 2013, p. 69-71)

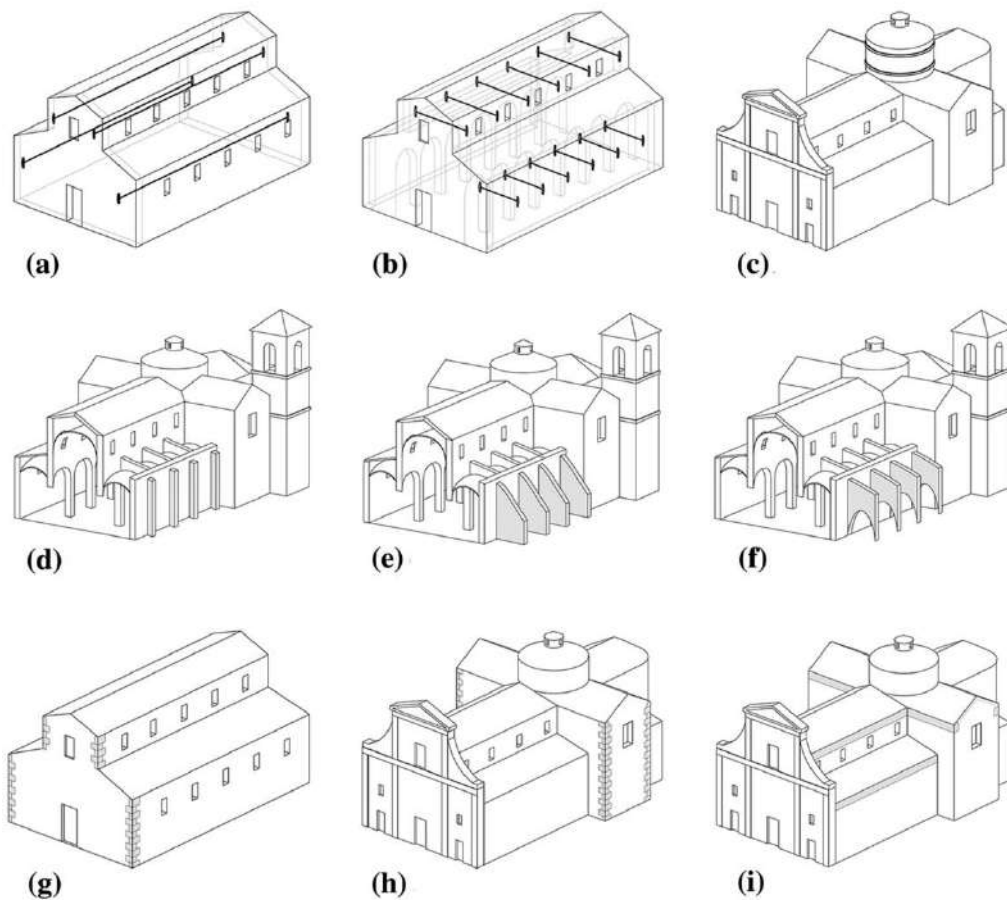


Figura 20: (De Matteis, Brando, & Corlito, 2019)- Rappresentazione schematica dei presidi anti-sismici. Nel passato, per arginare il ribaltamento delle murature si ricorreva a tiranti longitudinali (a) e/o trasversali (b), cerchiature della cupola (c), irrobustimento dei pilastri (d), contrafforti (e), archi rampanti (f), ammassamento tra i setti della facciata (g) e del transetto (h) e il collegamento delle coperture alle murature sottostanti (i).



Figura 21: Il capochiave incassato nella muratura del campanile di Sant'Anna a Reno Centese (FE) è stato punto di innesco delle lesioni che hanno interessato la torre in occasione del sisma 2012.

La risposta sismica delle chiese è influenzata anche dalla loro collocazione nel contesto urbano: le chiese isolate, infatti, evidenziano minore vulnerabilità strutturale rispetto alle fabbriche inserite all'interno di aggregati edilizi.⁸⁵

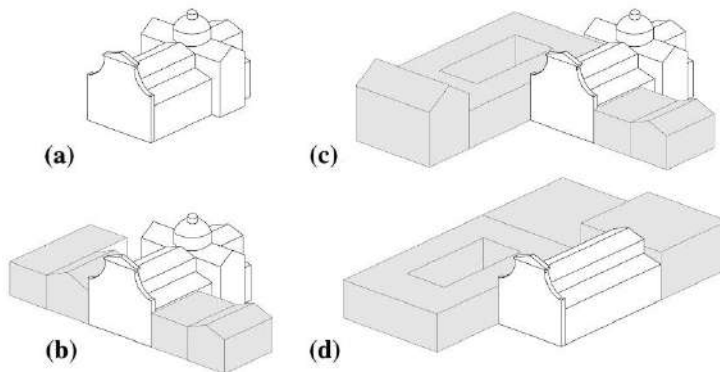


Figura 22: Configurazioni delle chiese emiliane in funzione del contesto urbano: chiesa isolata (a), chiesa inserita in una cortina edilizia (b), chiesa inserita all'interno (c) o all'esterno (d) di un aggregato urbano.

⁸⁵ (De Matteis, Brando, & Corlito, 2019)

4.2.2 Campanili

I campanili, come le torri, si contraddistinguono rispetto alle altre costruzioni antiche per il loro sviluppo verticale. A differenza delle torri, però, le grandi altezze dei campanili non derivano da ragioni difensive bensì da esigenze “visive” ed “acustiche” ovvero dalla necessità di favorire la riconoscibilità da lontano e la più ampia propagazione del suono delle campane.

Innalzati in prossimità delle chiese, i primi campanili risalgono al VII secolo e prendono le loro forme dalle torri urbane delle fortificazioni romane. Le fabbriche più antiche presentavano una pianta circolare e solo successivamente si diffusero anche le forme quadrate o poligonali.⁸⁶ I campanili emiliani, nello specifico, presentano solitamente pianta quadrangolare con muratura piena o muratura a sacco, quest'ultima usata solitamente alle quote più basse dove lo spessore è maggiore (oltre il metro).

In funzione della diversa risposta sismica, si distinguono tre tipologie di torri campanarie: campanile isolato, affiancato, sovrapposto.

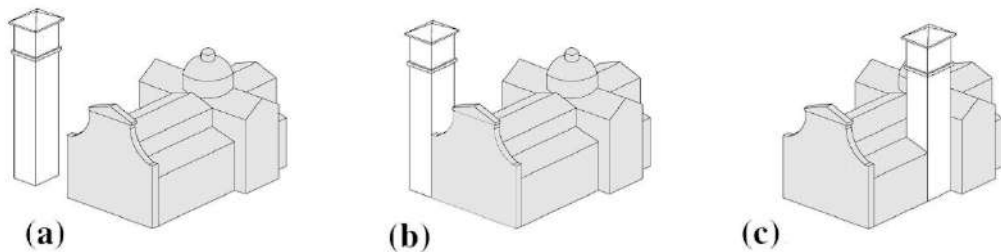


Figura 23: Configurazione dei complessi ecclesiastici emiliani in funzione della posizione reciproca tra chiesa e campanile: campanile isolato (a), campanile affiancato (b), campanile inglobato o sovrapposto (c).

In generale, se ben realizzati e liberi di oscillare, gli edifici snelli rispondono positivamente alle sollecitazioni dinamiche: ciò è dovuto alla bassa frequenza propria di queste strutture, poco eccitabile dalle alte frequenze delle onde sismiche che si propagano nel terreno.

⁸⁶ (Lionello, 2011, p. 9)



È stato inoltre dimostrato che la risposta sismica dei campanili isolati migliora al peggiorare delle caratteristiche del terreno poiché, di fronte ad una maggiore deformabilità dell'incastro alla base, le frequenze proprie di oscillazione si riducono ulteriormente.⁸⁷ In occasione del sisma 2012, infatti, il terreno sedimentario dell'area del cratere emiliano ha contribuito ad abbassare le frequenze proprie, smorzando le oscillazioni dei campanili. La componente sussultoria del sisma, particolarmente presente nell'evento sismico che ha colpito l'Emilia Romagna, può invece generare problematiche nel comportamento dinamico della struttura, come è stato rilevato in alcuni casi.

Figura 24: Mentre la Chiesa di San Paolo a Mirabello (MO) ha subito gravi danni, il campanile, tra i più alti dell'area terremotata, non ha riportato alcun dissesto, fatta eccezione per qualche lieve lesione nella cella campanaria. I crolli della fabbrica sono da imputarsi alla scarsa qualità dei paramenti murari e la presenza di grosse e pesanti travi in cemento armato poste a sostegno della copertura del transetto. Fenomeni localizzati di liquefazione possono aver aggravato il danneggiamento della chiesa.

⁸⁷ (Di Tommaso, Lancellotta, Focacci, & Romaro, 2010, p. 204-217)

Ad ogni modo, nei campanili isolati, i danni maggiori sono provocati da criticità locali quali, ad esempio, murature povere e paramenti esterni di rivestimento sconnessi dal nucleo, incatenamenti con capochiave interni alle murature (che generano concentrazioni di tensioni) o presenza di aperture verticalmente vicine (che rappresentano un punto di innesco per le lesioni).⁸⁸

Ben diversa è la risposta sismica dei campanili affiancati o sovrapposti. Le principali problematiche dei campanili non isolati sono connesse all'interazione con gli edifici contigui: la presenza di una struttura a contatto modifica le frequenze proprie di vibrazione della torre campanaria che, risultando più rigida, vede incrementare la domanda sismica. Il martellamento tra le due strutture può provocare danni molto gravi, fino al crollo della porzione di campanile svettante rispetto agli altri edifici.

Figura 25: Campanile della chiesa di San Lorenzo a Casumaro di Cento (FE). Le lesioni partono dal punto di stacco tra la torre e la fabbrica.

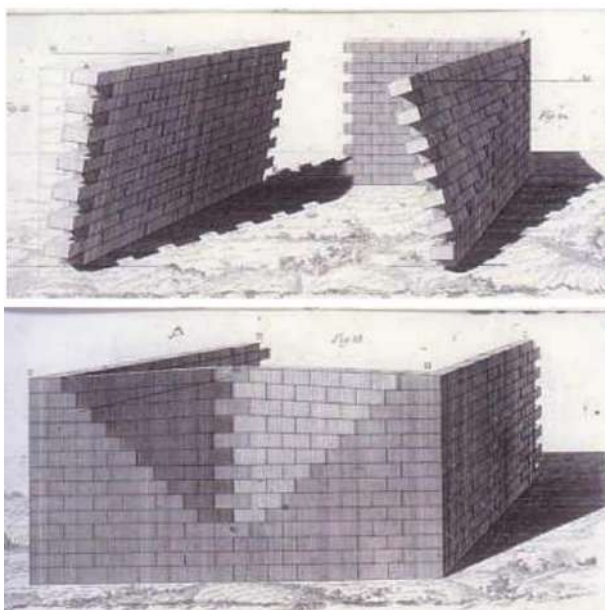


⁸⁸ (Blasi, 2013, p. 79-81)

Questo fenomeno si manifesta sia se il campanile è inglobato nella chiesa, sia se si trova in adiacenza: è sufficiente il contatto in un punto (anche solo con una cornice o una gronda) per attivare meccanismi di dissesto.⁸⁹

4.3 MECCANISMI DI COLLASSO

L'analisi dei caratteri costruttivi e tipologici delle chiese e dei campanili ha messo in evidenza non solo la presenza di vulnerabilità intrinseche a queste costruzioni storiche ma anche la condivisione degli stessi meccanismi di collasso, fatto ben noto ai costruttori del passato che basavano i propri progetti sull'osservazione delle esperienze pregresse



di edifici tipologicamente simili. Di seguito vengono quindi brevemente illustrati i cinematismi attivabili nei diversi macroelementi che compongono la struttura, che, non solo costituiscono il fondamento della scheda di rilievo del danno, ma possono divenire la guida per la selezione degli interventi di messa in sicurezza.

Figura 26: Disegno tratto da "L'art de batir" di Rondelet – Studio sull'instabilità dei muri isolati.

⁸⁹ (Di Tommaso & Casacci, 2013, p. 93-118) – Nel sisma del 2012 molti campanili hanno presentato danni da martellamento: il campanile della Chiesa di San Possidonio a San Possidonio (MO) è crollato sulla chiesa a seguito della scossa del 29 maggio, il campanile della Chiesa di Sant'Egidio a Cavezzo (MO) si è lesionato a partire dall'unico punto di contatto con il cornicione della copertura del vescovato, il campanile di Caselle a Crevalcore (BO) e il campanile di Bondanello a Moglia (MN) hanno manifestato gravi lesioni orizzontali al di sopra della quota di stacco della torre rispetto alla struttura in adiacenza e lo scorrimento della parte superiore del fusto. Il danno di questi ultimi due campanili è stato tale da rendere necessaria la loro demolizione.

4.3.1 *Meccanismi di collasso nei setti murari*

La tipologia strutturale della chiesa si contraddistingue per la presenza di pannelli murari di grande estensione, sia in larghezza che in altezza, e, allo stesso tempo, per la carenza di collegamenti trasversali. Nelle chiese emiliane le murature, in mattoni pieni, sono di scarsa qualità, principalmente a causa della malta dalle basse prestazioni meccaniche e delle modalità costruttive (muri stratificati, riempimenti incoerenti, ecc.).

I meccanismi di collasso nei setti murari sono raggruppabili in due categorie: ribaltamento fuori dal piano e taglio nel piano.⁹⁰



Figura 27: Disgregazione del paramento murario in seguito al sisma 2012.

⁹⁰ (Blasi, 2013, p. 4); (Giuffrè, 1991) – Appartiene ad Antonino Giuffrè la divulgazione della classificazione dei dissesti in due classi principali. I meccanismi di dissesto di *primo modo*, di gran lunga più frequenti e pericolosi, sono caratterizzati dalla rotazione dei muri fuori dal proprio piano mentre i meccanismi di dissesto del *secondo modo*, che si innescano solo se i primi sono impediti, sono caratterizzati da fratture a taglio inclinate nel piano delle murature di controvento.

La presenza di irregolarità nella conformazione architettonica del complesso può favorire l'attivazione di questi cinematismi. A monte resta però sempre la verifica della qualità costruttiva della muratura e dei materiali che la compongono: infatti, in presenza di scarsa qualità muraria il meccanismo prevalente risulta essere la disgregazione del paramento.⁹¹

MACROELEMENTO	MECCANISMO DI DANNO
SETTI MURARI	MECCANISMI DI PRIMO MODO: RIBALTAMENTO FUORI DAL PIANO
	M1 - Ribaltamento della facciata
	M2 - Meccanismi nella sommità della facciata
	M5 - Risposta trasversale dell'aula
	M10 - Ribaltamento delle pareti di estremità del transetto
	M16 - Ribaltamento dell'abside
	M22 - Ribaltamento delle cappelle
	MECCANISMI DI SECONDO MODO: TAGLIO NEL PIANO
	M3 - Meccanismi nel piano della facciata
	M6 - Meccanismi di taglio nelle pareti laterali
	M11 - Meccanismi di taglio nelle pareti del transetto
	M17 - Meccanismi di taglio nel presbiterio o nell'abside
	M23 - Meccanismi di taglio nelle cappelle
	MECCANISMI DI COLLASSO PER IRREGOLARITA'
	M4 - Protiro-Nartece
M7 - Risposta longitudinale del colonnato	
M25 - Interazioni in prossimità di irregolarità plano-altimetriche	

⁹¹ L'abaco dei meccanismi presente sia nelle linee guida (DPCM 09/02/2011) sia nelle schede di rilievo del danno non contempla questa preoccupante opzione. Tuttavia, la disgregazione del paramento influenza notevolmente il comportamento strutturale della costruzione e di conseguenza la definizione della procedura d'intervento: infatti, a fronte di una muratura facilmente disgregabile è necessario intervenire con misure preventive di rinforzo e aumento della resistenza. Per questo motivo appare opportuno aggiungere tale meccanismo di collasso all'abaco attuale o, quantomeno, segnalare la presenza di tale problematica.

Meccanismi di primo modo: ribaltamento fuori dal piano

Il danno più probabile nei setti murari è quello per collasso locale derivato da meccanismi di primo modo. Ciò è dovuto al fatto che le strutture antiche affidano la loro stabilità all'equilibrio delle parti prima ancora che alla resistenza dei materiali.⁹² Per questo motivo, quando le azioni orizzontali del sisma (e non solo) spostano il baricentro del setto murario compromettendone l'equilibrio, si attiva il cinematismo di ribaltamento ancora prima che la muratura abbia raggiunto la sua massima resistenza alle sollecitazioni esterne.

Il meccanismo si attiva con la rotazione fuori dal piano del setto murario o di parte di esso. Il quadro fessurativo che ne deriva può presentare fuori piombo e lesioni pressoché verticali (diventano a U se il paramento murario segue un andamento circolare) con l'eventuale formazione di una cerniera cilindrica ad asse orizzontale e/o obliquo, solitamente in corrispondenza di discontinuità generate dalla presenza di grandi aperture. Nelle chiese l'elemento maggiormente vulnerabile è la facciata, caratterizzata dal pesante timpano sovrastante e spesso mal ammorsata alle pareti laterali e alla copertura.

Meccanismi di secondo modo: taglio nel piano

Anche i meccanismi di danno di secondo modo sono pericolosi, in quanto possono portare alla formazione di lesioni che costituiscono vie privilegiate per l'innescio di successivi meccanismi di ribaltamento.⁹³ Inoltre, murature già fessurate a taglio vedono una drastica riduzione della loro funzione di controventamento e, di conseguenza, la risposta dinamica della struttura, nel suo complesso, risulta peggiorata.

Il meccanismo si attiva con deformazioni nel piano per rottura a taglio della muratura e il quadro fessurativo che ne deriva è rappresentato da lesioni ad andamento obliquo, singole o incrociate. Le facciate alte, con elementi di indebolimento (grande rosone, architrave debole sopra al portale, aperture tamponate tra portale e rosone), sono spesso soggette a deformazioni per trazione che si manifestano con una lesione sub-verticale al centro e lesioni diagonali nei pannelli ai lati del portale.⁹⁴

⁹² (Benvenuto, 1981, p. 271-275); (Giuffrè, 1986, p. 191)

⁹³ (Blasi, 2013, p. 70)

⁹⁴ (Di Pasquale & Papa, 2014, p. 50-52)

Meccanismi di collasso per irregolarità di forma

Infine, la presenza di irregolarità nella conformazione architettonica del complesso indebolisce la risposta sismica delle strutture verticali. L'interazione tra elementi dal diverso comportamento strutturale può innescare fenomeni di ribaltamento o di taglio, solitamente nell'elemento caratterizzato dalla resistenza minore.

Lo spostamento fuori dal piano del protiro o narcece può generare lesioni negli archi o nella trabeazione per rotazione delle colonne, oltre al distacco dalla facciata, oppure dissesti dovuti al martellamento del protiro con la facciata. Deformazioni e rotture per taglio, dovute ad azioni nel piano del colonnato, possono provocare lesioni negli archi o negli architravi longitudinali, nelle volte delle navate laterali e lesioni da schiacciamento alla base delle colonne. Deformazioni e movimenti dovuti all'interazione della muratura di corpi adiacenti generano lesioni nella muratura per martellamento.⁹⁵

4.3.2 Meccanismi di collasso nelle strutture voltate

Volte, archi e cupole sono state ampiamente utilizzate nelle chiese non solo per ragioni di sicurezza (isolare le strutture lignee di copertura con diaframmi voltati permetteva di ridurre il rischio di incendio) ma anche come elementi di pregio architettonico e artistico, da poter decorare con affreschi ricchi di significati liturgici.⁹⁶ Gli arconi strutturali scandiscono il ritmo delle navate, l'arco trionfale inquadra l'altare, le volte a botte o a crociera decorate da stucchi e affreschi chiudono il grande volume dell'aula, la cupola impostata sopra al tamburo all'intersezione tra navata e transetto conferisce maestosità al complesso ed enfatizza il suolo dell'altare. Nelle chiese emiliane, gli arconi sono realizzati in muratura portante mentre la maggior parte delle volte sono leggere, apparecchiate in folio, rappresentando un grande elemento di vulnerabilità in caso di sollecitazione sismica. Le strutture cupolate sono invece più rare nell'architettura ecclesiastica del cratere emiliano. Si tratta di strutture resistenti per forma, progettate per resistere ai carichi esterni per compressione: le forze verticali agenti all'estradosso vengono scaricate sui piedritti, sotto forma di forze inclinate.

⁹⁵ (Di Pasquale & Papa, 2014, p. 53, 60, 94)

⁹⁶ Ad esempio, la forma circolare della cupola sovrastante l'altare è un richiamo alla perfezione divina: simbolo del cielo, è spesso affrescata con raffigurazioni della volta celeste.



Figura 28: crollo della cupola nella Chiesa di San Felice Vescovo a San Felice sul Panaro (MO).

La presenza di queste spinte in condizioni statiche rende le strutture voltate particolarmente vulnerabili alle azioni sismiche che aumentano le sollecitazioni ribaltanti già presenti. Consapevoli di questa intrinseca vulnerabilità, fin dal passato sono stati presi provvedimenti per limitare l'azione spingente di archi e volte, primo tra tutti l'inserimento di catene.

MACROELEMENTO	MECCANISMO DI DANNO
STRUTTURE VOLTATE	MECCANISMI DI COLLASSO NEGLI ARCHI
	M13 - Archi trionfali
	MECCANISMI DI COLLASSO NELLE VOLTE
	M8 - Volta della navata centrale
	M9 - Volte delle navate laterali
	M12 - Volte del transetto
	M18 - Volte del presbiterio e dell'abside
	M24 - Volte delle cappelle
	MECCANISMI DI COLLASSO NELLA CUPOLA
	M14 - Cupola/ tamburo
	M15 - Lanterna

Meccanismi di collasso negli archi

Le strutture ad arco trasferiscono i carichi gravanti su di essa agli appoggi, pilastri o setti murari, generando spinte orizzontali. Ne consegue che l'efficacia strutturale dell'arco viene mantenuta finché l'imposta non subisce movimenti. La spinta orizzontale dell'azione sismica e dell'arco stesso, così come possibili cedimenti fondali, possono provocare l'allontanamento degli appoggi e la conseguente rottura dell'arco alle reni e in chiave, in modo simmetrico o asimmetrico in funzione del tipo di azione.⁹⁷

Nelle chiese, il meccanismo si attiva generalmente con deformazioni per rottura a taglio nel piano dell'arco trionfale. Il quadro fessurativo che ne deriva è rappresentato

⁹⁷ (Heyman, 1996)

da lesioni nell'arco, dallo scorrimento di conci e dallo schiacciamento o lesioni orizzontali alla base dei piedritti.⁹⁸

Meccanismi di collasso nelle volte

Le strutture voltate trasferiscono i carichi (principalmente il peso proprio) agli appoggi che, a seconda della geometria della volta possono essere pilastri (volta a crociera, volta a vela) o setti murari (volta a botte, volta a padiglione). Come gli archi, se gli appoggi subiscono un dislocamento, la struttura voltata si frattura con lesioni perpendicolari alle direttrici o parallele agli appoggi. Nelle chiese, le strutture voltate prossime alla facciata e all'arco trionfale costituiscono l'ambito di maggiore vulnerabilità, poiché in questi punti si esplicano le azioni taglienti più gravose in relazione alle elevate variazioni di rigidità delle murature verticali.

Meccanismi di collasso nelle cupole

Le strutture cupolate poggiano su una base circolare o poligonale, costituita solitamente dal tamburo che affiora dal volume della chiesa. La scarsa resistenza a trazione della muratura rende queste cupole molto sensibili ad azioni di carico asimmetriche e ai cedimenti differenziali all'imposta. Superata la resistenza a trazione della muratura, si formano lesioni lungo i meridiani: la continuità dei paralleli risulta interrotta e il comportamento a membrana della struttura cupolata viene annullato. I meridiani diventano così archi spingenti sul tamburo di imposta.

4.3.3 *Meccanismi di collasso nelle coperture*

Le coperture delle chiese antiche sono strutture più o meno complesse, generalmente costituite da capriate in legno, un'orditura principale composta da travi lignee di grande diametro, poggianti sui setti murari e sulle capriate, e un'orditura secondaria composta da elementi lignei minori, gli arcarecci. Il manto di copertura, solitamente in doppio coppo, può poggiare su listelli in legno, pianelle in cotto o tavolato.

Le tecniche costruttive emiliane hanno spesso portato alla realizzazione di strutture spingenti di grande dimensione e peso. Appoggi ridotti, non ancorati all'esterno della

⁹⁸ (Di Pasquale & Papa, 2014, p. 71)

muratura, collegamenti nei nodi carenti, scarsa manutenzione e deterioramento del materiale rendono queste strutture più vulnerabili all'azione sismica.



Figura 29: Crollo parziale nella copertura di una chiesa a Carpi. Il dissesto puntuale nel nodo di una capriata ha causato il cedimento della catena sulla sottostante volta in foglio.

MACROELEMENTO	MECCANISMO DI DANNO
COPERTURE	MECCANISMI DI COLLASSO NEGLI ELEMENTI DI COPERTURA
	M19 - Elementi di copertura: aula
	M20 - Elementi di copertura: transetto
	M21 - Elementi di copertura: abside

Meccanismi di collasso negli elementi di copertura

I meccanismi di collasso nelle coperture sono generalmente conseguenza di dissesti alle murature sottostanti: la rotazione fuori dal piano del setto provoca lo sfilamento delle travi lignee fino alla perdita dell'appoggio cui consegue il crollo della struttura di chiusura. Un'altra tipologia di dissesto consiste nella rottura della trave a causa di eccessivi sforzi flessionali, talvolta favorite dalla presenza di degradi nel legno. La perdita di efficacia dei collegamenti (rottura dei nodi delle capriate, marcescenza degli appoggi, ossidazione dei connettori metallici) è un'altra frequente causa di dissesto nelle strutture di copertura.

4.3.4 Meccanismi di collasso nei campanili

La risposta sismica delle torri campanarie è fortemente influenzata da diversi fattori quali la snellezza⁹⁹, il grado di ammorsamento tra i setti murari¹⁰⁰, stati di danneggiamento progressivi¹⁰¹, contatto con strutture di minore altezza.¹⁰² Inoltre, la presenza in sommità di elementi architettonici quali la cella campanaria (con ampie aperture intervallate da esili pilastri poco caricati), la guglia, le vele campanarie ed altri elementi decorativi svettanti (il cui carico stabilizzante è costituito solo dal peso proprio) risultano particolarmente vulnerabili in quanto devono far fronte a forze sismiche amplificate.¹⁰³

⁹⁹ Per la loro grande snellezza, i campanili possono essere considerati strutture monodimensionali con un comportamento a mensola incastrata alla base.

¹⁰⁰ Un efficace ammorsamento tra le pareti (buona tessitura dei cantonali, presenza di cerchiature o catene, buon collegamento tra orizzontamenti e murature, contenimento delle spinte delle volte), oltre a ridurre le spinte delle volte e le eccentricità dello sforzo sulle pareti con risega, garantisce anche il comportamento a mensola e permette di associare alla struttura la rigidità dell'intera sezione muraria e non delle singole parti.

¹⁰¹ Degradi delle murature, lesioni per cedimenti, per compressione o per irregolarità, perdita di efficacia degli elementi di collegamento (ancoraggi di catene e/o travi nella muratura) possono nel tempo generare danni di diversa natura rispetto a quelli sismici.

¹⁰² Chiesa, canonica o altre costruzioni più basse costituiscono vincoli orizzontali che, se da un lato riducono la snellezza del campanili, dall'altro costituiscono irrigidimenti localizzati in cui può generarsi una pericolosa concentrazione di sforzi.

¹⁰³ (D.P.C.M. 09/02/2011, p. 38); (Coisson, Ferretti, Lorenzelli, & Zanazzi, 2019, p. 317-324) – Nelle parti più alte della costruzione si verifica un effetto di amplificazione del moto sismico (effetto filtro).

MACROELEMENTO	MECCANISMO DI DANNO
CAMPANILE	MECCANISMI DI COLLASSO NEL CAMPANILE
	M27 - Torre campanaria
	M28 - Cella campanaria

I meccanismi di danneggiamento e collasso dipendono dunque dalla geometria (snellezza e regolarità), dalle caratteristiche costruttive (qualità muraria e ammassamento)¹⁰⁴ e dall'interazione tra terreno e fondazioni.



Figura 30: A sinistra, trave-radice che ha perso il collegamento all'angolo; a destra, catena con paletto mancante.

Meccanismi di collasso nella torre campanaria

La *Direttiva* del 2011 prevede la possibile attivazione di tre meccanismi di dissesto nella torre campanaria: suddivisione in macro-elementi verticali, espulsione dell'angolo, martellamento di edifici contigui. In occasione del sisma 2012 si sono manifestati tutti i meccanismi attesi per questa tipologia costruttiva, a conferma della validità non solo della normativa ma anche dell'approccio empirico consigliato per la previsione dei dissesti. A questi si aggiunge solo un meccanismo che non viene citato dalla *Direttiva*, ovvero la parzializzazione della sezione, strettamente legata alla forte componente verticale che ha caratterizzato il sisma emiliano.¹⁰⁵

¹⁰⁴ (D.P.C.M. 09/02/2011)

¹⁰⁵ (Blasi, 2014, p. 232)

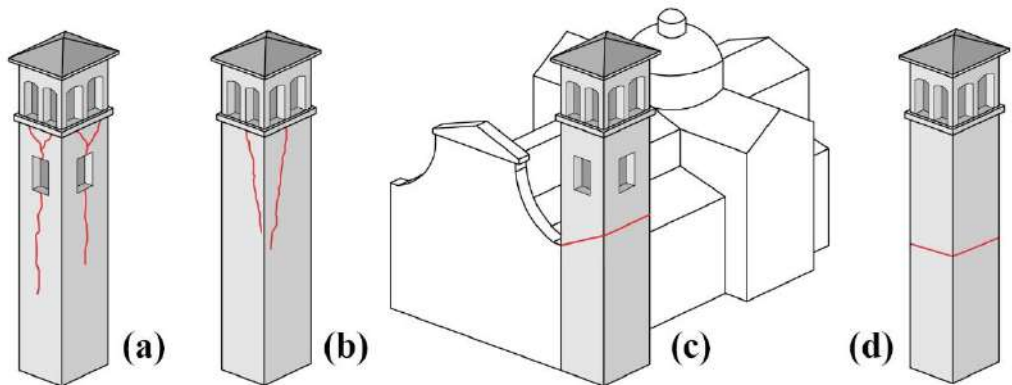


Figura 31: Rappresentazione dei possibili meccanismi di dissesto del campanile M27: suddivisione in macroelementi verticali (a), espulsione degli angoli (b), martellamento di edifici contigui (c), parzializzazione della sezione (d).

Suddivisione in macroelementi verticali: I campanili liberi di oscillare possono presentare lesioni verticali dovute a oscillazioni in fase (sollecitazioni di taglio) o in controfase (sollecitazioni di trazione). Durante un evento sismico, possono manifestarsi entrambi i fenomeni in relazione alle frequenze forzanti, che cambiano in ogni istante. In genere, queste fessure si manifestano nella mezzeria dei lati del campanile¹⁰⁶ suddividendo la struttura in quattro macroelementi che, lavorando ciascuno in modo indipendente, vedono una netta riduzione del momento d'inerzia rispetto alla condizione non fessurata. Elementi di vulnerabilità sono costituiti dalla presenza di aperture troppo ravvicinate (anche tamponate se in modo non efficace), elementi spingenti (volte, archi, scale o elementi di copertura) e scarsità di orizzontamenti che connettano adeguatamente le murature. Oltre alle lesioni verticali nella mezzeria delle pareti, l'attivazione del meccanismo può provocare anche lo sfilamento delle teste delle travi lignee dei solai e lesioni all'intradosso di volte o scale rampanti per allontanamento delle imposte.¹⁰⁷

¹⁰⁶ Secondo le tecniche costruttive tradizionali, gli angoli del campanile venivano realizzati con maggiore cura rispetto alla zona intermedia che risulta particolarmente debole sia per l'uso di materiali di minor qualità sia per la presenza di aperture e scale.

¹⁰⁷ (Blasi, 2013, p. 82)



Figura 32: Suddivisione in macroelementi verticali della torre campanaria di San Luca Evangelista a Medolla (MO).

Espulsione degli angoli: Le azioni sismiche possono provocare l'espulsione di uno o più angoli del paramento murario, elementi particolarmente sollecitati già in campo statico. Infatti, realizzati con murature di maggiore qualità, gli angoli dei campanili presentano una rigidezza maggiore rispetto alle altre murature: ciò fa sì che il peso sovrastante, della cella e della copertura, si distribuisca in modo disomogeneo sulla struttura, concentrandosi in queste zone più resistenti. Così, le concentrazioni tensionali possono provocare nei cantonali una crisi di instabilità per carico di punta, che può essere ulteriormente favorita da forze orizzontali generate, oltre che dalle scosse sismiche, da vulnerabilità intrinseche (asimmetrie, strutture voltate, coperture spingenti).

Il meccanismo, che si manifesta con lesioni verticali o arcuate in prossimità degli angoli, può interessare la parte sommitale della torre campanaria o una porzione compresa tra due vincoli (incatenamenti). La presenza di capochiave interni o sottodimensionati costituisce un punto di innesco preferenziale per le lesioni.¹⁰⁸



Figura 33: Campanile dell'appennino parmense danneggiato dal sisma del 2008. Dissesto dell'angolo dovuto a instabilità per carico di punta.

Martellamento di edifici contigui: I campanili costruiti in aderenza ad altre costruzioni, con cui solitamente condividono almeno una parete, spesso non sono ben ammortati e, durante le scosse sismiche, oscillano in modo indipendente entrando in collisione con gli edifici addossati. Anche quando il campanile è inglobato in un'altra costruzione, e quindi le due strutture sono ben collegate, la diversa altezza e il conseguente diverso

¹⁰⁸ (Blasi, 2013, p. 84)

modo di vibrare genera concentrazioni di tensioni nel punto di stacco tra l'edificio più alto e quello più basso. Si manifestano così lesioni con andamento orizzontale (flessione) o inclinato (taglio) che si diramano a partire dal punto di contatto.¹⁰⁹



Figura 34: Dissesto dovuto a fenomeni di martellamento tra la torre campanaria della Chiesa di Sant'Egidio Abate a Cavezzo (MO) e l'adiacente fabbricato. Le lesioni si diramano a partire dal punto di contatto tra le due strutture.

Parzializzazione della sezione: I campanili liberi di oscillare possono presentare lesioni orizzontali o inclinate per pressoflessione, cui consegue la parzializzazione della sezione resistente. Questo meccanismo viene attivato dalle forti accelerazioni verticali che il

¹⁰⁹ (Blasi, 2013, p. 85)

sisma può avere in prossimità dell'epicentro¹¹⁰. In fase di accelerazione negativa, infatti, la compressione verticale della muratura diminuisce e, con essa, la resistenza a taglio: predominano allora sollecitazioni a flessione che generano lesioni orizzontali o inclinate (trazione), con possibile dislocazione reciproca dei diversi macroelementi (taglio per scorrimento o taglio per fessurazione diagonale). Spesso lo scorrimento avviene in corrispondenza del giunto di malta: la qualità muraria influisce dunque notevolmente nell'attivazione di questo fenomeno¹¹¹



Figura 35: La lesione orizzontale nel basamento del campanile di San Martino in località Buonacompra a Cento (FE) denota la parzializzazione della sezione. A causa della gravità del danno il campanile è stato demolito.

¹¹⁰ Si tratta del cosiddetto fenomeno di nearfault: nel sisma emiliano del 2012, la componente verticale del sisma, registrata dalla stazione mirandolese durante la prima scossa, ha raggiunto valori molto elevati, prossimi o anche superiori a quelli ottenuti nelle direzioni orizzontali.

¹¹¹ (Blasi, 2013, p. 83).

Meccanismi di collasso nella cella campanaria

La cella campanaria, costituita da esili pilastri e ampie finestrate, si comporta, in fase di crisi sismica, come un telaio. Infatti la *Direttiva* (DPCM 09.02.2011) indica come possibile meccanismo di collasso la rototraslazione dei ritti che si manifesta attraverso la formazione di lesioni alle estremità dei piedritti o negli archi. In particolare, in funzione della conformazione architettonica della cella, può avvenire la rottura per taglio del traverso superiore, la rototraslazione verso l'esterno di ambiti murari alla base dei ritti o la rottura in chiave e alle imposte degli archi costituenti le grandi finestrate della cella. L'attivazione di questo meccanismo può essere favorita dalla presenza di piedritti particolarmente snelli e coperture eccessivamente pesanti e/o spingenti.



Figura 36: Dissesti nella cella campanaria del campanile della Chiesa di Sant'Agostino a Sant'Agostino (FE).

Elemento distintivo di questo macroelemento è la presenza delle campane. Da un punto di vista strutturale, questi elementi agiscono come forze oscillanti nei confronti della struttura. Di conseguenza, se le pesanti strutture in acciaio di supporto alle campane non sono adeguatamente collegate alle strutture murarie della cella, oscillando, possono produrre l'attivazione del dissesto sulle pareti laterali, segnalato dalla presenza di lesioni (anche molto sottili) nel punto di appoggio di tale struttura: la cella campanaria diventa allora particolarmente vulnerabile alle azioni sismiche, con le quali il

moto oscillatorio delle campane e del loro telaio viene ulteriormente sollecitato.¹¹²

Meccanismi di collasso nella guglia

Il distacco e ribaltamento della sommità della guglia è un fenomeno estremamente diffuso a seguito di eventi sismici. Questo meccanismo può attivarsi attraverso la formazione di una linea di frattura inclinata a 45° (rottura per taglio), come indicato dalla *Direttiva*, o più frequentemente con la formazione di una linea di frattura orizzontale (rottura per pressoflessione). Generalmente il piano di frattura si colloca a 2/3 dell'altezza e, talvolta, può verificarsi anche la parziale disgregazione del materiale.

Fattori che possono incentivare il danneggiamento della guglia sono lo stato di conservazione della muratura (i giunti di malta costituiscono un piano preferenziale di rottura), la snellezza dello spessore murario, discontinuità nella sua composizione (la parte terminale si differenzia dalle murature inferiori in quanto è costituita o da muratura piena o da un blocco di pietra senza adeguate connessioni) e la presenza di lesioni pregresse (che denotano l'attivazione dello stesso dissesto in passato).



Figura 37: Sommità in muratura della guglia del campanile di Sant'Agostino (FE) crollata a terra senza disgregarsi.

¹¹² (Di Tommaso & Casacci, 2013, p. 97)

Inoltre, come per la parzializzazione della sezione della torre campanaria, anche in questo caso le accelerazioni verticali del sisma favoriscono la parzializzazione del macroelemento, diminuendo per pochi istanti il peso della guglia e quindi la compressione verticale e la resistenza a taglio (i cui valori risultano già particolarmente bassi per via del ridotto carico sovrastante).¹¹³

4.3.5 *Meccanismi di collasso negli elementi non strutturali*

Le chiese emiliane sono ricche di elementi decorativi, dalle statue nelle nicchie in facciata alle croci in sommità, dai pinnacoli alle guglie sovrastanti la cella campanaria. Più rari sono i campanili a vela, tipici dell'Italia centrale.

I cinematismi che riguardano gli elementi non strutturali (statue, guglie, pinnacoli, crocifissi) sono estremamente pericolosi poiché di difficile previsione, in quanto

raramente si è a conoscenza dell'effettivo ancoraggio di queste masse rispetto alle strutture sottostanti. Inoltre, se posti a quote elevate come spesso accade, questi elementi sono soggetti a notevoli amplificazioni della sollecitazione sismica.



Figura 39: crollo sul sagrato della chiesa di un elemento decorativo posto in sommità della facciata.

MACROELEMENTO	MECCANISMO DI DANNO
ELEMENTI NON STRUTTURALI	MECCANISMI DI COLLASSO NEGLI ELEMENTI NON STRUTTURALI
	M26 - Aggetti (vele, guglie, pinnacoli, statue)

¹¹³ (Blasi, 2013, p. 86)

4.3.6 Meccanismi di collasso nelle colonne

I colonnati a separazione delle navate o all'ingresso della chiesa, scandiscono lo spazio e il ritmo architettonico del fabbricato. Questi elementi possono essere monolitici, in blocchi o in muratura di mattoni pieni e svolgono la funzione principale di sorreggere archi o volte, permettendo l'apertura dello spazio sottostante, filtrando il passaggio da un ambiente all'altro.

Le colonne possono essere soggette a ribaltamento causato da spinte orizzontali in sommità non adeguatamente contrastate. Questo cinematico si può attivare quando l'azione sismica si somma a quella spingente delle strutture voltate: appaiono allora delle lesioni orizzontali alla base dei piedritti.

Caso più raro ma più pericoloso, come ben ricorda il caso della Cattedrale di Noto¹¹⁴, si ha invece quando la colonna va in crisi non per perdita di equilibrio ma per aver raggiunto il limite di resistenza del materiale, considerata la concentrazione di tensioni



di compressione che si forma naturalmente in questi elementi: dopo la formazione di fessure verticali lungo il fusto, avviene in genere l'espulsione di materiale e la rottura fragile della colonna, cui consegue in genere il collasso della struttura poggiante su di essa.

Figura 40: Crollo della cattedrale di Noto a causa dello schiacciamento di un pilastro.

MACROELEMENTO	MECCANISMO DI DANNO
COLONNE	MECCANISMI DI COLLASSO PER RIBALTAMENTO
	MECCANISMI DI COLLASSO PER COMPRESSIONE

¹¹⁴ (La Rosa, 2009, p. 42-61) – il 13 marzo del 1996 la Cattedrale ha improvvisamente visto crollare la navata centrale e quella di destra, gran parte del tamburo e della cupola e la copertura del transetto destro a causa dello schiacciamento di uno dei pilastri della navata destra.

5 NON TUTTO IL MALE VIEN PER NUOCERE...

“Questa calamità ha insegnato a fabbricare con più sicurtà...”¹¹⁵

Ogni nuovo evento sismico viene affrontato con le tecniche e le modalità sviluppate sulla base delle precedenti esperienze ma induce anche a riflettere sulle nuove criticità, che ogni volta si presentano, per sviluppare sistemi sempre più perfezionati, atti non solo a migliorare gli interventi post-evento ma anche ad evitare i precedenti errori (come sottolinea Pirro Ligorio in riferimento al sisma di Ferrara) e a realizzare più efficaci progetti di prevenzione. Queste modalità di approccio all’evento devastante hanno favorito la nascita e lo sviluppo di fondamentali innovazioni quali la classificazione sismica, le normative per la progettazione antisismica, gli studi di vulnerabilità del patrimonio costruito soggetto a rischio sismico, le politiche di prevenzione e gli strumenti di gestione dell’emergenza e della ricostruzione: in Italia, ogni terremoto ha segnato un momento di avanzamento in ogni aspetto del sistema di gestione del rischio sismico.

Anche l’esperienza emiliana, evento in sé tragico e dannoso, ha offerto spunti di implementazione, mettendo in luce sia aspetti critici sia risultati positivi su cui riflettere per stimolare la ricerca di soluzioni innovative ed esportarle in altri tempi e in altri luoghi. In sette anni è stato prodotto un enorme patrimonio di informazioni tecniche, normative e procedurali: l’obiettivo è quello di mettere a sistema tutti questi dati nel tentativo di creare strategie comuni che possano adattarsi alle situazioni contingenti aiutando a fronteggiare l’emergenza senza dover ogni volta ripartire da zero.

La sfida non è semplice a causa sia delle peculiarità fisiche del territorio sia delle tipologie di insediamento che caratterizzano l’area sulla quale l’evento si manifesta. L’asserzione ha trovato piena conferma pochi anni dopo la tragica esperienza emiliana, al verificarsi del terremoto nell’Italia centrale, nel 2016. Il bagaglio di conoscenze tecniche derivato da quella precedente esperienza non è risultato usufruibile e in quest’ultima circostanza non è stato possibile riproporre lo stesso sistema gestionale a causa del diverso numero di Enti Pubblici coinvolti e per la diversa tipologia delle strutture danneggiate. In Emilia il terremoto ha interessato una zona di limitata estensione e facilmente raggiungibile, un’unica figura ha potuto accentrare il coordinamento di tutte le Soprintendenze e gli edifici maggiormente colpiti sono stati i

¹¹⁵ (Guidoboni, 2005)

capannoni industriali e le strutture storiche in muratura, mentre il sisma del 2016 nell'Italia centrale ha coinvolto quattro regioni, la cui orografia ha ostacolato lo spostamento tempestivo dei mezzi di soccorso e di primo intervento, è mancato il coordinamento tra le otto *Soprintendenze* interessate e gli edifici maggiormente danneggiati sono stati le abitazioni civili e le costruzioni in pietrame con apparecchi irregolari e malte deboli.

Ad ogni modo, pur nella consapevolezza che ogni situazione è a sé, con le proprie peculiarità, si possono ritrovare principi e insegnamenti da riproporre ad un livello più generale.

5.1 L'UNIONE FA LA FORZA

Nel 2012, a differenza di quanto successo in occasione di altri eventi sismici in ambito nazionale, l'organizzazione emiliana ha operato bene complessivamente, valutazione supportata dal progressivo e veloce restringimento del perimetro del cratere.

L'elemento che ha caratterizzato il sistema emiliano è stato l'approccio unificato alla gestione delle varie fasi dell'intervento: lavorare in sinergia ha permesso di moltiplicare la valenza degli sforzi messi in campo e ha evitato inutili sprechi di energie per sovrapposizione di ruoli, di attività e di reperimento dati. Uniformità e omogeneità di metodo e di procedure, condivisione e standardizzazione dei criteri in tema di valutazione della vulnerabilità post-sismica e della relativa gestione tecnica dell'emergenza e della successiva fase di ricostruzione, hanno permesso di ottimizzare le risorse sia nelle attività di rilievo del danno, sia nelle procedure di ripristino strutturale degli edifici danneggiati.¹¹⁶

Per quanto riguarda il rilievo del danno, il sistema emiliano è riuscito a gestire le attività con esiti positivi. La condivisione, a livello nazionale, di abachi dei meccanismi di collasso e di modelli di schedatura è stata fondamentale per omogeneizzare le operazioni di rilievo e rendere comparabili le valutazioni effettuate dai tecnici con diversa formazione, provenienti da Enti, strutture e istituzioni differenti, garantendo anche continuità di intervento e omogeneità di comportamento e di strumenti per tutti i tecnici che hanno operato nei primi mesi dopo il sisma.

¹¹⁶ (Mariani, 2016, p. 393-401)

Inoltre, l'avocazione delle competenze ad un unico ente organizzativo (l'allora Direzione Regionale), in un'unica figura di riferimento, ha permesso di velocizzare i tempi di intervento e di coordinare tutte le attività senza sovrapposizioni. Allo stesso modo l'istituzione di un'apposita commissione per redigere le valutazioni economiche ha garantito uniformità di giudizio rendendo le stime per lo meno comparabili tra loro.

Per quanto riguarda, invece, la fase di ricostruzione, appare di particolare rilievo l'istituzione della *Commissione Congiunta* per la valutazione unificata degli interventi sulle Opere Pubbliche e sui Beni Culturali. I vantaggi di questa modalità valutativa si ritrovano su più fronti: dal punto di vista dei progettisti, il potersi confrontare con un unico referente permette di giungere ad una soluzione condivisa in tempi più veloci; dal punto di vista delle istituzioni, l'espressione di un giudizio comune permette di approfondire insieme tutti gli aspetti del progetto confrontandosi e trovando una necessaria sintesi su tematiche di sicurezza e conservazione.

“Riparazione” e “miglioramento sismico”, con riferimento al Codice dei Beni Culturali e Linee Guida, sono state le parole chiave per i progetti presentati, finalizzati al raggiungimento di un livello di sicurezza compatibile con il valore culturale della fabbrica storica in rapporto al danno subito e alla sua intrinseca vulnerabilità. Eppure, nonostante l'operare condiviso nell'ottica del minimo intervento, adottando materiali e tecniche della tradizione edilizia opportunamente supportati dalle tecnologie più recenti, spesso i progettisti hanno trovato grandi difficoltà nel raggiungere soluzioni mirate, compatibili con la consistenza architettonica e con le caratteristiche di danno degli edifici.¹¹⁷ In molti progetti esaminati dalla commissione si tende al sovradimensionamento degli interventi se non addirittura a proporre consolidamenti superflui e non effettivamente connessi alla riduzione della vulnerabilità presente (è il tipico caso degli interventi in fondazione). Dietro l'esame dei progetti operato dai membri della commissione, si riconosce dunque un grande lavoro di collaborazione e assistenza ai progettisti, fatto di incontri, sopralluoghi, momenti formativi comuni, con l'impegno di garantire la qualità delle opere da realizzare per la conservazione del bene.

Il confronto continuo con i progettisti, diversamente da quanto potrebbe sembrare, permette la riduzione dei tempi di ricostruzione poiché, riunendo in un'unica seduta tutte

¹¹⁷ D'altronde per lungo tempo l'area colpita dal sisma del 2012 è stata considerata a bassa sismicità e, solo a partire dal 2003, vaste aree dell'Emilia-Romagna sono state dichiarate sismiche. Di conseguenza, mancanti di esperienza e formazione specifica in questo campo, i progettisti si sono trovati impreparati ad affrontare complesse situazioni d'intervento post-sisma.

le figure competenti, è possibile raggiungere un accordo comune senza il rischio di vedere, ad esempio, il progetto autorizzato dagli Enti regionali e bocciato da quelli della *Soprintendenza*. Ad esemplificazione dell'efficacia di questa metodologia di valutazione, si riporta quanto scritto nel parere rilasciato in merito al progetto preliminare della Chiesa del Rosario, a Finale Emilia (MO): *“il progetto strutturale non è disponibile presso gli uffici regionali [...] ma è stato comunque possibile visionarne gli elaborati in sede di Commissione, messi a disposizione dal MiBACT.”*

Quando poi la questione diventa ancora più delicata e complessa, come nel caso alla ricostruzione degli edifici quasi totalmente crollati, di fronte ai quali si pone la difficile scelta di ricostruire “com'era e dov'era” o con forme e materiali moderni, la condivisione di opinioni è stata di fondamentale importanza. In passato, le esperienze ricostruttive a seguito di eventi traumatici hanno trovato, sulla base delle teorie e dei principi prodotti dalla stessa cultura italiana del restauro, soluzioni profondamente diverse e concettualmente antitetiche in funzione dei luoghi, delle circostanze, del comune sentire delle popolazioni, della sensibilità progettuale dell'architetto. Anche in quest'occasione si sono verificati atteggiamenti opposti: cittadini talmente affezionati alla loro chiesa da rivolerla com'era prima e comunità che chiedevano la demolizione della vecchia e inospitale struttura a favore della costruzione di una nuova. I fattori da considerare sono molteplici poiché ogni scelta è il frutto di un lungo processo progettuale mediato e complesso e non può esserci un modo codificato di come costruire, come restaurare, come integrare. In sede di commissione è stato così praticabile il confronto tra le diverse figure, quelle addette alla conservazione del bene e quelle competenti in questioni di sicurezza strutturale permettendo, ancora una volta, di raggiungere soluzioni condivise su tutti i versanti.¹¹⁸

5.2 CHI TROVA UN “DANNO” TROVA UN TESORO

È ormai comunemente riconosciuto (almeno sul piano teorico, non sempre su quello pratico) che la conoscenza dell'oggetto su cui si interviene rappresenta un passaggio indispensabile per poter operare con adeguata consapevolezza sul patrimonio architettonico danneggiato dal sisma con l'obiettivo di arrivare alla definizione di interventi rispettosi del valore culturale ed efficaci da un punto di vista strutturale. Ciò è

¹¹⁸ (Grifoni, 2014, p. 50-55)

stato confermato dall'esperienza emiliana: di fronte alla vastità del costruito storico danneggiato dal sisma del 2012, già durante i primi sopralluoghi ci si è resi conto che reperire il maggior numero possibile di informazioni relative all'edificio e al suo stato di danno è un fattore che consente di ottimizzare le risorse, in termini di tempo e di costi, sia nell'immediatezza dell'intervento emergenziale, sia nell'ottica del conseguente intervento definitivo. Tuttavia, il sisma 2012 ha messo alla prova l'efficacia degli strumenti di conoscenza dello stato di danno post-sisma: le schede per il rilievo del danno all'edilizia ordinaria e ai Beni Culturali. Nel complesso le schede AeDES hanno conseguito il loro obiettivo, che però non è di analisi approfondita dell'edificato ma di individuazione delle situazioni di rischio. Le schede di rilievo del danno al patrimonio culturale hanno invece mostrato elementi di criticità o potenzialità inutilizzate. Una prima riflessione può essere condotta in merito alle tempistiche di compilazione e alla rappresentatività delle schede *Chiese* (Modello A-DC) e *Palazzi* (Modello B-DP). Se la schedatura relativa alle chiese è risultata di agevole e veloce compilazione, la scheda *Palazzi* ha invece presentato maggiori difficoltà. La compilazione di una scheda richiedeva tempistiche troppo lunghe, da uno a due giorni, non compatibili con la quantità di strutture da rilevare: per concludere la fase di rilievo in tempi consoni (entro marzo/aprile 2013) è stato necessario semplificare il modello, per poterlo compilare più velocemente. Inoltre, se le schede chiese e palazzi sono risultate adeguate per rappresentare i dissesti subiti da edifici semplici, non sono state altrettanto efficaci per rappresentare tutte le problematiche presenti, e la loro interconnessione, in edifici più articolati come complessi ecclesiastici o palazzi che esulano dallo schema planimetrico tradizionale delle tipologie considerate. Questo aspetto si evidenzia ancor più di fronte ad altre tipologie architettoniche con caratteristiche tipologiche specifiche: rocche, cimiteri e teatri. Queste tre tipologie architettoniche sono risultate diffuse in tutto il cratere emiliano e il rilievo del loro quadro fessurativo ha messo in crisi i rilevatori, incerti su quale scheda usare e su come rappresentare dissesti diversi da quelli delle chiese e dei palazzi. I modelli di schedatura esistenti, infatti, sono specifici per queste due tipologie architettoniche e non permettono di rappresentare adeguatamente i danni subiti dai cimiteri, con i lunghi porticati fatti di volte e colonnati, né quelli subiti dai teatri, caratterizzati dalla combinazione di grandi volumi e piccoli vani, né, tanto meno, i danni alle rocche e castelli, con le loro torri, merlature, muri di cinta e i tanti fabbricati

annessi nel corso dei secoli¹¹⁹. Alla luce di queste esigenze, è apparso utile cercare di implementare gli strumenti oggi disponibili con i meccanismi di dissesto tipici delle tipologie sopracitate. Con questo obiettivo, la Regione Emilia Romagna sta finanziando tre progetti di ricerca, nella forma di tre Borse di Dottorato, finalizzati alla definizione di schede di rilievo specifiche per castelli, cimiteri e teatri, che potranno essere utili in futuro e non solo sul territorio regionale. Un altro punto debole dell'attuale schedatura è emerso di fronte alla necessità di graduare la gravità dello stesso tipo di danno in parti diverse dell'edificio. La scheda di rilievo del danno della Chiesa del Gesù a Mirandola (MO), per citare solo un esempio, segnala l'attivazione di meccanismi di ribaltamento e di taglio nei transetti, entrambi con un livello di danno pari a 3, ma in realtà i due macroelementi presentano un quadro fessurativo ben diverso sui due lati, cui conseguono anche differenti tipologie di messa in sicurezza. Nel transetto sud prevale la rotazione verso l'esterno del muro di chiusura, denunciata da vistose lesioni verticali all'intersezione tra i muri, e bloccato con l'istallazione di una struttura di sostegno a tubi e giunti; nel transetto nord prevale invece la disgregazione della muratura, attraversata da lesioni ramificate e diffuse sull'intero paramento che denotano lievi meccanismi di taglio e rotazioni parziali, consolidati attraverso un sistema di cerchiatura con interposizione di pannelli in legno per evitare la perdita di materiale e confinare la muratura. La tempestiva identificazione delle specifiche condizioni di danno permette, dunque, di definire l'opera di pronto intervento più idonea.

Infine, con la loro rigida impostazione, fatta di punteggi e abachi, talvolta le schede non hanno permesso di tradurre efficacemente alcune peculiarità dell'edificio e del danno. Ad esempio, le modalità costruttive emiliane (in particolare relativamente alle caratteristiche della muratura), che si è visto essere causa principale dei numerosi collassi nelle fabbriche antiche, non hanno trovato espressione negli strumenti a disposizione degli schedatori. Allo stesso modo, le schede non tengono conto né dell'evoluzione storica della costruzione e delle trasformazioni subite nel corso del tempo, che potrebbero averne modificato il comportamento strutturale, né dell'eventuale stato di danno pregresso, magari dovuto ad un evento sismico precedentemente subito o a scarsa manutenzione: tutti fattori molto influenti nel determinare la risposta sismica di un edificio. Anche il fenomeno della liquefazione che si è manifestato in alcune aree del ferrarese, non viene mai preso in considerazione. Nella scheda Palazzi esiste il

¹¹⁹ (Coisson & Ferrari, 2019)

meccanismo M22 (cedimento fondale), che permette di rappresentare danni connessi a movimenti delle fondazioni senza però dichiarare esplicitamente la presenza di liquefazione del terreno. Resta quindi a discrezione del rilevatore la possibilità di segnalare la presenza di questo fenomeno nello spazio “note”, e soprattutto segnalare la correlazione con i danni subiti dall’edificio.



Figura 41: Chiesa del Gesù a Mirandola (MO). Diverse tipologie di dissesto e tecniche di messa in sicurezza nel transetto sinistro (a sinistra) e in quello destro (a destra).

Si percepiscono allora i limiti derivanti dalla soggettività intrinseca nell’attività interpretativa dei rilevatori; limiti che le schede tentano di ridurre guidando l’operatore attraverso un percorso comune ma che non possono eliminare del tutto; limiti che possono in realtà diventare punti di forza se il rilevatore ha le competenze per interpretare correttamente il meccanismo e indicarne le peculiarità utili per la gestione delle fasi successive. D’altronde non si deve pensare che le schede possano sostituire la lettura critica di una figura esperta: l’uso corretto delle schede è condizionato da una piena comprensione dei comportamenti sismici attesi da parte del rilevatore, che deve essere in grado di sviluppare una capacità di giudizio autonomo.

La fase iniziale non può dunque escludere una *lettura critica e valutativa* dei danni causati dall’evento. D’altro canto, però, un’analisi di questo tipo richiede figure esperte e consapevoli. Per questo, altro elemento che non può mancare per affrontare eventi

emergenziali è proprio la formazione degli operatori coinvolti sia per l'acquisizione critica delle informazioni durante i sopralluoghi sia per la progettazione dei primi interventi di messa in sicurezza che non devono garantire solo l'incolumità, evitando ulteriori crolli, ma possono già essere propedeutici alle fasi successive.

Compilando meccanicamente la scheda di rilievo del danno si rischia di perdere dati fondamentali e rendere parziale la lettura post sopralluogo. Spesso questi dati riemergono con la presentazione del progetto di restauro, attestato da indagini e rilievi: se però fossero stati letti, interpretati e censiti già durante i sopralluoghi di rilievo del danno, anche se in forma parziale, avrebbero potuto indirizzare la progettazione delle prime messe in sicurezza non più sistematicamente e inevitabilmente come interventi cosiddetti "a perdere" ma nell'ottica di un loro possibile inserimento nella progettazione finale di ripristino del manufatto.

Per tale motivo appare di fondamentale importanza riconoscere all'attività di rilievo del danno il ruolo di *atto propedeutico* alla conoscenza e alla successiva progettazione, finalizzato a fornire una rappresentazione completa ed esauriente dello stato dell'edificio, affinché le successive azioni di intervento tengano conto di svariati elementi conoscitivi: dall'evoluzione storica del manufatto alle sue vicende tecnologico-costruttive che ne hanno determinato vulnerabilità e danni.

La fase di restauro di un territorio, colpito da eventi catastrofici quali terremoti, alluvioni e frane inizia immediatamente dopo l'evento con l'avvio dei sopralluoghi: già in questa fase è auspicabile prendere decisioni progettuali non solo rispettose delle caratteristiche dell'edificio, in modo particolare se tutelato, ma, come già detto, fruibili e implementabili nelle successive fasi di recupero e ripristino.¹²⁰

5.3 A MALI ESTREMI, ESTREMI RIMEDI

In occasione del sisma 2012, gli Uffici Tecnici dei piccoli comuni, abituati a seguire opere edilizie ordinarie, si sono spesso trovati sprovvisti di competenze necessarie a gestire le complesse situazioni create dall'evento sismico: per questo motivo le amministrazioni comunali, in un gran numero di casi, hanno preferito affidare la progettazione e la realizzazione degli interventi a ditte esterne che hanno elaborato soluzioni "d'emergenza" nel più breve tempo possibile con l'unico, seppur encomiabile,

¹²⁰ (Libro, 2019, p. 149)

scopo di impedire che gli edifici pericolanti potessero subire ulteriori crolli e garantire la pubblica incolumità. Progettati sotto la spinta della massima emergenza da tecnici spesso privi di competenze ed esperienza specifiche, molti interventi di primo soccorso hanno fatto fronte solo alle immediate necessità utilizzando tecniche, materiali e strutture risultati inutilizzabili nelle fasi successive dell'intervento sia come elementi necessari per il consolidamento sia come presidi atti a garantire la sicurezza durante i lavori.

È questo il motivo per cui in fase di esecuzione del progetto definitivo quasi sempre si è resa necessaria la totale rimozione di tali elementi e la loro sostituzione con presidi idonei all'esecuzione in sicurezza dei lavori, con conseguente ed inevitabile spreco di materiali ed aumento dei costi non trascurabile, data la scarsità delle risorse finanziarie disponibili a fronte del grande numero di edifici bisognosi di intervento

Non risulterà mai superfluo sottolineare la necessità di impostare correttamente l'intervento provvisorio già in fase emergenziale per evitare sprechi di tempo e di risorse economiche. Molta attenzione si deve porre anche al fine di evitare che gli interventi progettati, in fase di realizzazione, vadano ad intaccare il valore intrinseco del bene.

5.4 IMPARA L'ARTE E METTILA DA PARTE

Nel contesto emergenziale, la mancanza di condivisione di procedure, linguaggi e metodi ha creato grandi difficoltà, costringendo a moltiplicare gli sforzi da parte di tutti i soggetti coinvolti.¹²¹ L'esperienza ha ampiamente dimostrato che per poter intervenire in modo coordinato fin dal primo momento dell'emergenza è necessario pianificare preventivamente le modalità di gestione, condividere strumenti e vocabolario e, soprattutto, formare gli operatori.

Negli ultimi anni il DPC ha fornito il proprio supporto tecnico e scientifico in numerose iniziative formative, coinvolgendo le Regioni, già ora attivamente impiegate nella formazione del proprio personale tecnico, il mondo professionale ed esperti esterni della Pubblica Amministrazione. L'obiettivo è quello di un continuo miglioramento e approfondimento della conoscenza delle nozioni relative all'agibilità post-sismica dei manufatti e alla gestione tecnica dell'emergenza per arrivare ad una condivisione di procedure e linguaggi standard.

¹²¹ (Mariani, 2016, p. 11)

Ciò consentirebbe anche di migliorare la gestione delle operazioni di rilievo e di valutazione dell'agibilità degli immobili. A tal fine, il Nucleo Tecnico Nazionale (NTN) ha attivato un progetto finalizzato alla creazione di un sistema strutturato per disciplinare le modalità e le procedure di mobilitazione dei tecnici appositamente formati.¹²²

Le attività in corso evidenziano una nuova sensibilità a questo tipo di approccio al problema: è auspicabile che da ora in avanti si proceda sistematicamente in questa direzione per essere sempre più preparati ad affrontare eventi improvvisi e dirompenti e per poter alleviare, così, anche le sofferenze fisiche e morali delle popolazioni colpite.

5.5 PREVENIRE È MEGLIO CHE CURARE

Oggi, purtroppo, c'è ancora scarsa/altalenante sensibilità al tema da parte sia dell'opinione pubblica sia della politica: al verificarsi di un evento sismico, mondo politico ed opinione pubblica si mobilitano con grande clamore ma, superata l'emergenza, torna il "silenzio". Per poter dare risposte adeguate nel più breve tempo possibile, con il minor spreco di energie e senza disperdere i finanziamenti disponibili, è indispensabile dar vita ad un sistema di prevenzione che anche in "tempo di pace", con un'attività metodica, lavori per rafforzarsi e perfezionarsi. Servirebbe invece un programma di miglioramenti sistematico, attuato attraverso incentivi negli interventi di ristrutturazione e consolidamento (come ad esempio il cosiddetto "*sisma bonus*"¹²³).

Dopo l'evento sismico del 2012 il livello di allerta si è alzato e la Regione Emilia-Romagna ha preso concreti provvedimenti nell'ambito del sistema di prevenzione: per il periodo 2012-2016 è stato stanziato circa un miliardo di euro per finanziare studi volti all'approfondimento della conoscenza del fenomeno, al miglioramento della pianificazione urbanistica e dei piani di emergenza, all'adeguamento sismico degli edifici pubblici e privati. Il percorso è ancora lungo, soprattutto in relazione all'enorme fabbisogno finanziario necessario per ridurre la vulnerabilità sismica del patrimonio edilizio italiano: le azioni devono essere quindi ben mirate al fine di razionalizzare gli investimenti futuri.

¹²² (Mariani, 2016, p. 59-61) – In particolare, la struttura si occupa di tutti gli aspetti riguardanti la composizione delle squadre di rilievo, i requisiti per l'iscrizione, le modalità di gestione e coordinamento, le modalità di attivazione e di impiego, gli oneri finanziari, le coperture assicurative e le responsabilità dei tecnici coinvolti.

¹²³ (Blasi, 2019, p. 55) - Tuttavia, il ridotto impiego delle agevolazioni fiscali per chi interviene sul costruito è indice che anche i privati tendono a trascurare il problema.

Bisogna agire in anticipo ed essere preparati su tutti i fronti, prima di tutto quello della conoscenza, attraverso l'implementazione delle ricerche tecnico-scientifiche nei settori coinvolti (geologia, sismologia, ingegneria sismica, storia dell'architettura, per citarne solo alcune). In secondo luogo si devono intraprendere azioni dirette (interventi di rafforzamento) e indirette (miglioramento degli strumenti di progettazione antisismica, anche a livello urbanistico, e miglioramento nella gestione dell'emergenza) per la riduzione della vulnerabilità e dell'esposizione. Infine, servono azioni atte a favorire la crescita della consapevolezza del rischio nei cittadini, non solo attraverso comunicazioni sistematiche sui comportamenti a cui attenersi prima, durante e dopo il terremoto, ma ricorrendo anche ad esercitazioni collettive: la consapevolezza del "cosa, dove, come e quando fare" genera sicurezza che mitiga gli effetti della paura e del panico che attanagliano la popolazione coinvolta nell'evento sismico. La macchina dei soccorsi si troverà, così, a muoversi in un ambiente meno caotico e quindi potrà dare risposte più efficaci e tempestive.¹²⁴



Figura 42: Crollo nella Chiesa di San Michele Arcangelo a Poggio Renatico (FE)

¹²⁴ (Mariani, 2016, p. 400)

PARTE 2

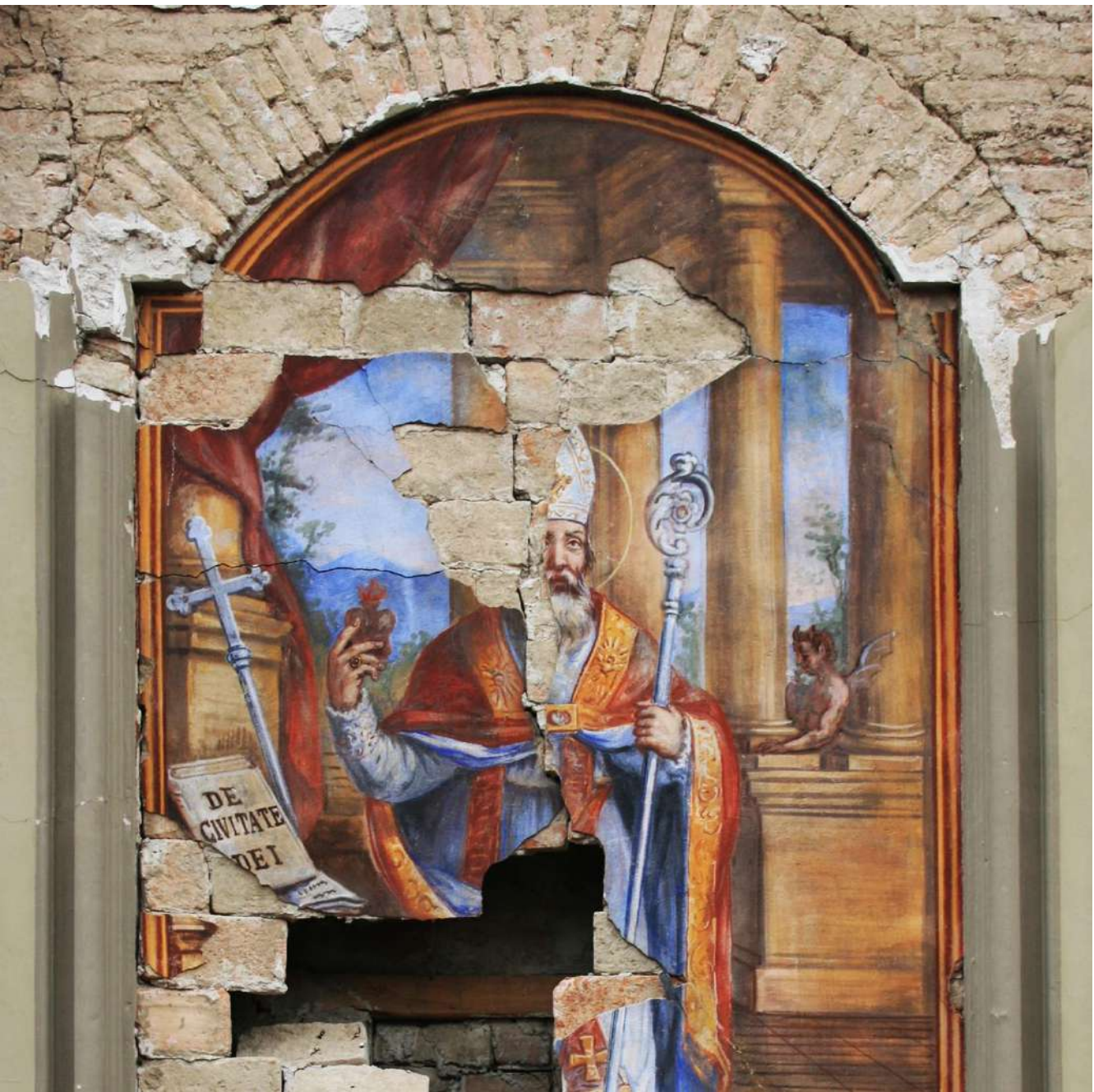
ANALISI DEI COSTI

VALUTAZIONI ECONOMICHE DAL SISMA 2012

Quanto costa un terremoto?

Negli ultimi 150 anni, tra tutti i terremoti che hanno colpito il territorio italiano, sono stati circa trenta quelli che hanno raggiunto intensità rilevanti: in media di 1 ogni 5 anni. Gli ultimi otto terremoti gravi, che si sono manifestati dal 1968 al 2016, hanno provocato una spesa di oltre 120 miliardi di euro.¹²⁵ Considerata l'elevata frequenza degli eventi sismici distruttivi, i terremoti rappresentano da sempre un grave problema nazionale, non solo per il carico di vittime che producono ma anche per i costi straordinari che gravano sull'economia dei territori colpiti e sulle finanze pubbliche.

¹²⁵ (Mariani, 2016, p. 411)



Lacuna nella Chiesa di San Felice Vescovo a San Felice sul Panaro (MO) dopo il sisma del 2012.

1 I COSTI DEL SISMA

I maggiori terremoti del cinquantennio passato hanno generato elevati costi inattesi. La tabella riassuntiva, elaborata dal Centro Studi CNI, registra una spesa totale di 121,608 miliardi di euro (valore attualizzato in funzione della rivalutazione monetaria sulla base di indici ISTAT al 2014) come conseguenza dei danni provocati dagli eventi sismici di grande intensità verificatisi tra il 1968 e il 2012.¹²⁶

ANNO	TERREMOTO	COSTO (MLD)	COSTO (MLD) ATTUALIZZATO
1968	BELICE	2,2	9,179
1976	FRIULI VENEZIA GIULIA	4,8	18,54
1980	IRPINIA E BASILICATA	23,5	52,026
1997	UMBRIA E MARCHE	11,7	13,463
2002	MOLISE E PUGLIA	1,3	1,4
2009	ABRUZZO	13,7	13,7
2012	EMILIA-ROMAGNA	13,3	13,3
TOTALE		70,5	121,608

Tuttavia, il rischio sismico non è il solo cui è esposta la penisola: secondo il Ministero dell’Ambiente, tra il 1900 e il 2002 si sono verificati oltre 4016 eventi calamitosi di natura idrogeologica che hanno provocato gravi danni agli insediamenti.¹²⁷

¹²⁶ (Mariani, 2016, p. 419) – I dati sono stati forniti dall’Ufficio Studi Camera dei Deputati, Regione Emilia-Romagna, Commissario delegato per la ricostruzione, Presidente della Regione Abruzzo. I costi dei terremoti del 1968, 1976, 1997, 2002 sono stati elaborati sulla base delle risorse effettivamente stanziato dallo Stato (dati a consuntivo). I costi dei terremoti del 2009 e del 2012 sono basati su previsioni di spesa delle autorità locali preposte alla ricostruzione. In particolare, la stima del sisma abruzzese si basa sulla relazione di fine mandato presentata nel settembre 2012 dal Commissario per l’emergenza terremoto; la stima del sisma emiliano si basa sulla richiesta dell’amministrazione regionale per accedere al fondo di solidarietà della Commissione Europea.

¹²⁷ (Di Giacomo & Pilli, 2013); (Di Giacomo, 2014)

Costi diretti e indiretti

Il costo economico di un terremoto, non dipende solo dall'intensità delle scosse ma anche dal livello di sviluppo e antropizzazione del luogo colpito. Maggiore è la densità insediativa di un posto, maggiori saranno i danni agli edifici privati e pubblici. Maggiore è lo sviluppo produttivo di un posto, maggiori saranno i danni alle attività economiche e alla produzione di reddito. Infatti, nelle aree fortemente antropizzate e sviluppate, i terremoti, oltre ai costi diretti derivati dal danno alle strutture e infrastrutture, producono anche costi indiretti, incidendo significativamente sulle dinamiche sociali ed economiche dei territori colpiti, con ripercussioni negative che si protraggono nel tempo.

Dunque, per calcolare il costo di un terremoto con maggiore attendibilità, si dovrebbe tenere conto sia dei costi diretti che dei costi indiretti, come già suggerito nel 1995 dal rapporto della Banca Mondiale.¹²⁸

L'uso di schede di rilievo del danno, viste nel capitolo precedente, è di supporto alla stima dei costi diretti ovvero degli effetti economici causati dal danneggiamento subito dagli edifici coinvolti. I costi indiretti, legati all'interruzione dei servizi e delle attività produttive, ai conseguenti mancati guadagni e alla perdita del benessere economico, sono invece più difficili da quantificare: richiedono complesse e difficili valutazioni che permettano di concretizzare in un numero non solo tutto ciò che è accaduto ma anche tutto ciò che non è accaduto. In generale, il sistema di valutazione dei costi complessivi connessi all'evento sismico dovrebbe tener conto degli effetti derivanti da:

- Ripristino delle infrastrutture e dei servizi
- Ripristino dei danni al patrimonio abitativo
- Ripristino dei danni al patrimonio storico-artistico
- Ripristino dei danni alle attività produttive
- Mancati guadagni per interruzione delle attività
- Sgravi fiscali ed esenzioni dalle imposte
- Attività di governance: gestione burocratico-amministrativa, assunzione di personale aggiuntivo, istituzione di servizi pubblici aggiuntivi (assistenziali)
- Istituzioni di soluzioni alternative per garantire funzioni indispensabili

¹²⁸ (Mariani, 2016) – “*Understanding the economic and financial impacts of natural disaster*”.

In Emilia-Romagna, la contabilità dei costi del sisma 2012 ha considerato, per la prima volta, sia costi diretti che indiretti al fine di stabilire l'ammontare complessivo e richiedere, fin dall'inizio, un finanziamento pubblico congruo con le effettive spese necessarie per ripristinare l'intero sistema. Ciò ha permesso di evitare il continuo ricalcolo e adattamento delle previsioni di spesa, situazioni che in passato hanno sempre provocato l'incremento dei costi e il prolungamento dei tempi.

1.1 I COSTI DELLA MESSA IN SICUREZZA

Con il supporto economico europeo e statale, la Regione Emilia-Romagna ha potuto attivare immediatamente il sistema di finanziamento per gli interventi di messa in sicurezza delle costruzioni danneggiate. La maggior parte degli interventi sono stati finanziati con il contributo del FSUE, attivo fino al 19 dicembre 2013. Fanno eccezione gli interventi provvisori indifferibili (i ponti, ad esempio), particolarmente complessi per realizzazione, progettazione e/o autorizzazione: l'attuazione di queste opere è stata prolungata fino al 30 giugno 2014, oltre i termini temporali previsti dal FSUE. Pertanto, il finanziamento di tali interventi è stato garantito dal Commissario Delegato a valere sui finanziamenti dello Stato Italiano.¹²⁹

Per quanto riguarda i Beni Culturali, al fine di garantire sicurezza e conservazione della fabbrica in vista del successivo restauro, sono stati realizzati 348 interventi provvisori (comprese le attività di rimozione, catalogazione e conservazione delle macerie) pari a un valore di circa 38 milioni di euro.

Le chiese sono risultate tra gli edifici meno economici da mettere in sicurezza. Se si considerano i primi dieci interventi provvisori più costosi (in tabella), ben otto hanno riguardato edifici ecclesiastici, mentre gli altri due sono relativi a un castello e a un teatro.

296 sono le chiese danneggiate dal sisma 2012. Nei mesi successivi al terremoto, per garantire continuità di culto, sono stati spesi 15 milioni di euro per interventi di messa in sicurezza finalizzati alla riapertura di 54 edifici ecclesiastici mentre altri 6,3 milioni di euro sono stati dedicati alla realizzazione di 15 edifici provvisori.¹³⁰

¹²⁹ (Mariani, 2016)

¹³⁰ Ordinanza Commissariale 83/2012.

N.	EDIFICIO	COMUNE (PROVINCIA)	COSTO
1	DUOMO DI SANTA MARIA ASSUNTA	Carpi (MO)	1.614.761,97 €
2	CASTELLO DI PICO DELLA MIRANDOLA	Mirandola (MO)	973.560,10 €
3	CHIESA DI SAN GIOVANNI BATTISTA	Cavezzo Loc. Disvetro (MO)	708.483,06 €
4	CHIESA DI SAN SILVESTRO	Crevalcore (BO)	647.904,36 €
5	CHIESA DI SAN LUCA EVANGELISTA	Medolla Loc. Camurana (MO)	581.514,85 €
6	ABBAZIA DI SAN MICHELE ARCANGELO	Poggio Renatico (FE)	566.791,70 €
7	TEATRO COMUNALE DI CARPI	Carpi (MO)	540.000,00 €
8	CHIESA DI SAN BIAGIO VESCOVO	San Felice sul Panaro (MO)	536.284,44 €
9	CHIESA DI SAN PAOLO	Concordia sulla Secchia (MO)	510.902,88 €
10	CHIESA DI SAN ZENONE	Rolo (RE)	491.420,00 €

1.2 I COSTI DELLA RICOSTRUZIONE

I finanziamenti per la ricostruzione delle Opere Pubbliche e dei Beni Culturali provengono in parte dai fondi del Commissario delegato (Fondi per la Ricostruzione) e in parte da co-finanziamenti derivati da donazioni private, fondi e donazioni propri degli enti attuatori e rimborsi assicurativi. La Regione Emilia Romagna ha determinato le modalità con cui operare per la programmazione degli interventi di ripristino delle Opere Pubbliche e dei Beni Culturali (OO.PP. e BB.CC.) nell'ambito della ricostruzione post-sisma 2012 (art.11 L.R. 21/12/2012 n.16). Tale programmazione, ovvero l'individuazione degli edifici finanziabili e il riconoscimento economico, è avvenuto sulla base del rilievo del danno operato dal MiBACT.

Il Programma delle Opere Pubbliche e dei Beni Culturali

La ricognizione delle opere pubbliche e dei Beni Culturali danneggiati dal sisma del maggio 2012, svolta dagli enti proprietari (Comuni e Conferenza Episcopale dell'Emilia-Romagna) e dal Ministero dei Beni Culturali per gli immobili sottoposti a tutela (Direzione Regionale del MiBACT) ha permesso di formulare le stime delle risorse economiche necessarie per realizzare gli interventi di ripristino.

Tutti gli interventi di restauro, di riparazione locale con miglioramento sismico e di ricostruzione per i beni pubblici, compresi gli edifici privati ad uso pubblico e gli edifici

degli enti religiosi (chiese e parrocchie equiparabili per l'uso ai BBCC pubblici) sono contenuti nel “*Programma per la riparazione e il ripristino delle Opere Pubbliche e dei Beni Culturali*”, articolato in due sezioni: una riguardante le Opere Pubbliche OOPP (23%) e una relativa ai Beni Culturali BBCC (77%). La prima stesura del programma è stata approvata il 17 giugno 2013 (con delibera della Giunta Regionale n.801) e da allora il programma è stato aggiornato in più occasioni per tenere conto delle nuove esigenze e per migliorarne i contenuti.

I piani attuativi delle Opere Pubbliche e dei Beni Culturali

Il programma generale, in relazione alle risorse finanziarie a disposizione, viene declinato nei *Piani Annuali Attuativi*, strumento operativo che contiene le risorse finanziarie reali e disponibili. Nei piani, in continuo aggiornamento, vengono inseriti, su proposta dei diversi soggetti attuatori, gli interventi prioritari, in relazione alle tipologie degli immobili. I Piani annuali riguardano le Opere Pubbliche (OOPP), i Beni Culturali (BBCC), le Unità Minime d'Intervento (UMI), per gli edifici misti pubblico-privato e l'Edilizia Scolastica e Universitaria (ESU).

Nel 2015 erano previsti 1500 interventi, ciascuno con il relativo piano finanziario delle risorse assegnate, e l'ammontare dei danni rilevati nei Beni Culturali risultava pari a 1.705 milioni di euro mentre le risorse disponibili per la loro riparazione era di 970 milioni di euro, di cui 407 milioni di euro derivanti da co-finanziamenti (assicurazioni, fondi propri, donazioni ecc.) e 563 milioni di euro provenienti da risorse messe a disposizione dal Commissario. Per completare l'opera di ripristino delle opere pubbliche e dei Beni Culturali restavano da reperire 735 milioni di euro.

Nel 2016, viene fatto il primo aggiornamento: 2000 sono gli interventi elencati nel programma, 1.664 milioni di euro è l'ammontare dei danni rilevati agli edifici pubblici (o di uso pubblico), 1.059 milioni di euro sono le risorse disponibili per la riparazione dei danni, di cui 377 milioni di euro derivanti da co-finanziamenti e 555 milioni di euro da risorse messe a disposizione del Commissario a seguito della prima assegnazione di fondi stanziati dal Governo, cui si sono aggiunti 127 milioni di euro stanziati con la legge di Stabilità del 2016. Restano da reperire 605 milioni di euro. Il livello di avanzamento della presentazione dei progetti inseriti nel Programma è pari all'83,62% del complessivo mentre il livello di avanzamento dell'approvazione dei progetti è pari al 48,23% del complessivo.

Nel 2017, il fabbisogno stimato per soddisfare le esigenze ammonta a 1,524 miliardi di euro, 1.079 milioni i fondi del Commissario e 379 milioni da co-finanziamenti. Il 66% delle opere inserite nel programma è stato approvato, il 21% è in istruttoria e solo il 13% degli interventi deve essere ancora presentato. Per quanto riguarda gli edifici ecclesiastici, si registrano 118 chiese riaperte al culto. Il piano delle Opere pubbliche e dei Beni Culturali mette a disposizione degli edifici religiosi 252 milioni di euro, di cui 209 milioni del Fondo per la ricostruzione e 43 milioni di cofinanziamenti.

Al 2018 il costo di ripristino dei danni viene stimato pari a 1.284 milioni di euro, di cui 846 milioni dei Fondi del Commissario e 438 da co-finanziamenti. Su 1.380 interventi presentati (quasi la totalità degli interventi previsti a piano), 1058 sono stati approvati, 322 sono in istruttoria. 262 milioni di euro vengono dedicati agli interventi sulle chiese di cui 242 milioni del Commissario e 20 milioni di cofinanziamenti.

Nel 2019, le risorse disponibili per l'attuazione del programma delle OO.PP. e dei BB.CC. è pari a 1.378 milioni di euro di cui 955 milioni del Commissario e 422 milioni da cofinanziamenti. Dei 1.227 interventi previsti a Piano sono stati presentati 1.001 interventi di cui 260 in istruttoria e 741 approvati (450 in esecuzione e 248 conclusi).

2 LA VALUTAZIONE ECONOMICA DEL DANNO

La valutazione economica dei danni provocati dall'evento sismico è tanto importante quanto complessa: valore di riferimento indispensabile per richiedere congrui finanziamenti per la ricostruzione, la sua stima dipende da molteplici fattori, talvolta variabili da caso in caso.

La scheda di rilievo del danno richiede di stabilire in modo speditivo una valutazione dei costi per le opere di ripristino strutturale sia per i nuovi danni che per i danni pregressi aggravati (A22.1), le opere di finitura, impiantistica e miglioramento sismico collegate (A22.2) e le opere di pronto intervento (A22.3).

A₂₂ - DESCRIZIONE E STIMA SOMMARIA DELLE OPERE NECESSARIE	
A_{22.1} - Descrizione opere di ripristino strutturale (nuovi danni e danni pregressi aggravati)	
.....	
.....	
.....	
STIMA DEL COSTO PER IL RIPRISTINO STRUTTURALE	€ _ _ _ _ _ _ _ _ ,00
A_{22.2} - Descrizione opere di finitura, impiantistica e miglioramento sismico collegate	
.....	
.....	
.....	
STIMA DEL COSTO OPERE FINITURA IMPIANTISTICA E MIGLIORAMENTO SISMICO	€ _ _ _ _ _ _ _ _ ,00
A_{22.3} - Descrizione opere di pronto intervento (eventualmente indicare anche il costo del P.I. "a finire")	
.....	
.....	
.....	
STIMA DEL COSTO OPERE DI PRONTO INTERVENTO	€ _ _ _ _ _ _ _ _ ,00

Figura 1: estratto della scheda di rilievo del danno Modello A-DC relativo alla parte di valutazione economica dei danni.

Tuttavia, la scheda risulta alquanto generica in questa parte, lasciando grande libertà di giudizio al rilevatore che opera in situ. Ciò ha generato, in passato, non solo stime molto disomogenee, basate sulle conoscenze del singolo tecnico, ma anche rallentamenti

nello svolgimento dei rilievi. La formulazione di un valore realistico comporta l'analisi di svariati fattori e il reperimento di dati di non immediata consultazione, richiedendo molto tempo all'operatore.

Nel tentativo di arginare tali criticità, per la prima volta, in Emilia-Romagna, questa attività è stata sottratta dalle competenze delle squadre di rilievo ed è stata assegnata ad una commissione appositamente costituita: il *Gruppo di Validazione*. L'obiettivo è stato quello di ottenere una valutazione economica omogenea e confrontabile degli edifici danneggiati attraverso una procedura standardizzata che, dopo la definizione di un costo a metro quadrato, ha calibrato la valutazione in considerazione del danno subito, del pregio architettonico e delle dimensioni dell'edificio.

In seguito, altri tentativi hanno cercato di definire una procedura standardizzata per stimare i costi dell'intervento definitivo. In particolare il manuale per la compilazione delle Schede di rilievo del danno ai Beni Culturali accenna ad un modello automatico per la stima dei costi di ripristino e riparazione il quale, individuando possibili tipologie di intervento per ciascun meccanismo attivato, fornisce il relativo valore di spesa. Il sistema, però, assicura valori omogenei ma non oggettivi.¹³¹

Nel tentativo di individuare una metodologia che permetta di ottenere stime economiche non solo omogenee ma anche il più possibile attendibili, è stata condotta un'analisi a posteriori sui costi del sisma 2012. Ciò ha permesso non solo di verificare il rapporto tra costi a preventivo e costi a consuntivo ma anche di ricercare eventuali fattori influenti nella definizione degli importi, riflettendo sia sulle caratteristiche comuni sia sulle vicende dei singoli edifici. L'obiettivo è quello di definire una metodologia per individuare in modo semplice e veloce un range di spesa per ripristinare i danni del sisma, esplicitando gli aspetti critici nella valutazione, cui prestare particolare attenzione.

¹³¹ (Di Pasquale & Papa, 2014, p. 26) – Il manuale, approvato con il DPCM 13/03/2013, propone soluzioni progettuali graduate in funzione del livello di danno e dell'intensità macrosismica rilevata nel sito (a parità di danno, il costo sarà aumentato allontanandosi dalla zona epicentrale), aggiungendo anche le opere provvisorie per la messa in sicurezza in caso di danno grave (D4).

2.1 I COSTI DEL SISMA 2012

I dati realtivi ai costi della messa in sicurezza sugli edifici di culto sono stati reperiti nell'archivio della Protezione Civile.¹³² Nello specifico, sono stati considerati tutti gli interventi provvisionali autorizzati dal Commissario Delegato tra l'agosto del 2012 e il mese di ottobre 2016. Si è dovuto eliminare alcuni casi a causa dell'impossibilità di identificare il fabbricato (denominazione e indirizzo mancante). Altri invece, pur trattandosi di edifici di culto, sono stati esclusi dall'analisi poiché non corrispondenti alla tipologia architettonica di chiesa ad aula.¹³³ Si precisa che nel campione indagato sono escluse anche molte delle opere realizzate in estrema urgenza dai VVF¹³⁴ e i piccoli interventi realizzati privatamente per i quali non è stato possibile reperire materiale. Il campione indagato si compone di 125 casi.

Per ciascuno di questi è stato reperito il costo dell'intervento definitivo, messo a disposizione dall'ARRIC. I dati a disposizione offrono, per ogni caso studio, i valori dell'importo generale necessario al ripristino e al miglioramento sismico della struttura. Tale valore è dato dalla somma dell'importo finanziato dalla Regione Emilia-Romagna (importo a programma per gli interventi ancora da approvare e importo di congruità per gli interventi già autorizzati) e dell'importo cofinanziato da assicurazioni, fondi propri o donazioni.

Dopodiché, per correlare i costi al danno subito, sono state reperite le schede di rilievo del danno, fornite dalla *Soprintendenza*. Per ogni chiesa è stato indicato l'indice di danno globale e i livelli di danno rilevati in ogni macroelemento.

¹³² Tabella degli interventi provvisionali indifferibili e urgenti di messa in sicurezza finalizzati a mitigare le conseguenze degli eventi sismici del 20 e del 29 maggio 2012, di cui alle Ordinanze Commissariali n. 18 del 3/08/2012, n. 20 del 7/08/2012, n. 27 del 23/08/2012, n. 37 del 10/09/2012, n. 47 del 25/09/2012, n. 55 del 10/10/2012 e n. 71 del 13/11/2012, N. 82 del 23/11/2012, n.90 del 14/12/2012, n.02 del 15/1/2013, n. 03 del 23/01/2013, n. 9 del 12/02/2013, n.16 del 15/02/2013, n. 32 del 19/03/2013, n. 57 del 10/05/2013, n.77 del 3/07/2013, n. 94 del 01/08/2013, n. 115 del 03/10/2013, n. 137 del 06/11/2013, n.147 del 10/12/2013, n.31 del 22/04/2014, n. 61 del 18/07/2014, n. 80 del 05/12/2014, n. 34 del 21/07/2015, n. 21 del 08/04/2016 e n. 54 del 31/10/2016

¹³³ Nello specifico, sono stati esclusi i seguenti edifici: la Sinagoga Vecchia di Carpi (MO), per la quale è stata impiegata la scheda *Palazze*; la cappella del cimitero di Cortile a Carpi (MO) e la chiesa del cimitero a Piumazzo di Castelfranco Emilia (MO) per le quali è stata impiegata la scheda *Chiese* nonostante appartenenti alla tipologia dei cimiteri. A tal proposito si ribadisce l'importanza di sviluppare schede specifiche per le diverse tipologie architettoniche.

¹³⁴ In alcuni casi il finanziamento si riferisce al solo acquisto di materiale per gli interventi già realizzati dai VVF.

Sempre grazie alle schede di rilievo del danno è stato possibile reperire dati dimensionali sulle strutture analizzate.

Infine, le schede di valutazione economica elaborate dal Gruppo di Validazione sopracitato, hanno fornito informazioni in merito ai costi stimati sia per l'intervento di messa in sicurezza (voce A22.3 - opere di pronto intervento), sia per l'intervento definitivo (somma delle voci A22.1 - opere di ripristino strutturale e A22.2 - opere di finitura, impiantistica e miglioramento sismico). Di seguito sono riportati i grafici ottenuti dall'inserimento di tali dati, confrontando l'indice di danno con i costi al metro cubo, effettivi e stimati, degli interventi di messa in sicurezza e definitivi.

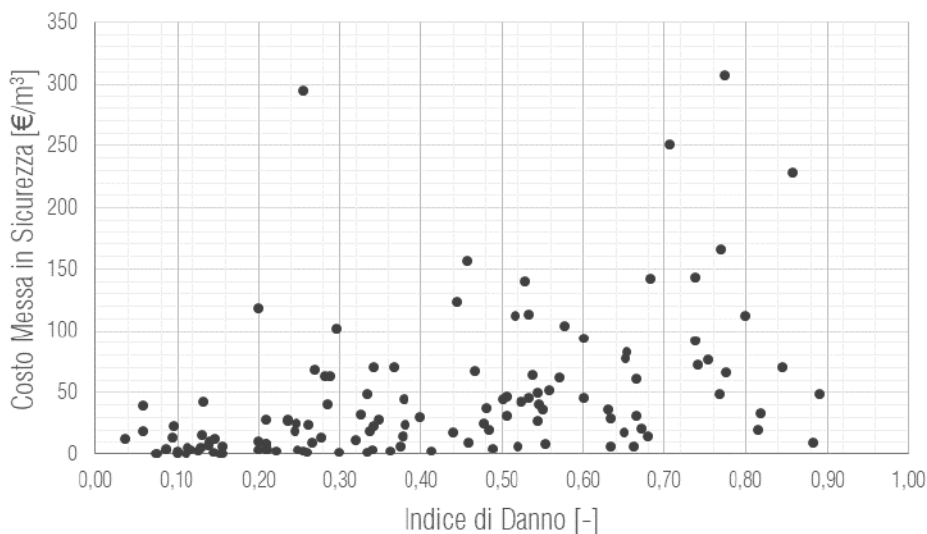


Grafico 1: Confronto tra il costo effettivo della messa in sicurezza (al metro cubo) e l'indice di danno per tutti gli edifici di culto il cui intervento è stato autorizzato tra agosto 2012 e ottobre 2016.

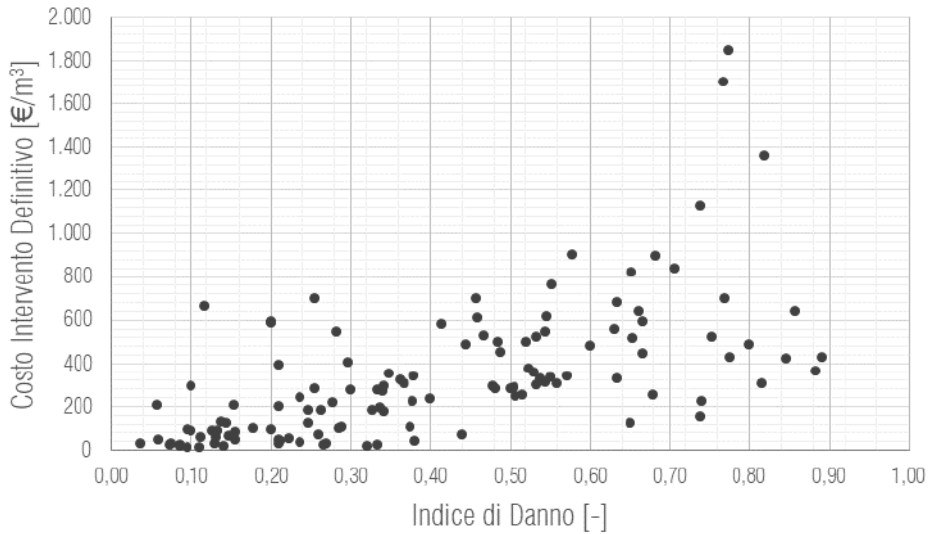


Grafico 2: Confronto tra il costo effettivo dell'intervento definitivo (al metro cubo) e l'indice di danno per tutti gli edifici di culto il cui intervento è stato autorizzato tra agosto 2012 e ottobre 2016.

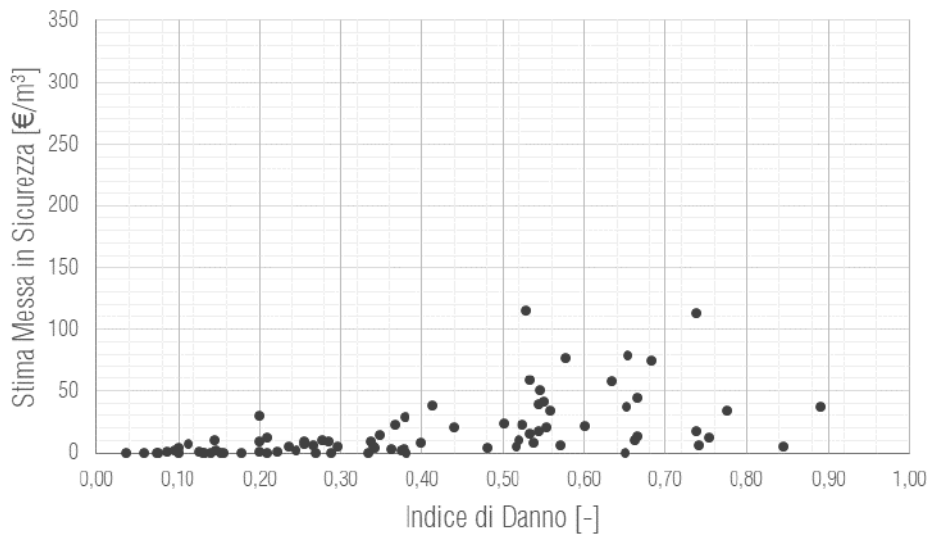


Grafico 3: Confronto tra il costo stimato della messa in sicurezza (al metro cubo) e l'indice di danno per tutti gli edifici di culto il cui intervento è stato autorizzato tra agosto 2012 e ottobre 2016.

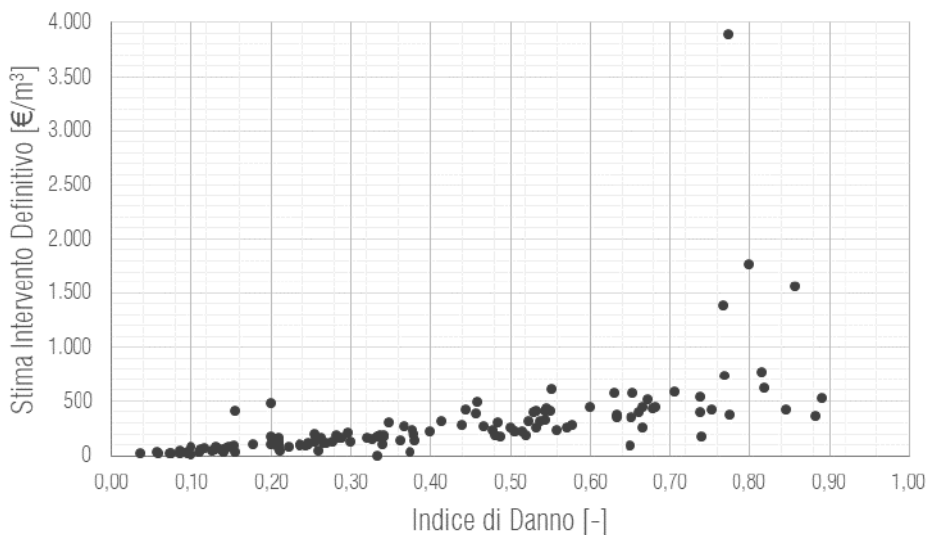


Grafico 4: Confronto tra il costo stimato dell'intervento definitivo (al metro cubo) e l'indice di danno per tutti gli edifici di culto il cui intervento è stato autorizzato tra agosto 2012 e ottobre 2016.

Durante l'inserimento dei dati, sono state riscontrate alcune anomalie e problematiche oltre a qualche imprecisione isolata che ha richiesto la correzione dei valori.

Per quanto riguarda gli importi finanziati per la messa in sicurezza e per l'intervento definitivo, l'approfondimento di alcuni casi ha portato alla ridefinizione degli importi in seguito all'individuazione di errori dovuti a imprecisioni di compilazione del prospetto riassuntivo¹³⁵ (alcuni interventi risultano mancanti) o alla non univoca identificazione dell'edificio (lo stesso edificio può essere chiamato con diversi nomi o localizzato con diversi indirizzi). Ciò lascia presupporre che il censimento delle opere provvisionali non sia completo e preciso. D'altronde l'estrema urgenza con cui si è operato in questa fase lascia poco spazio alla precisione. Si ritiene che le recenti attività di informatizzazione dei dati, geolocalizzazione e identificazione univoca dei Beni Culturali possano contribuire positivamente alla riduzione delle criticità sopracitate, diventando

¹³⁵ Di seguito sono riportati i nominativi delle chiese i cui valori di spesa sono stati corretti in fase di analisi.

Auditorium Ex-Chiesa di San Lorenzo a Cento (FE): l'autofinanziamento iniziale ha fatto sì che i costi finanziati dalla Regione non corrispondano a quelli effettivamente spesi.

Chiesa del Rosario a Finale Emilia (MO): non è stato registrato il costo di alcuni interventi di messa in sicurezza.

un'importante base per futuri censimenti. Inoltre, in merito alle stime economiche, si sottolinea il fatto che spesso la valutazione del costo della messa in sicurezza è assente in quanto già eseguita prima della compilazione della scheda.

Altro errore molto ricorrente risiede nel rilievo dimensionale della fabbrica: spesso le misure risultano mancanti o parziali, talvolta sbagliate. In questi casi dati dimensionali sono stati misurati da planimetrie di progetto, se disponibili, o stimate attraverso il supporto del software commerciale gratuito disponibile online *Google earth*¹³⁶.

Infine, sono state riscontrate numerose problematiche collegate ad errori di compilazione della scheda di rilievo del danno. L'errore più comune è stato quello di indicare come non presenti (NP) macroelementi che, in realtà, sono presenti ma o non hanno subito danno (D0) o sono completamente crollati (D5). A questo si aggiunge disomogeneità nel riconoscimento del livello di danno, in particolare di fronte alle situazioni di crolli parziali (indicati talvolta con D5, talvolta con D4). I livelli di danno non congruenti alla reale condizione della struttura sono stati modificati in seguito ad approfondimenti specifici. Inoltre, non infrequenti sono anche gli errori di calcolo dell'indice di danno complessivo. Nelle analisi condotte il suo valore è stato ricalcolato analiticamente a partire dai diversi livelli di danno rilevati per i singoli meccanismi.¹³⁷ In

¹³⁶ Di seguito sono riportati i nominativi delle chiese i cui valori dimensionali sono stati corretti nella presente Tesi. *Chiesa di San Matteo a Crevalcore* (BO) presenta tutti i valori sovrastimati a causa di un errore nel rilievo dei dati dimensionali (sottostima). Le misure sono state corrette.

Chiesa di San Filippo Neri a Cento (FE) mancava dimensione campanile (ora aggiunta) indice di danno sovrastimato, abbiamo ridotto livelli di danno secondo foto e si riavvicina a media restando leggermente sotto.

Oratorio di San Rocco a Bomporto (MO) presenta un errore di calcolo dell'indice di danno (0,5 invece di 0,2).

Chiesa di San Bartolomeo Apostolo a Medolla (MO) presenta tutti i valori sovrastimati a causa di un errore nel rilievo dei dati dimensionali (sottostima). Le misure sono state corrette.

Chiesa di San Biagio Vescovo e Martire a San Felice sul Panaro (MO) presenta costi di messa in sicurezza e dell'intervento definitivo molto elevati a causa di una sottostima del volume. La chiesa (150mq) si trova inserita all'interno di un complesso più ampio (700mq), il quale è stato oggetto di intervento nella sua interezza.

¹³⁷ Di seguito sono riportati i nominativi delle chiese i cui valori di danno sono stati corretti nella presente Tesi.

Chiesa di Santa Maria Bianca a Concordia sulla Secchia (MO) presenta valori ridotti per la messa in sicurezza e l'intervento definitivo. Si ritiene che la causa sia da ricercarsi nella modalità di compilazione della scheda di rilievo del danno. I livelli di danno indicati portano alla definizione di un indice di danno elevato (0,44) rispetto allo stato fessurativo reale. Riducendo tali valori, si arriva a definire un indice di danno pari a 0,22 che riporta i valori dei costi sostenuti in linea con la media. Di conseguenza, la valutazione economica subisce una sovrastima in quanto calcolata su un indice di danno maggiore.

Chiesa del Gesù a Mirandola (MO) cella crollata segnalata come non presente in realtà è crollata: indice di danno diventa da 0,50 a 0,53

futuro, l'informaticizzazione della procedura permetterà di risolvere sia questo tipo di problematiche sia le difficoltà legate alla leggibilità di alcune schede. Dati corretti sono presentati nell'Allegato A della presente Tesi.

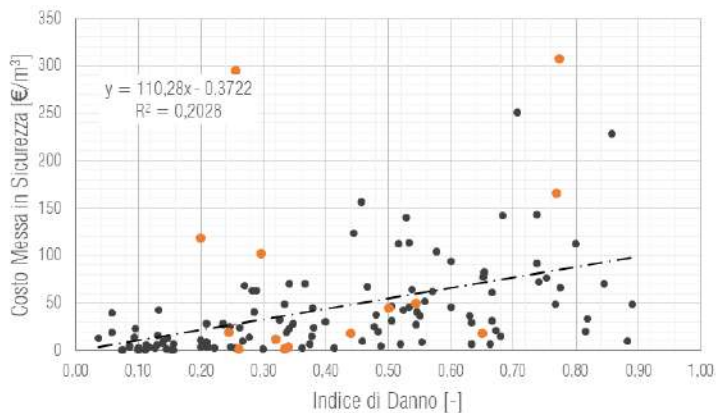
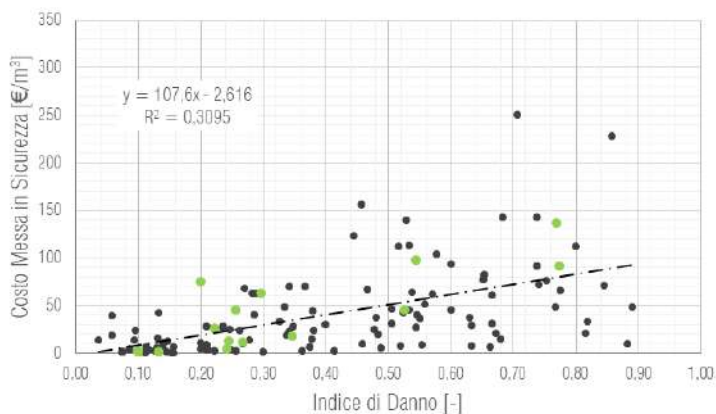


Grafico 5: Correzione dei valori dimensionali, di danno e/o di spesa relativi alla messa in sicurezza degli edifici di culto. Nel grafico in alto sono riportati in rosso i valori originari; nel grafico in basso sono riportati in verde i valori corretti.



Chiesa di San Matteo Apostolo a Modena (MO) presenta tutti i valori sottostimati a causa di errori nella compilazione della scheda. Segnalando la presenza di elementi con danno zero, i costi si riavvicinano alla media seppur leggermente sottostimati.

Chiesa di San Domenico a Modena (MO) presenta tutti i valori sottostimati a causa di errori nella compilazione della scheda. Segnalando la presenza di elementi con danno zero, i costi si riavvicinano alla media seppur leggermente sottostimati.

Chiesa di Santa Maria Annunziata presenta valori alti dovuti a imprecisioni nella compilazione della scheda. Ridefinendo l'indice di danno (da 0,32 a 0,27) i valori si avvicinano alla media.

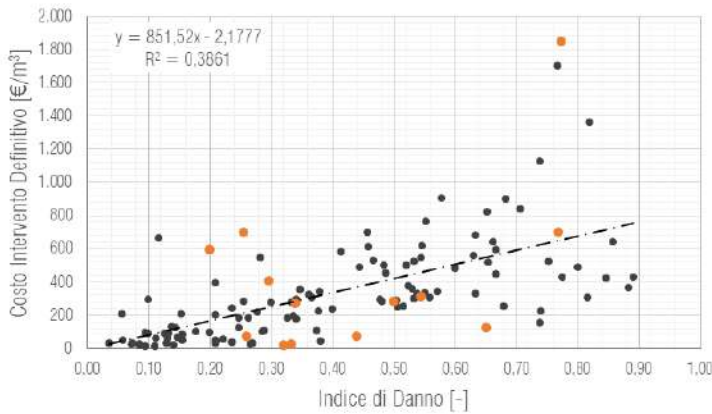
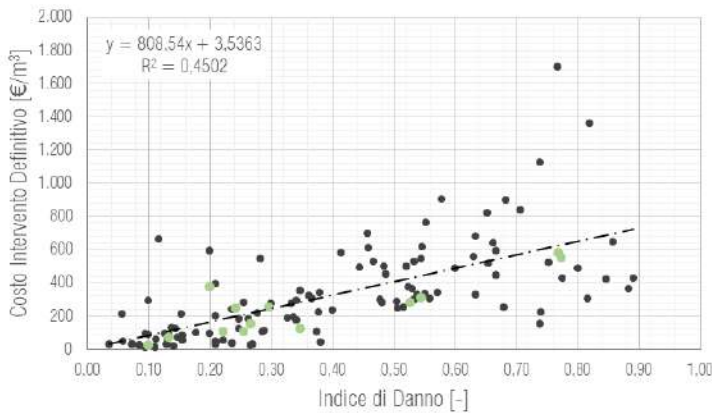


Grafico 6: Correzione dei valori dimensionali, di danno e/o di spesa relativi agli interventi definitivi sugli edifici di culto. Nel grafico in alto sono riportati in rosso i valori originari; nel grafico in basso sono riportati in verde i valori corretti.



Sulla base dei valori così ottenuti, l'indice di danno è stato confrontato con il *costo effettivo* (al metro cubo) degli interventi di messa in sicurezza e degli interventi definitivi. Per ognuno di essi è stata definita una funzione di interpolazione lineare. Si nota che permane una certa dispersione dei punti, sia per la messa in sicurezza che per il consolidamento finale.

Lo stesso confronto è stato fatto tra l'indice di danno e il *costo stimato* (al metro cubo) degli interventi di messa in sicurezza e degli interventi definitivi. Anche in questo caso, per ognuno di essi è stata definita una funzione di interpolazione lineare.

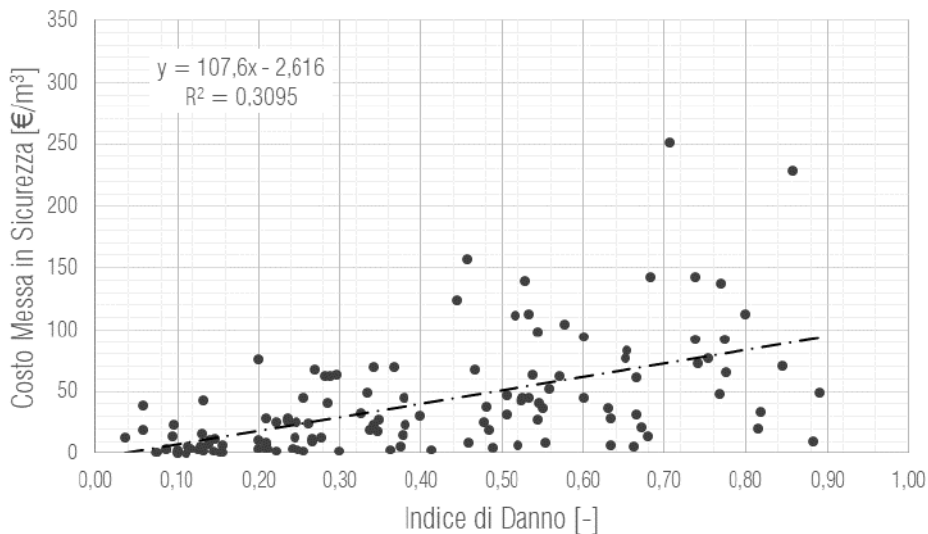


Grafico 7: Confronto tra il costo effettivo della messa in sicurezza (al metro cubo) e l'indice di danno e definizione di una funzione di interpolazione lineare.

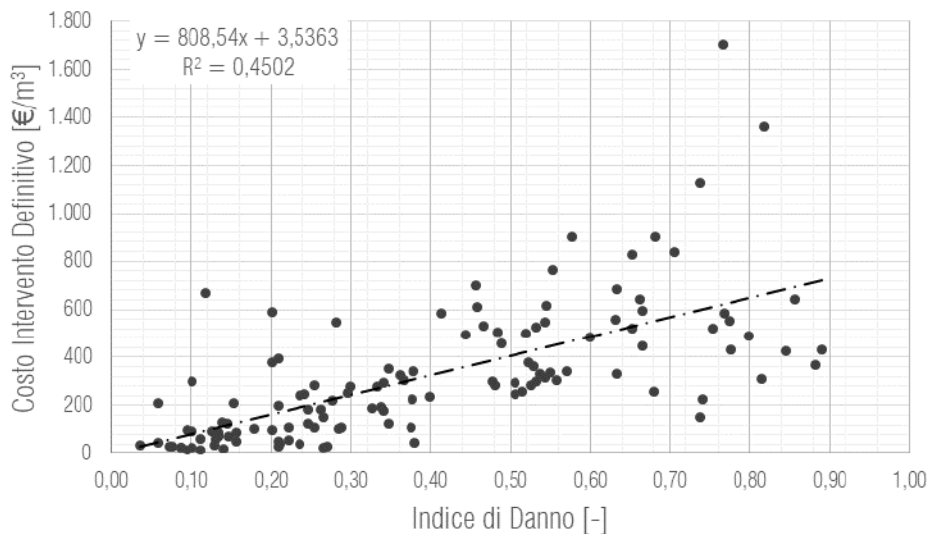


Grafico 8: Confronto tra il costo effettivo dell'intervento definitivo (al metro cubo) e l'indice di danno e definizione di una funzione di interpolazione lineare.

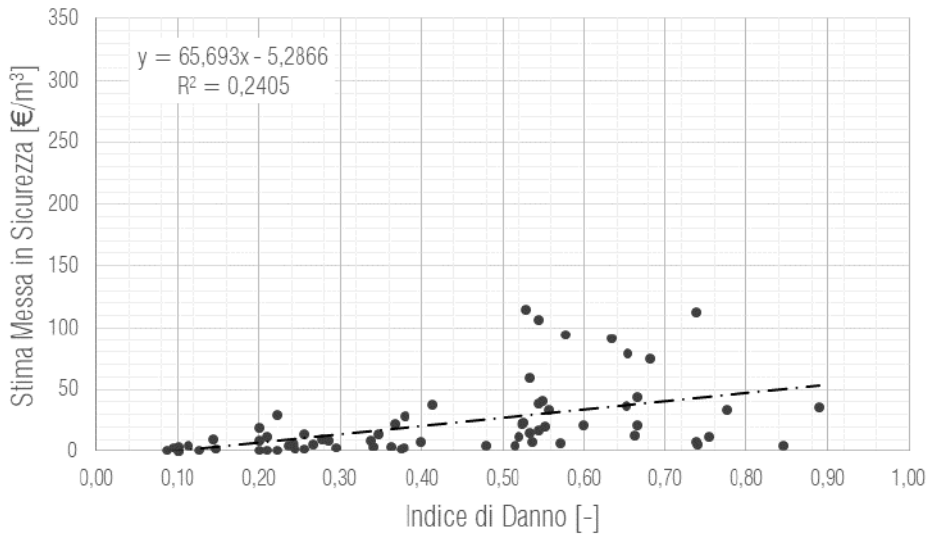


Grafico 9: Confronto tra il costo stimato della messa in sicurezza (al metro cubo) e l'indice di danno per tutti gli edifici di culto il cui intervento è stato autorizzato tra agosto 2012 e ottobre 2016.

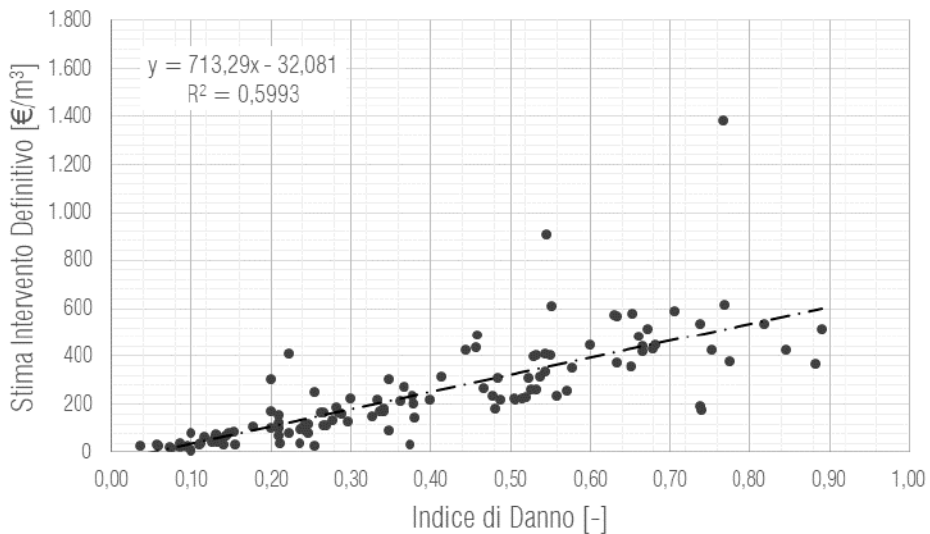


Grafico 10: Confronto tra il costo stimato dell'intervento definitivo (al metro cubo) e l'indice di danno per tutti gli edifici di culto il cui intervento è stato autorizzato tra agosto 2012 e ottobre 2016.

Per quanto riguarda gli ultimi grafici, riferiti ai valori stimati, si nota una minore dispersione dei punti rispetto ai grafici precedenti in quanto tali valori sono stati stimati in modo omogeneo in funzione dell'indice di danno rilevato. Il numero ridotto delle stime relative alla messa in sicurezza è dovuto al fatto che in molti casi il loro costo era nullo o non presente (solo in pochi casi è stato precisato che le opere provvisorie erano già state eseguite dai VVF). Il numero esiguo di punti ottenuti, più dispersi rispetto a quelli relativi alla stima degli interventi definitivi, rende tale grafico meno significativo.

Di seguito sono riportati i grafici ottenuti confrontando il costo stimato (al metro cubo) con il costo effettivo (sempre al metro cubo) degli interventi di messa in sicurezza e degli interventi definitivi. La linea tratteggiata ($y=1$) indica la coincidenza tra i valori del costo stimato e di quello sostenuto. Si nota che, in media, quest'ultimo risulta superiore alla previsione di spesa. Ciò vale soprattutto per la messa in sicurezza il cui costo effettivo è spesso molto distante da quello stimato, raggiungendo valori anche 20 volte superiori. Il rapporto tra il costo complessivo sostenuto per mettere in sicurezza le chiese danneggiate e la sua stima risulta pari a 1,82.¹³⁸ La discordanza tra costi sostenuti e costi stimati si riduce per gli interventi definitivi: in generale, i costi effettivi sono simili al costo stimato (tendenzialmente non superano il doppio del costo stimato) e i punti sono meno dispersi, fatta eccezione per gli indici di danno più bassi. Il rapporto tra il costo complessivo sostenuto per ripristinare le chiese danneggiate e la sua stima risulta pari a 1,4.

L'obiettivo di queste analisi è quello di individuare una curva dei costi ottimizzata da impiegare in futuro sia per la stima che per il controllo degli importi. A tal fine è importante analizzare quanto successo in passato: l'esperienza emiliana offre un ampio repertorio di dati, dagli interventi economicamente efficaci a quelli particolarmente onerosi. Indagandone la motivazione, è possibile individuare criteri che permettano di ottimizzare gli interventi anche dal punto di vista economico. Per questo si ricercano valori di spesa media e si cerca di capire cosa sia successo nei casi in cui si è speso molto di più o molto di meno.

¹³⁸ Tale valore è ottenuto considerando i casi per i quali è stato indicato un importo, anche pari a zero.

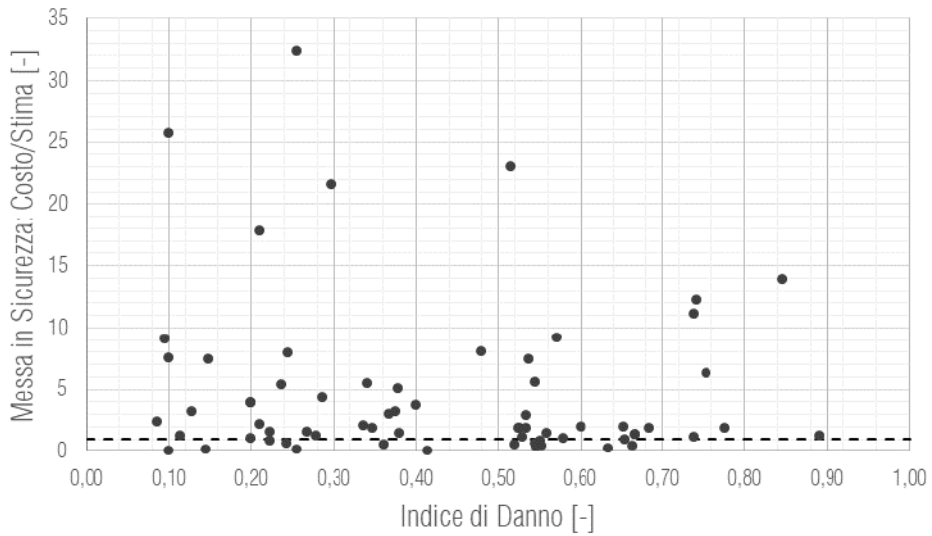


Grafico 11: Confronto tra il costo stimato (al metro cubo) e il costo effettivo (al metro cubo) dell'intervento di messa in sicurezza.

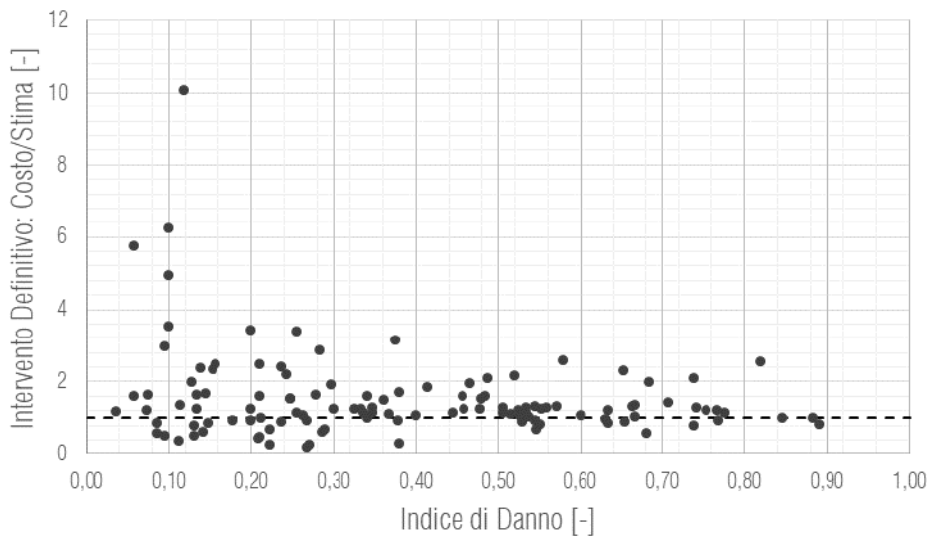
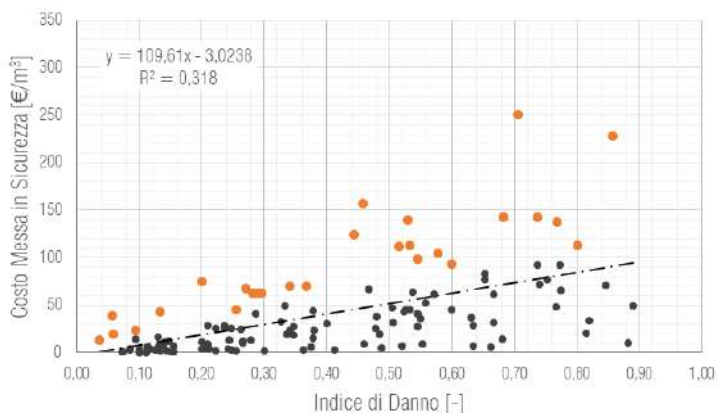
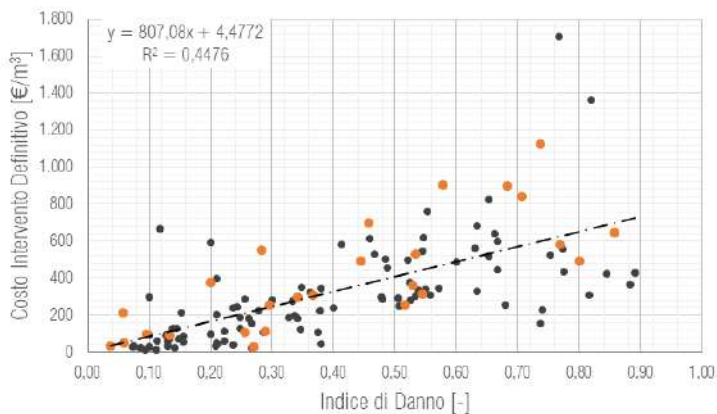


Grafico 12: Confronto tra il costo stimato (al metro cubo) e il costo effettivo (al metro cubo) dell'intervento definitivo.

Pertanto, definiti i grafici precedenti e le loro funzioni di interpolazione lineare, sono stati indagati i punti maggiormente discordanti con i valori medi. Una prima analisi ha preso in considerazione i casi la cui messa in sicurezza è risultata avere un valore apparentemente alto (più del 30% rispetto alla media indicata dalla linea di tendenza dei grafici prima indicati). Tuttavia, considerando tali casi nel loro complesso non sembra emergere alcuna correlazione tra il costo dell'intervento definitivo e il costo elevato della messa in sicurezza.



*Grafico 13:
Individuazioni dei casi in cui l'intervento di messa in sicurezza ha avuto un costo elevato e confronto con i rispettivi costi dell'intervento di consolidamento definitivo.*



Si è dunque provato a valutare l'influenza del volume. Nei grafici di seguito riportati, i punti in rosso rappresentano le chiese di piccole dimensioni (escludendo quelle con volume molto piccolo) mentre quelli in blu indicano le fabbriche di maggiore volume.

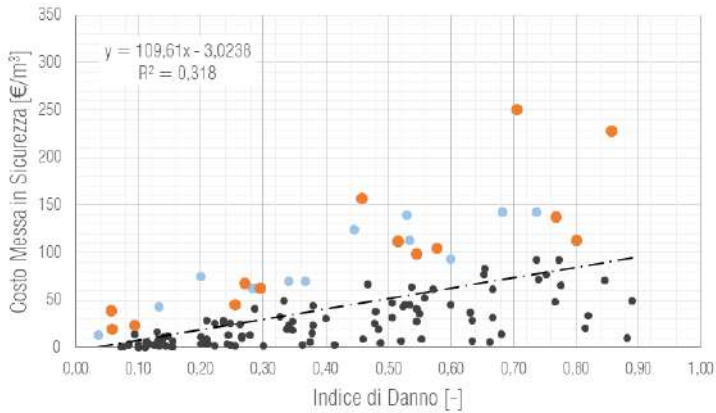
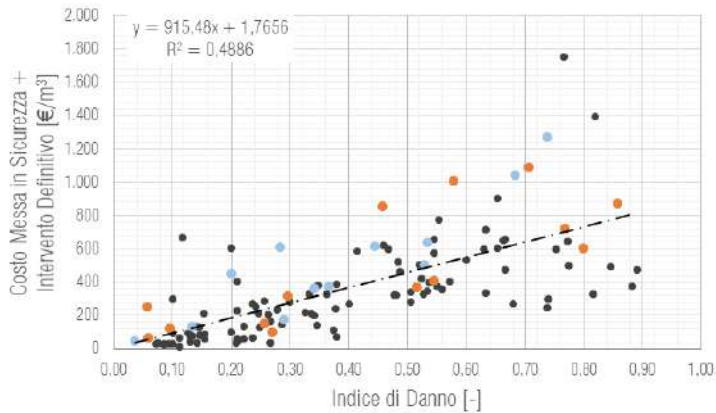
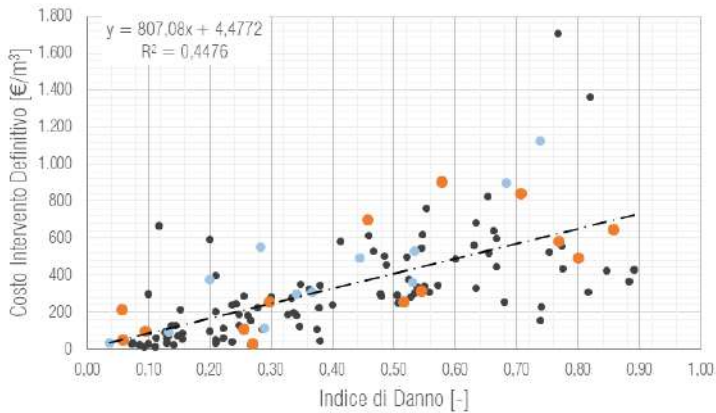
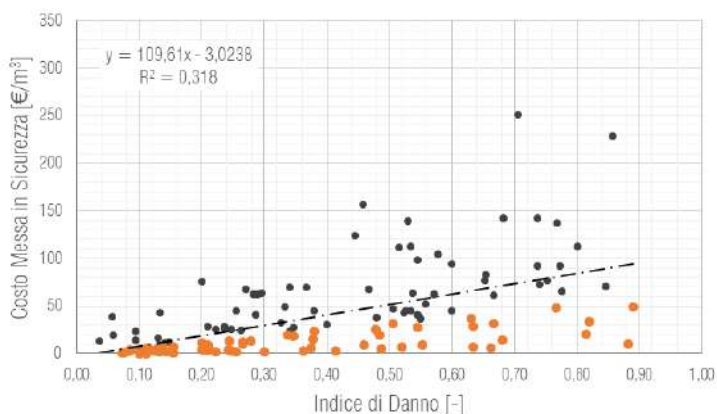


Grafico 14: Individuazioni dei casi in cui l'intervento di messa in sicurezza ha avuto un costo elevato e distinzione tra i casi in cui il fabbricato ha volume inferiore alla media (in rosso) e quelli in cui ha un volume superiore (in blu). Successivi confronti con i rispettivi costi dell'intervento di consolidamento definitivo (grafico centrale) e della sommatoria dei valori di spesa di tutti gli interventi realizzati sul fabbricato in seguito al sisma 2012 (grafico in basso).

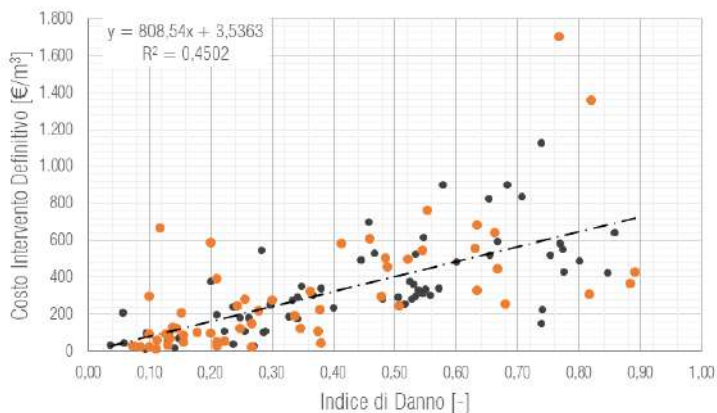


Anche se si considera tale distinzione, non si nota nessuna correlazione dato che i costi dei rispettivi interventi definitivi restano dispersi, posizionandosi talvolta al di sopra della media, talvolta al di sotto della media o talvolta nella media stessa.

Di conseguenza, si suppone che il costo elevato di alcuni interventi provvisionali non sia imputabile solo a questioni volumetriche ma anche ad altri fattori quali, ad esempio, la tecnica impiegata o il pregio artistico e il valore culturale della fabbrica (il tema sarà approfondito nel cap.3). In questi casi, dunque, non sussiste una consuetudine: pertanto si rende necessaria l'analisi del singolo caso, al fine di valutare se esso vada considerato o meno per la definizione di una curva di stima dei costi valida per la valutazione economica di futuri interventi post-sisma.



*Grafico 15:
Individuazioni dei casi in cui l'intervento di messa in sicurezza ha avuto un costo ridotto e confronto con i rispettivi costi dell'intervento di consolidamento definitivo.*



La stessa analisi è stata condotta per i casi la cui messa in sicurezza è risultata avere un valore apparentemente basso (meno del 70% rispetto alla media indicata dalla linea di tendenza dei grafici sopra indicati). Anche in questo caso, considerando i punti nel loro complesso, non sembra emergere alcuna correlazione tra il costo dell'intervento definitivo e il costo ridotto della messa in sicurezza.

Tale correlazione emerge invece se i casi considerati vengono divisi in funzione del volume. Nei grafici di seguito riportati, i punti in rosso rappresentano le chiese di piccole dimensioni mentre quelli in blu indicano le fabbriche di maggiore volume.

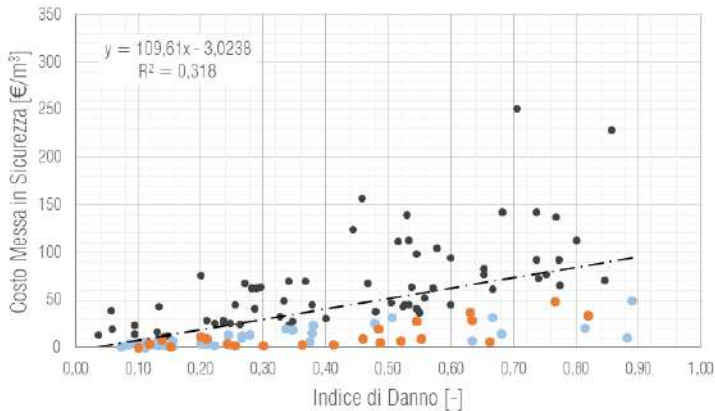
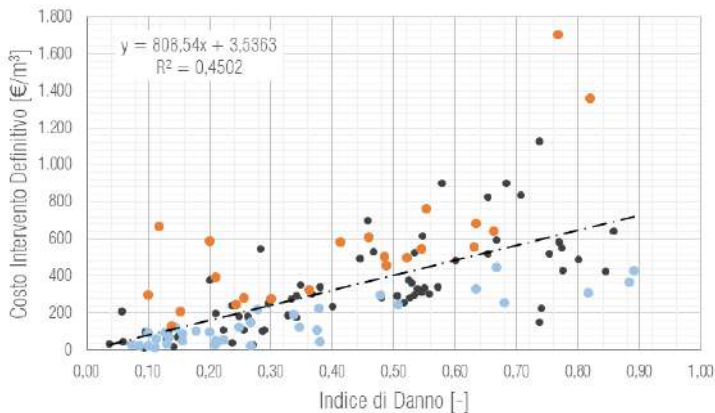


Grafico 16: Individuazioni dei casi in cui l'intervento di messa in sicurezza ha avuto un costo ridotto e distinzione tra i casi in cui il fabbricato ha volume inferiore alla media (in rosso) e quelli in cui ha un volume superiore (in blu). Successivo confronto con i rispettivi costi dell'intervento di consolidamento definitivo (grafico centrale) e della sommatoria dei valori di spesa di tutti gli interventi realizzati sul fabbricato in seguito al sisma 2012 (grafico in basso).



Si nota che le costruzioni più grandi presentano importi bassi non solo per la messa in sicurezza ma anche per l'intervento definitivo. Si deduce allora che i grandi edifici possano presentare una riduzione dei costi a metro cubo rispetto alla media (si veda paragrafo successivo). Viceversa, le chiese di minor volume presentano costi di intervento definitivo molto elevati a fronte di una spesa estremamente ridotta per l'intervento di messa in sicurezza. In questi casi, si suppone che le opere provvisorie siano state ridotte al minimo. Ciò non ha permesso né di proteggere il bene, evitando l'evoluzione del danno e l'insorgenza di nuove problematiche legate all'abbandono temporaneo, né l'agevolazione delle successive attività di intervento definitivo. Di conseguenza, in tali situazioni, l'intervento di ripristino strutturale è stato molto più oneroso. Si suppone che tali costi avrebbero potuto essere inferiori se, come negli altri casi, fossero state intraprese fin da subito le opportune operazioni di messa in sicurezza a protezione del bene. Si sconsiglia dunque di adottare questa strategia in futuro, in quanto evitare l'intervento in fase emergenziale non comporta una reale riduzione dei costi sul lungo periodo. Pertanto, si ritiene necessario escludere questi casi al fine della definizione di una curva che possa guidare la stima dei costi per i futuri interventi post-sisma.

In questo modo, attraverso la correzione di alcuni errori nelle dimensioni, negli importi e/o nel rilievo del livello di danno e in seguito all'esclusione di alcuni casi ritenuti poco esemplificativi alla luce delle riflessioni sopra esposte, si ottengono i seguenti grafici rappresentativi dei costi post-sisma 2012 per gli interventi di messa in sicurezza e di consolidamento definitivo.

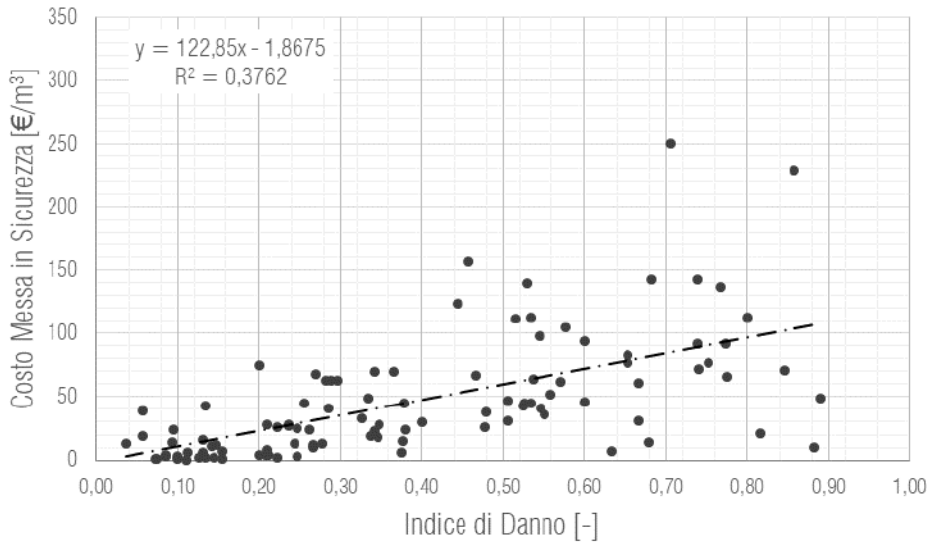


Grafico 17: Confronto tra il costo effettivo della messa in sicurezza (al metro cubo) e l'indice di danno dei casi rappresentativi del sisma 2012.

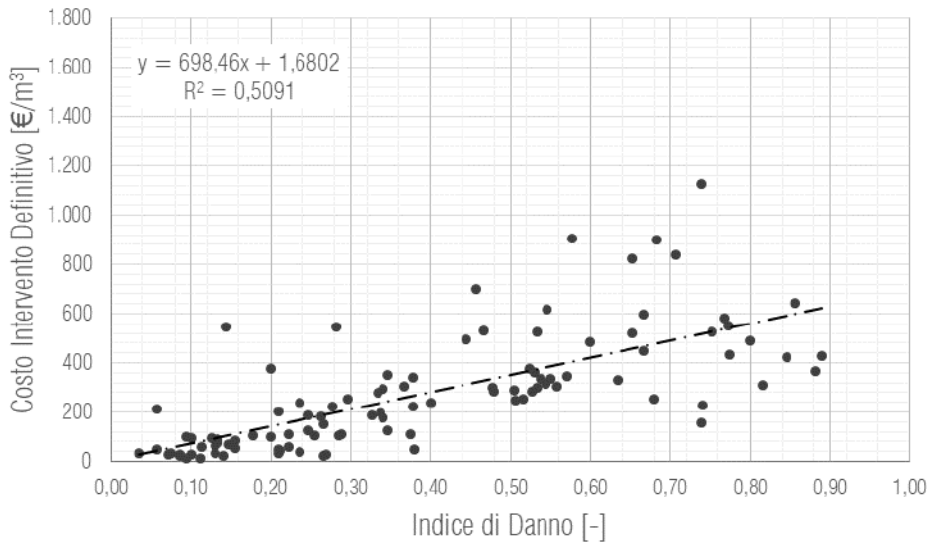


Grafico 18: Confronto tra il costo effettivo dell'intervento definitivo (al metro cubo) e l'indice di danno dei casi rappresentativi del sisma 2012.

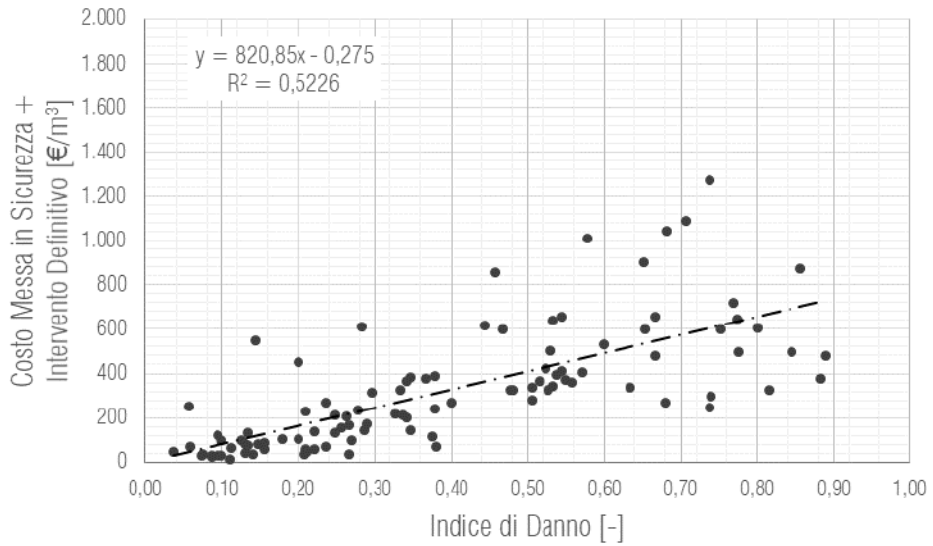


Grafico 19: Confronto tra il costo effettivo dell'a spesa complessiva (al metro cubo) e l'indice di danno dei casi rappresentativi del sisma 2012.

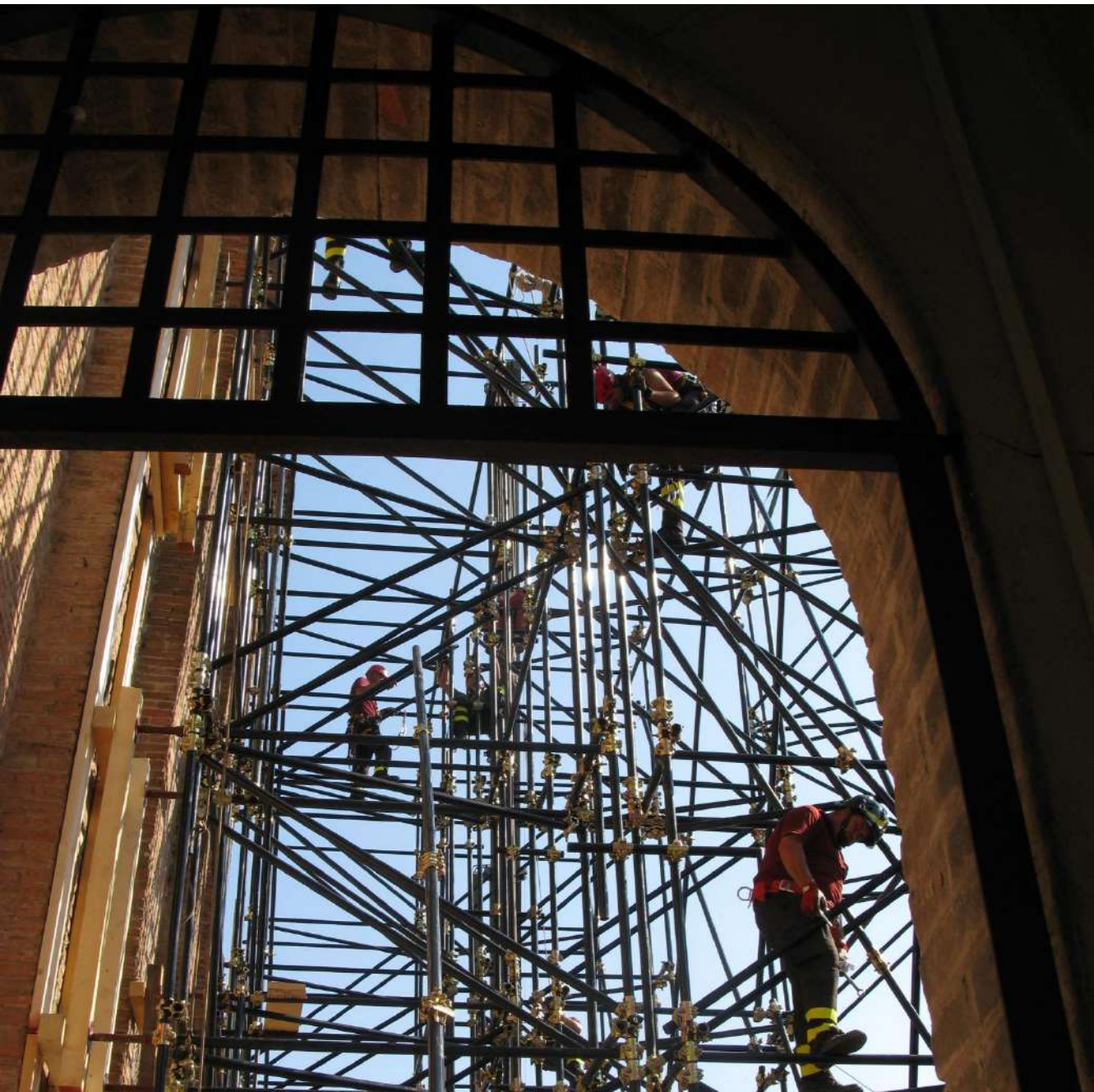
PARTE 3

ANALISI DELLE TECNICHE

CASI STUDIO DAL SISMA 2012

Ambarabacicocò...

Gli aspetti più critici nelle operazioni di messa in sicurezza riguardano la scelta della tipologia di intervento. I maggiori terremoti hanno spinto l'avanzamento delle tecniche fino ad arrivare ai giorni nostri, in cui l'uso di nuovi materiali, nuovi sistemi e nuove attrezzature offre un'ampia scelta d'intervento: puntelli, telai, cerchiature, tiranti... legno, acciaio, materiali compositi... Come scegliere allora tra tutte queste possibilità?



Messa in sicurezza della facciata della Chiesa di San Francesco d'Assisi a Mirandola (MO).

1 LE OPERE PROVVISORIALI

Ogni evento sismico di grande entità, sebbene catastrofico, ha rappresentato un'occasione per compiere un nuovo, anche se magari piccolo, passo nello sviluppo delle tecniche di messa in sicurezza, e un incentivo alla ricerca di tecnologie e metodologie sempre più efficaci per arginare i danni prodotti. Dai primi puntelli in legno, si arriva ai giorni nostri in cui l'uso di nuovi materiali, di nuovi sistemi e di nuove attrezzature offrono sempre maggiore possibilità di scelta.

1.1 CENNI STORICI

Le opere di messa in sicurezza trovano, più o meno consapevolmente, antiche origini nei sistemi di puntellamento in legno. Le prime testimonianze relative all'uso di puntelli per mettere in sicurezza edifici danneggiati dal sisma si trovano nelle cronache del terremoto della Valtiberina del 1789.

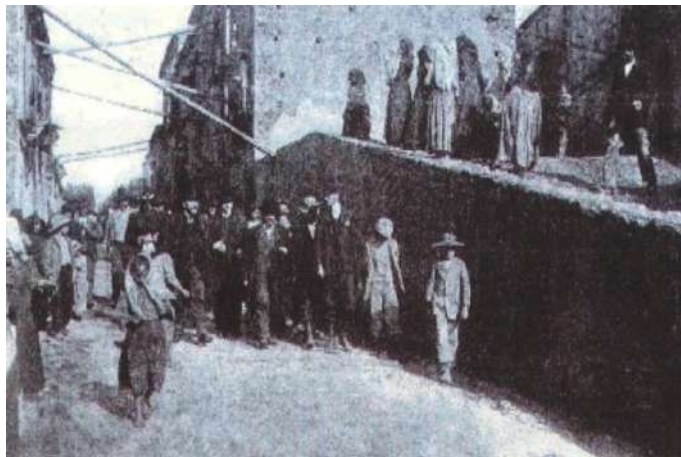


Figura 1: Terremoto di Messina e Reggio Calabria del 28 dicembre 1908 - (Grimaz, 2010, p. 22)

“La Casa dell’Oratore ha sofferto moltissimo, e per rendersi alla meglio sicuro ha riparato provvisionalmente con de’ puntelli.”¹³⁹

Da allora, altre fonti storiche risalenti a eventi sismici successivi (1908 Messina, 1915 Avezzano, 1930 Aquilonia e Lacedonia, 1968 Belice) si riferiscono ai puntelli in legno come unica tipologia di opere provvisionali adottata in fase emergenziale. D'altronde,

¹³⁹ (Grimaz, 2010, p. 21)

fino a qualche decennio fa, i manuali e le dispense didattiche a disposizione dei VVF, cui spettava il compito di realizzare i presidi di sicurezza, offrivano solo questa soluzione. Tiranti e cerchiature erano tecniche ben note all'epoca ma impiegate solo nelle fasi successive di consolidamento definitivo operate da imprese edili.

Figura 2: Puntellature di ritegno nel terremoto del Friuli 1976. Le puntellature sono costruite assemblando gli elementi in loco, in precarie condizioni di sicurezza.



Un primo tentativo di innovazione viene fatto nel 1976, in Friuli, quando per la prima volta una squadra di soccorso fa ricorso a un sistema di tiranti metallici e travi in legno per rinforzare

un edificio danneggiato dal sisma a Gemona. Ma ancora i tempi non sono maturi: l'uso dei puntelli lignei continua nel terremoto dell'Irpinia e Basilicata (1980) dove, tra l'altro, la difficoltà di approvvigionamento del materiale obbliga a reperire sul posto elementi il legno eterogenei generando grande disomogeneità nella realizzazione dei presidi.¹⁴⁰ D'altronde, spesso non si aveva neppure un'adeguata padronanza delle tecniche e, inconsapevolmente, si realizzavano opere inefficaci se non addirittura pericolose.¹⁴¹

È nel 1997, con il terremoto che colpì l'Umbria e le Marche, che alla tecnica dei puntelli si affianca quella della cerchiatura con cavi di acciaio e fasce in poliestere, usata dai nuclei specialistici VVF-SAF (Soccorso Speleo Alpino Fluviale) per mettere in sicurezza le strutture alte (torri campanili e ciminiere) operando in quota con autoscafe e piattaforme. In quest'occasione emergono anche i primissimi tentativi di utilizzare i

¹⁴⁰ (Grimaz, 2010, p. 23)

¹⁴¹ (Dolce, et al., 2004, p. 1-2) - A tal proposito, molti esempi si possono ritrovare nelle opere provvisorie realizzate in seguito al terremoto del 1997: puntelli in legno a contrasto che, non poggiando sugli incroci murari, incrementano la vulnerabilità sismica della struttura prospiciente; mancanza di collegamenti tra la struttura di supporto e il muro supportato perdendo di efficacia spostandosi sotto l'azione sismica o provocano fenomeni di martellamento danneggiando la struttura; puntelli eccessivamente snelli e privi di controvento rischiano di non essere in grado di svolgere la loro funzione.

materiali fibro-rinforzati, di recentissima introduzione, nel campo della messa in sicurezza: fasce di carbonio in doppio strato vengono qui utilizzate per evitare il crollo dei cantonali danneggiati soggetti all'azione spingente della copertura. Il terremoto abruzzese del 2009 vedrà un maggiore coinvolgimento dei sistemi in FRP e SRG.

Nel frattempo si inizia ad approfondire il tema: arrivano le prime pubblicazioni¹⁴² che riportano confronti tra il comportamento dei sistemi di puntellamento e quelli di cerchiatura metallica sotto l'azione sismica. Fino a quel momento infatti i presidi di sicurezza venivano concepiti senza tener conto del contesto sismico: anche quelli realizzati per rinforzare una struttura danneggiata da un sisma, erano progettati in condizioni statiche, trascurando i possibili effetti dinamici generati dallo sciame sismico oltre che le difficoltà realizzative connesse alle precarie condizioni di sicurezza tipiche della fase emergenziale. Si inizia a riconoscere le criticità dei puntelli in legno (grandi ingombri degli spazi prospicienti la struttura, difficoltà di realizzazione, impossibilità di riutilizzare il materiale, perdita di efficacia di fronte a nuove scosse e deterioramento del materiale nel tempo) e ad incentivare l'uso delle cerchiature, a cui prima si ricorreva solo se il contesto rendeva impossibile la realizzazione dei puntelli (per mancanza di strutture di contrasto o per eccessiva altezza da terra), riconoscendone gli indubbi vantaggi: minor ingombro, efficaci anche nei confronti di nuove scosse e potenzialmente integrabili nell'intervento definitivo¹⁴³.

Consolidamento con l'uso di tiranti metallici	Consolidamento con l'uso di puntelli in legno
Funziona a trazione	Funziona a compressione
Non altera le forze del sisma	Raddoppia le forze del sisma ($F_{\text{puntello}} = F_{\text{sisma}} / \sin 30^\circ = 2 F_{\text{sisma}}$)
Realizza un vincolo bilaterale	Realizza un vincolo unilaterale
Non provoca effetto di martellamento	Provoca effetto di martellamento
È calcolabile l'intensità delle forze applicate	Non è calcolabile l'intensità delle forze applicate
È economico	Costa mediamente il 300% in più
È rapido	È laborioso
Non cambia assetto	Può cambiare l'assetto durante il sisma
È durevole nel tempo	Si altera nel tempo

Figura 3: tabella comparativa tra il consolidamento con l'uso di tiranti metallici e quello con l'uso di puntelli in legno. (Grimaz, 2010, p. 25)

¹⁴² (Giacomo Di Pasquale, 1999)

¹⁴³ (Dolce, et al., 2004, p. 2)

Le raccomandazioni sopraccitate trovano applicazione nel terremoto del Molise (2002) dove l'intervento dei VVF ha interessato prevalentemente la messa in sicurezza di alcune torri campanarie, attraverso tecniche di cerchiaggio con tiranti in acciaio o fasce in poliestere e raramente con puntelli lignei. In questa occasione, al lavoro di messa in sicurezza dei VVF si affianca, pur senza interagire, quello della *Soprintendenza* la quale, operando sulle chiese, oltre ad utilizzare le tecniche dei puntelli in legno e dei tiranti in acciaio, introduce un nuovo sistema di puntellamento, quello con cavalletti metallici prefabbricati o strutture a giunto-tubo.¹⁴⁴ La tecnica appare interessante poiché introduce il principio della standardizzazione e della modularità. Pone tuttavia diverse problematiche, soprattutto in merito al costo elevato del noleggio. Non per nulla, a crisi sismica esaurita, una delle prime richieste del Commissario Delegato preposto alla gestione dell'emergenza molisana, è stata quella di effettuare una ricognizione generale degli interventi provvisori per valutarne la necessità della permanenza nel tempo.¹⁴⁵

Progressivamente, la manualistica e i corsi di formazione sul tema, portano verso la definizione di procedure progettuali e realizzative standard, fornendo schemi adattabili alle diverse situazioni. I concetti di modularità e standardizzazione entrano a far parte del settore delle opere provvisorie e l'idea di poter riusare i presidi urgenti, anche come



elementi di consolidamento definitivo, affiora in superficie trovando però solo rare applicazioni. Il tema sembra dunque offrire molti spunti per ulteriori elaborazioni finalizzate al miglioramento delle tecniche attuali se non all'introduzione di nuove soluzioni.

Figura 4: Puntello di ritegno in tubi e giunti nel terremoto del Molise del 2002.

¹⁴⁴ (Cifani, Lemme, & Podestà, 2005)

¹⁴⁵ (Lemme & Podestà, 2004) – L'indagine, finalizzata alla riduzione del costo di noleggio dei ponteggi, ha prodotto per ogni chiesa, una scheda contenente le indicazioni tipologiche del bene, la descrizione del danno, la descrizione della puntellatura eseguita, l'efficacia della puntellatura in relazione ai meccanismi di collasso possibili e attivati, la necessità di conservare la puntellatura in relazione al danno compresa l'eventuale rimozione totale/parziale.

1.2 SOLUZIONI TIPOLOGICHE

Storicamente, le opere provvisionali venivano classificate dai manuali del DPC come puntellamenti, tirantature e cerchiature¹⁴⁶. In realtà, le possibilità sono molto più numerose: di seguito, sono elencate le tecniche attualmente disponibili per la messa in sicurezza di edifici danneggiati, tratte dall'esperienza emiliana del 2012 e da altri interventi realizzati in tempi e luoghi diversi. Tali tecniche sono classificabili in diverse categorie, in funzione dell'obiettivo e delle sollecitazioni, e declinabili in varie tipologie, in funzione del materiale.

CATEGORIA	TECNICA	TIPOLOGIA
OPERAZIONI PRELIMINARI	Prevenzione	Transennamenti
		Monitoraggio
	Rimozione	Rimozione parti pericolanti
		Rimozione macerie
SISTEMI A TELAIO	Struttura a telaio	Telaio in legno
		Telaio in acciaio
		Telaio tubi e giunti
SISTEMI A COMPRESSIONE	Puntelli di ritegno/contrasto	Puntello in legno
		Puntello in acciaio
	Puntello di sostegno	Puntello in legno
		Puntello in acciaio
	Contrafforti	Contrafforte in muratura
		Contrafforte in acciaio
		Contrafforte in cemento
	Centinatura	Centine in legno
		Centine con tubi e giunti

¹⁴⁶ (Dolce, et al., 2004, p. 4)

ANALISI DELLE TECNICHE

CATEGORIA	TECNICA	TIPOLOGIA
SISTEMI A TRAZIONE	Stralli	Stralli con cavi in acciaio
	Catene	Catene in acciaio
	Cerchiatura	Cerchiatura con profili in acciaio
		Cerchiatura con cavi in acciaio
		Cerchiatura con fasce in poliestere
	Cerchiatura con materiale fibrorinforzato	
SISTEMI DI CONFINAMENTO	Cerchiatura di confinamento	Cerchiatura di confinamento in acciaio
		Cerchiatura di confinamento con fasce in poliestere
		Cerchiatura di confinamento con materiale fibrorinforzato
	Confinamento	Incamicatura in legno e acciaio
Placcaggio con materiale fibrorinforzato		
SISTEMI DI IRRIGIDIMENTO	Sbadacchiatura	Sbadacchiatura in legno
		Tamponatura in muratura
		Telaio in acciaio
	Ripristino continuità muraria	Scuci e cucì, stuccature e/o iniezioni
		Sigillatura a proiezione mediante robot
	Cucitura armata	
SISTEMI DI PROTEZIONE	Chiusura dei setti murari	Tamponamento in legno
		Tamponamento in muratura
	Chiusura della copertura	Revisione copertura
		Copertura provvisoria in legno
		Copertura provvisoria in acciaio
	Copertura provvisoria in PVC	
OPERE D'ARTE	Protezione	Protezione opere d'arte fisse
		Sgombero opere d'arte mobili
	Ripristino	Consolidamento opere d'arte danneggiate
	Recupero frammenti	

2 L'INTERVENTO DI MESSA IN SICUREZZA

“Il concetto di meccanismo, inteso come tracciato evolutivo e al tempo stesso tratto identificate di una patologia, lega fortemente l’anamnesi, ossia il riconoscimento della parte già percorsa dal meccanismo, alla diagnosi, intesa come individuazione del meccanismo stesso e riconoscimento del suo attuale livello di avanzamento e infine alla prognosi, ossia alla previsione di evoluzione del meccanismo stesso.”¹⁴⁷

Questo presupposto, valido per l'intervento definitivo così come per la messa in sicurezza, permette di far discendere la scelta della soluzione di consolidamento, temporanea o definitiva che sia, dall'analisi dei dissesti.¹⁴⁸

Tuttavia, l'attuale schedatura non considera a fondo queste potenzialità, restando alquanto generica nella parte relativa alla progettazione e alla valutazione economica degli interventi di messa in sicurezza. Dopo il percorso guidato di rilievo del danno, la scheda propone un elenco di possibili provvedimenti di pronto intervento (A20 - Provvedimenti di Pronto intervento suggeriti), lasciando uno spazio bianco in cui il rilevatore deve indicare gli interventi di messa in sicurezza che ritiene necessari (A21.3 - Descrizione opere di pronto intervento).

A₂₀ - PROVVEDIMENTI DI P.I. SUGGERITI (* interventi limitati ** interventi estesi)

	PROVVEDIMENTI	*	**		PROVVEDIMENTI	*	**
1	Revisione manto di copertura	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	8	Ripristino smaltimento delle acque meteoriche	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	Copertura provvisoria	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	9	Monitoraggio	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	Puntellamenti	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	10	Protezioni o consolidamenti su opere d'arte fisse	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	Rimozione delle macerie	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	11	Catalogazione e smontaggio delle parti pericolanti	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	Transennamenti / recinzioni / protezioni	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	12	Sgombero opere d'arte mobili	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	Consolidamenti localizzati	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	13	Raccolta sistematica dei frammenti	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	Messa in opera di cerchiatura e/o tiranti	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	14	Ricovero e protezione dei frammenti	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Figura 5: estratto della scheda di rilievo del danno Modello A-DC relativo alla parte di scelta dei provvedimenti di pronto intervento.

¹⁴⁷ (Doglioni, Moretti, & Petrini, 1994, p. 9)

¹⁴⁸ D'altronde, è proprio della metodologia del Restauro il far discendere l'intervento dalla conoscenza approfondita dell'oggetto.

La scelta risulta così scollegata dall'analisi prima condotta sul quadro fessurativo, confidando nella sola capacità del rilevatore di identificare la soluzione migliore in considerazione di una molteplicità di fattori: lo stato di danneggiamento dell'edificio, le condizioni del sito, le scelte di intervento futuro, i costi di realizzazione, solo per citarne alcuni. L'operazione risulta così di grande complessità, assolutamente non immediata e, spesso, non riesce a raggiungere il massimo dell'efficacia. Di conseguenza, alcuni interventi sembrano talvolta eccessivi, inappropriati, poco efficaci, dispendiosi, irrispettosi del bene, in generale poco ottimizzati.

Si percepisce dunque l'esigenza di una progettazione più accurata delle opere provvisorie, che riesca a considerare tutti gli aspetti coinvolti, presenti e futuri, tecnici ed economici, in grado di mettere a frutto tutte le potenzialità di questi interventi ed evitare sprechi di risorse, in termini di tempo e costi.

I manuali tecnici dei VVF hanno ottimizzato i principali interventi di messa in sicurezza rispetto al passato ma restano però incentrati più che altro sugli aspetti operativi, di progettazione e realizzazione delle singole tecniche, tralasciando una valutazione complessiva dell'intervento più consona al caso specifico. Uno dei primi tentativi nel definire una metodologia scientifica di scelta dell'opera provvisoria è avvenuto a seguito al sisma del 2002 in Molise. Dall'analisi di 49 edifici messi in sicurezza, si è cercato di ottimizzare l'intervento in funzione della tipologia della costruzione, del meccanismo di collasso, delle condizioni ambientali al contorno, del livello di protezione auspicato e della finalità dell'opera di messa in sicurezza.¹⁴⁹ In seguito gli studi sono proseguiti con il terremoto aquilano del 2009.¹⁵⁰

Anche l'esperienza emiliana offre spunti di riflessione in merito. Così, con l'obiettivo di agevolare la corretta impostazione dell'intervento provvisorio già in fase emergenziale, la presente ricerca ha analizzato alcuni interventi di messa in sicurezza realizzati in seguito al sisma del 2012, correlandoli anche con il successivo intervento di ripristino e miglioramento sismico definitivo, al fine di individuare un criterio metodologico che possa guidare il rilevatore nella definizione del presidio di sicurezza ottimale, analogamente a quanto già avviene per l'individuazione dello stato di danno.

¹⁴⁹ (Cifani, Lemme, & Podestà, 2005)

¹⁵⁰ (De Matteis, Brando, & Corlito, 2019)

2.1 LE OPERE PROVVISORIALI DEL SISMA 2012

Sono stati analizzati 19 casi studio relativi a chiese e campanili danneggiati dal sisma emiliano del 2012.

1. *Collegiata di Santa Maria Maggiore a Pieve di Cento (BO)*
2. *Chiesa di San Lorenzo Martire a Casumaro di Cento (FE)*
3. *Auditorium Ex-Chiesa di San Lorenzo a Cento (FE)*
4. *Chiesa di San Filippo Neri a Cento (FE)*
5. *Chiesa di Sant'Anna a Reno Centese (FE)*
6. *Chiesa di San Michele Arcangelo a Bomporto (MO)*
7. *Oratorio di San Rocco a Bomporto (MO)*
8. *Chiesa di San Nicolò da Bari a Bomporto (MO)*
9. *Chiesa di Sant'Egidio Abate a Cavezzo (MO)*
10. *Chiesa della Beata Vergine del Rosario a Finale Emilia (MO)*
11. *Chiesa di San Bartolomeo a Finale Emilia (MO)*
12. *Chiesa di San Luca Evangelista a Medolla (MO)*
13. *Chiesa dei Santi Senesio e Teopompo Martiri a Medolla (MO)*
14. *Oratorio della Beata Vergine della Porta a Mirandola (MO)*
15. *Chiesa del Gesù a Mirandola (MO)*
16. *Chiesa di San Michele Arcangelo a Novi di Modena (MO)*
17. *Chiesa di Santa Caterina d'Alessandria a Novi Di Modena (MO)*
18. *Chiesa di Santa Maria Annunciata a Reggiolo (RE)*
19. *Chiesa di Santa Maria Assunta a Reggiolo (RE)*

Il campione esaminato si estende all'interno dell'area del cratere, nelle province di Bologna, Ferrara, Modena e Reggio Emilia. La selezione dei casi studio è stata in parte casuale e in parte guidata da valutazioni di rappresentatività rispetto all'insieme. Alcuni casi sono stati segnalati dall'Agenzia per la Ricostruzione in quanto particolarmente significativi (talvolta in positivo, spesso in negativo) dal un punto di vista tecnico e/o economico. Altri sono stati scelti a partire dall'analisi economica esposta nel capitolo precedente, scegliendo sia interventi particolarmente discordanti rispetto al costo medio

della messa in sicurezza, sia interventi che rientrano nel range comune alla maggior parte degli edifici.

Per ogni caso studio il materiale consultato è stato messo a disposizione dall’Agenzia, dalla *Soprintendenza* e dalla Protezione Civile.

Relativamente al rilievo del danno sono stati consultati:

- *Scheda di rilievo del danno per le chiese (Modello A-DC)*
- *Scheda di valutazione economica*
- *Documentazione fotografica del danno*

Relativamente alla messa in sicurezza sono stati consultati:

- *Scheda provvisoria urgente (Allegato 3)*
- *Relazioni, tavole e computo metrico*

Relativamente al progetto definitivo sono stati consultati:

- *Relazioni, tavole e computo metrico del progetto preliminare*
- *Relazioni e tavole e computo metrico del progetto esecutivo*
- *Pareri della Commissione Congiunta*

Si precisa che per alcuni edifici non è stato possibile reperire l’insieme completo di elaborati sopra elencati. Talvolta il materiale a disposizione è risultato incompleto, altre volte invece non è stata riscontrata corrispondenza tra quanto scritto nei documenti e lo stato di fatto reale del fabbricato. Ciò è da imputare principalmente alla complessità di documentare, in fase emergenziale, tutte le attività svolte con estrema urgenza. In questi casi, si è provveduto per quanto possibile ad accertare le reali condizioni del manufatto, segnalando la discordanza di informazioni.

Per ciascun edificio analizzato è stata elaborata una scheda contenente informazioni in merito all’ubicazione, alla proprietà, all’evoluzione storica, alla conformazione architettonica e alla progettazione e realizzazione degli interventi di messa in sicurezza e di consolidamento finale. Le schede sono raccolte nell’allegato B della presente Tesi.

Per agevolare l'analisi, la struttura è stata considerata come formata da diversi macroelementi, secondo la metodologia già validata per il rilievo del danno.¹⁵¹ Ciò ha permesso di considerare il comportamento strutturale del singolo macroelemento e le tecniche di messa in sicurezza funzionali al contrastare l'attivazione del meccanismo specifico. I macroelementi considerati sono:

- *Setti murari*
- *Strutture voltate*
- *Coperture*
- *Campanili*
- *Elementi non strutturali*
- *Colonne*

Per ogni caso studio, in relazione a ciascun macroelemento, sono stati analizzati i seguenti aspetti:

- *Stato di danno*, descrivendo il quadro fessurativo riportato dalla costruzione e confrontandolo con il livello di danno indicato nella scheda di rilievo.
- *Messa in sicurezza*, analizzando la realizzazione dell'intervento, il costo e confrontandolo con le indicazioni di pronto intervento presenti nella scheda di rilievo del danno
- *Intervento definitivo*, analizzando la progettazione preliminare ed esecutiva, il costo e valutandone il rapporto con l'intervento provvisorio già realizzato
- *Eventuali aspetti significativi* emersi dall'analisi comparativa dei dati sopra descritti

Gli aspetti analizzati sono stati esposti in schede di sintesi, riportate in allegato alla presente Tesi, in funzione del macroelemento in oggetto.¹⁵² Di seguito si riporta una sintesi dei dati raccolti, volta a identificare le tecniche maggiormente utilizzate in relazione alla tipologia e alla gravità del danno subito dal macroelemento specifico.

¹⁵¹ (Doglioni, Moretti, & Petrini, 1994)

¹⁵² Nello specifico, l'allegato C contiene l'analisi dei casi studio relativamente ai setti murari, allegato D per le strutture voltate, l'allegato E per le coperture, l'allegato F per i campanili e l'allegato G per gli elementi non strutturali.

2.1.1 *Messa in sicurezza dei setti murari*

Per quanto riguarda i meccanismi di ribaltamento, si nota che nonostante tutti i setti murari della chiesa siano coinvolti, spesso la messa in sicurezza è localizzata alla sola facciata poiché, quando prospiciente alle vie transitabili, risulta essere l'unico elemento che mette a rischio la pubblica incolumità.

Dunque, relativamente al meccanismo di ribaltamento di quest'ultima, l'intervento più frequente è consistito nella realizzazione di ponteggi strutturali (1 caso per danno D0, 4 casi per danno D2, 1 caso per danno D3). Il secondo intervento maggiormente impiegato è stato la posa in opera di cerchiature con cavi in acciaio (1 caso per danno D2, 1 per danno D3 e 1 per danno D4) o in materiale fibrorinforzato (1 caso per danno D2). Tra i casi analizzati, solo due hanno visto la realizzazione di puntelli in legno (1 caso per danno D3 e 1 caso per danno D4) e solo nel caso più grave (D5) è stato realizzato un telaio in acciaio. Tuttavia, non sembra esserci correlazione tra la tipologia di messa in sicurezza e il livello di danno verificatosi. Ciò vale anche per la sommità della facciata in cui le tecniche utilizzate sono strettamente correlate all'intervento complessivo sull'intera facciata.

MACROELEMENTO	DANNO	QT.	MESSA IN SICUREZZA	QT.
RIBALTAMENTO M1 - FACCIATA	D0	5	Nessun intervento	4
			Telaio tubi e giunti	1
	D2	7	Dati mancanti	1
			Nessun intervento	1
			Telaio tubi e giunti	4
			Cerchiatura con cavi in acciaio	1
			Cerchiatura con materiale fibrorinforzato	1
	D3	3	Nessun intervento	1
			Telaio tubi e giunti	1
			Puntello di ritegno in legno	1
			Cerchiatura con cavi in acciaio	1
	D4	3	Puntello di ritegno in legno	2
			Cerchiatura con cavi in acciaio	1
	D5	1	Telaio in acciaio	1
	NP	0	/	

MACROELEMENTO	DANNO	QT.	MESSA IN SICUREZZA	QT.
RIBALTAMENTO M2 - SOMMITA' FACCIATA	D0	5	Nessun intervento	4
			Telaio tubi e giunti	1
			Cerchiatura con cavi in acciaio	1
			Puntello di ritegno in legno	1
	D1	2	Cerchiatura con cavi in acciaio	2
	D2	4	Nessun intervento	1
			Telaio tubi e giunti	2
			Cerchiatura con cavi in acciaio	1
	D3	3	Cerchiatura con materiale fibrorinforzato	1
			Dati mancanti	1
			Telaio tubi e giunti	2
	D4	3	Cerchiatura con cavi in acciaio	1
			Puntello di ritegno in legno	1
D5	1	Cerchiatura con cavi in acciaio	2	
NP	0	Telaio in acciaio	1	
		/		

Se invece si considerano gli altri setti murari (pareti laterali, transetto, abside e cappelle), il numero di casi in cui non viene preso nessun provvedimento aumenta notevolmente, per tutti i livelli di danno. Quando si interviene, le tecniche più usate sono le cerchiature con cavi in acciaio (1 caso per danno D1, 2 casi per danno D3 e 3 casi per danno D4). Strutture intelaiate in tubi e giunti o in profili metallici vengono usate solo per danni gravi o molto gravi.

MACROELEMENTO	DANNO	QT.	MESSA IN SICUREZZA	QT.
RIBALTAMENTO M5 - AULA M10 - TRANSETTO M16 - ABSIDE M22 - CAPPELLE	D0	13	Nessun intervento	13
	D1	4	Nessun intervento	3
			Cerchiatura con cavi in acciaio	1
	D2	4	Nessun intervento	4
	D3	14	Nessun intervento	9
			Telaio tubi e giunti	2
			Telaio in acciaio	1
	D4	6	Cerchiatura con cavi in acciaio	2
			Nessun intervento	3
	D5	1	Cerchiatura con cavi in acciaio	3
NP	0	Telaio in acciaio	1	
		/		

ANALISI DELLE TECNICHE

Anche per i meccanismi a taglio, spesso non si interviene, indipendentemente dal livello di danno (6 casi per danno D1, 6 casi per danno D2, 11 casi per danno D3, 3 casi per danno D4). L'intervento più frequente è la sbadacchiatura delle aperture (1 caso per D0, 1 caso per D1, 2 casi per D2, 6 casi per D3. 1 caso per D4). Talvolta si è intervenuti con operazioni più definitive di ripristino della continuità muraria (2 casi per D2 e 2 casi per D3). In questi casi è tuttavia frequente l'utilizzo di materiali (schiume poliuretatiche, betoncino fibrorinforzato, ecc.) non compatibili con l'esistente, di difficile rimozione e irrispettosi del valore culturale e del pregio artistico della costruzione storica.

MACROELEMENTO	DANNO	QT.	MESSA IN SICUREZZA	QT.
TAGLIO <i>M3 - FACCIATA</i> <i>M6 - AULA</i> <i>M11 - TRANSETTO</i> <i>M17 - ABSIDE</i> <i>M23 - CAPPELLE</i>	D0	21	Nessun intervento	20
			Sbadacchiatura in legno	1
	D1	7	Nessun intervento	6
			Sbadacchiatura in legno	1
	D2	8	Nessun intervento	6
			Sbadacchiatura in legno	2
			Scuci e cucì, stuccature e/o iniezioni	2
	D3	17	Nessun intervento	11
			Sbadacchiatura in legno	6
			Scuci e cucì, stuccature e/o iniezioni	2
	D4	4	Nessun intervento	3
			Sbadacchiatura in legno	1

Dall'analisi soprariportata è possibile desumere le seguenti tabelle che indicano le possibili tecniche di messa in sicurezza dei setti murari in funzione del meccanismo di collasso e del livello di danno.

MACROELEMENTO: SETTI MURARI			
DANNO	MECCANISMO DI DANNO	MESSA IN SICUREZZA	TIPOLOGIA CONSIGLIATA
D1/D2	RIBALTAMENTO	Prevenzione	Transennamenti Monitoraggio
		Struttura a telaio	Telaio tubi e giunti
		Puntelli di ritegno/contrasto	Puntello di ritegno in legno
			Puntello di ritegno in acciaio

		Catene	Catene in acciaio
		Cerchiatura	Cerchiatura con profili in acciaio
			Cerchiatura con cavi in acciaio
			Cerchiatura con fasce in poliestere
	TAGLIO	Sbadacchiatura	Sbadacchiatura in legno Telaio in acciaio
		Ripristino continuità muraria	Scuci e cucì, stuccature e/o iniezioni
		RIBALTAMENTO	Struttura a telaio
Telaio in acciaio			
Telaio tubi e giunti			
Puntelli di ritegno/contrasto	Puntello di ritegno in legno		
	Puntello di ritegno in acciaio		
Contrafforti	Contrafforte in muratura		
	Contrafforte in acciaio		
	Contrafforte in cemento		
Stralli	Stralli con cavi in acciaio		
Catene	Catene in acciaio		
D3/D4	Cerchiatura	Cerchiatura con profili in acciaio	
		Cerchiatura con cavi in acciaio	
		Cerchiatura con fasce in poliestere	
		Cerchiatura con materiale fibrorinforzato	
	TAGLIO	Confinamento	Incarniciatura in legno e acciaio Placcaggio con materiale fibrorinforzato
		Sbadacchiatura	Sbadacchiatura in legno Tamponatura in muratura
		Ripristino continuità muraria	Scuci e cucì, stuccature e/o iniezioni Sigillatura a proiezione mediante robot Cucitura armata
CROLLO PARZIALE	Rimozione	Rimozione parti pericolanti Rimozione macerie	
	Chiusura dei setti murari	Tamponamento in legno Tamponamento in muratura	
D5	CROLLO TOTALE	Rimozione	Rimozione parti pericolanti Rimozione macerie
		Chiusura dei setti murari	Tamponamento in legno Tamponamento in muratura

2.1.2 Messa in sicurezza delle strutture voltate

Nella maggior parte dei casi le strutture voltate, danneggiate in modo più o meno grave dal sisma, non sono state oggetto di messa in sicurezza. Probabilmente, ciò è da imputarsi sia alle precarie condizioni di sicurezza presenti all'interno dell'edificio, che rendono rischiosa la permanenza degli operatori, sia al fatto che un eventuale crollo di queste strutture non coinvolgerebbe le aree circostanti, mettendo a rischio la pubblica incolumità, ma solo gli spazi interni cui è già stato impedito l'accesso. Ne consegue però la perdita di valore architettonico e culturale di queste strutture. Inoltre, spesso i danni alle strutture voltate sono conseguenza del crollo, parziale o totale, della copertura.

Dall'analisi dei casi studio, non si nota particolare corrispondenza tra i provvedimenti urgenti suggeriti dalla scheda di rilievo del danno e quelli effettivamente realizzati.

Tra casi studio analizzati, 13 presentano strutture ad arco con danno compreso tra D1 e D4. Nella maggior parte dei casi (7/13) non viene preso nessun provvedimento per messa in sicurezza sia per i danni più lievi (1 caso con danno D1 e 2 casi con danno D2), sia per quelli più gravi (3 casi con danno D3 e 1 caso con danno D4). Per i danni di minore entità, si ricorre alla tecnica tradizionale delle centine in legno (1 caso con danno D1). Per i danni di maggiore entità invece, la tecnica maggiormente usata è la centinatura con strutture a tubi e giunti che permette non solo di raggiungere altezze notevoli, tipiche dei grandi volumi degli edifici ad aula, ma anche di poter essere utilizzata anche per le successive lavorazioni. Questa tecnica è stata usata in 4 casi, (1 caso in cui l'arco è segnalato come NP, 1 caso con D3 e 2 casi con D4). Quando il danno è particolarmente grave, si è ricorso anche alla tecnica delle cuciture armate (2 casi con D4).

MACROELEMENTO	DANNO	QT.	MESSA IN SICUREZZA	QT.	
DISSESTO DELL'ARCO M13 – ARCO TRIONFALE	D1	2	Nessun intervento	1	
			Centine in legno	1	
	D2	3	Dati mancanti	1	
			Nessun intervento	2	
	D3	5	Dati mancanti	1	
			Nessun intervento	3	
			Centine con tubi e giunti	1	
	D4	5	Dati mancanti	1	
			Nessun intervento	1	
			Centine con tubi e giunti	2	
				Cucitura armata	2
	NP	3	Centine con tubi e giunti	1	

Le chiese analizzate presentano, nella maggior parte dei casi, strutture voltate a chiusura della navata centrale (15 casi), dell'abside (17 casi) e, se presenti, delle cappelle (10 casi). Navate laterali e transetti sono meno frequenti nello schema planimetrico emiliano: ove presenti, questi sono solitamente sormontati da volte (8 casi per le navate laterali e 3 casi per i transetti). Il campione analizzato prende dunque in considerazione un totale di 53 strutture voltate con danno compreso tra D0 e D5. Anche in questo caso, si registra l'assenza di interventi di messa in sicurezza non solo di fronte alla mancanza di dissesti (4 casi per D0) in presenza di danni lievi (6 casi per D1 e 2 casi per danno D2) o del crollo totale della struttura (5 casi per D5) ma anche, e soprattutto, in caso di danni gravi (13 casi per danno D3 e 2 casi per D4). Ciò è dovuto probabilmente al fatto che le strutture voltate seppur danneggiate, non mettono a rischio la pubblica incolumità una volta reso inaccessibile l'interno della chiesa. In questo modo, tuttavia, si rischia di lasciare progredire il danno fino alla perdita dell'elemento di valore. Viceversa, talvolta, l'intervento di messa in sicurezza sembra essere realizzato anche in assenza di danno (1 caso) o ove le strutture voltate vengono segnalate come non presenti (2 casi). Ad ogni modo, tutti gli interventi realizzati in fase emergenziale, sono consistiti nella realizzazione di centinature a tubo e giunto (1 caso per D0, 2 casi per danno D3 e 8 casi per D5). Più raramente si ricorre alla tecnica di placcaggio estradossale (1 caso per D4).

MACROELEMENTO	DANNO	QT.	MESSA IN SICUREZZA	QT.
DISSESTO DELLE STRUTTURE VOLTATE <i>M8 - NAVATA CENTRALE</i> <i>M9 - NAVATE LATERALI</i> <i>M12 - TRANSETTO</i> <i>M18 - ABSIDE</i> <i>M24 - CAPPELLE</i>	D0	6	Dati mancanti	1
			Nessun intervento	4
			Centine con tubi e giunti	1
	D1	6	Nessun intervento	6
			Dati mancanti	2
	D2	4	Nessun intervento	2
			Dati mancanti	2
	D3	17	Nessun intervento	13
			Centine con tubi e giunti	2
			Dati mancanti	1
	D4	4	Nessun intervento	2
			Placcaggio con materiale fibrorinforzato	1
			Dati mancanti	3
	D5	16	Nessun intervento	5
			Centine con tubi e giunti	8
			Dati mancanti	2
NP	42	Centine con tubi e giunti	2	
		Puntello di sostegno in acciaio	1	

ANALISI DELLE TECNICHE

Strutture cupolate sono molto più rare nelle chiese emiliane: nei casi analizzati sono presenti solo 5 cupole e 6 lanterne con danni molto lievi o molto gravi. Per quanto riguarda gli interventi di messa in sicurezza sulla cupola e tamburo si nota che nei casi di danno lieve (D0 e D1) non vengono presi provvedimenti mentre nei casi di danno grave (D4) si interviene mediante una cerchiatura esterna con cavi in acciaio. La stessa tecnica viene usata anche nei casi di crollo parziale, associandola ad altre opere in grado di sorreggere e restituire resistenza alla struttura che ha perso la sua integrità e che pertanto non può più lavorare per forma.

MACROELEMENTO	DANNO	QT.	MESSA IN SICUREZZA	QT.
DISSESTO DELLA CUPOLA E DEL TAMBURO <i>M14 – CUPOLA/TAMBURO</i>	D0	1	Nessun intervento	1
	D1	2	Dati mancanti	1
			Nessun intervento	1
	D4	1	Cerchiatura con cavi in acciaio	1
	D5	1	Rimozione macerie	1
			Cerchiatura con cavi in acciaio	1
			Cordolo con profili in acciaio	1
			Centine con tubi e giunti	1
			Scuci e cucì, stuccature e/o iniezioni	1
			Placcaggio con materiale fibrorinforzato	1
NP	13	/		

Allo stesso modo, anche per la lanterna, non vengono installati presidi di sicurezza di fronte a danni lievi (D0 e D1) ma neppure per crolli totali (D5). In caso di danno grave (D3) sono invece state adottate alternative contrastanti: in un caso non è stato preso alcun provvedimento, in un altro la struttura è stata consolidata con opere di irrigidimento, confinamento e cerchiatura.

MACROELEMENTO	DANNO	QT.	MESSA IN SICUREZZA	QT.
DISSESTO DELLA LANTERNA <i>M15 – LANTERNA</i>	D0	1	Nessun intervento	1
	D1	1	Nessun intervento	1
	D3	3	Dati mancanti	1
			Nessun intervento	1
			Sbadacchiatura in legno	1
			Cerchiatura di confinamento con fasce in poliestere	1
			Cerchiatura con cavi in acciaio	1
	D5	1	Nessun intervento	1
NP	12	/		

Dall'analisi soprariportata è possibile desumere le seguenti tabelle che indicano le possibili tecniche di messa in sicurezza delle strutture voltate in funzione del meccanismo di collasso e del livello di danno.

MACROELEMENTO: ARCHI			
DANNO	MECCANISMO DI DANNO	MESSA IN SICUREZZA	TIPOLOGIA CONSIGLIATA
D1/D2	LESIONI LIEVI	Prevenzione	Transennamenti Monitoraggio
		Ripristino continuità muraria	Scuci e cucì, stuccature e/o iniezioni
	DISSESTO PUNTUALE DEI CONCI	Puntello di sostegno	Puntello di sostegno in legno Puntello di sostegno in acciaio
		Centinatura	Centine in legno
	RIBALTAMENTO PIEDRITTI	Catene	Catene in acciaio
D3/D4	LESIONI GRAVI	Ripristino continuità muraria	Scuci e cucì, stuccature e/o iniezioni Sigillatura a proiezione mediante robot Cucitura armata
	DISSESTO DIFFUSO DEI CONCI E/O CROLLO PARZIALE	Rimozione	Rimozione parti pericolanti Rimozione macerie
		Confinamento	Placcaggio con materiale fibrorinforzato
		Centinatura	Centine in legno Centine con tubi e giunti
		Cerchiatura	Cerchiatura con cavi in acciaio Cerchiatura con fasce in poliestere
D5	CROLLO TOTALE	Rimozione	Rimozione parti pericolanti Rimozione macerie

MACROELEMENTO: VOLTE			
DANNO	MECCANISMO DI DANNO	MESSA IN SICUREZZA	TIPOLOGIA CONSIGLIATA
D1/D2	LESIONI LIEVI	Prevenzione	Transennamenti Monitoraggio
		Ripristino continuità muraria	Scuci e cucì, stuccature e/o iniezioni
	DISSESTO PUNTUALE DEI CONCI	Puntello di sostegno	Puntello di sostegno in legno Puntello di sostegno in acciaio
		Centinatura	Centine in legno
	RIBALTAMENTO PIEDRITTI	Catene	Catene in acciaio
D3/D4	LESIONI GRAVI	Ripristino continuità muraria	Scuci e cucì, stuccature e/o iniezioni Sigillatura a proiezione mediante robot Cucitura armata

ANALISI DELLE TECNICHE

	DISSESTO DIFFUSO DEI CONCI E/O CROLLO PARZIALE	Rimozione	Rimozione parti pericolanti Rimozione macerie
		Confinamento	Placcaggio con materiale fibrorinforzato
		Centinatura	Centine in legno Centine con tubi e giunti
D5	CROLLO TOTALE	Rimozione	Rimozione parti pericolanti Rimozione macerie

MACROELEMENTO: CUPOLA			
DANNO	MECCANISMO DI DANNO	MESSA IN SICUREZZA	TIPOLOGIA CONSIGLIATA
D1/D2	LESIONI LIEVI	Prevenzione	Transennamenti Monitoraggio
		Ripristino continuità muraria	Scuci e cucì, stuccature e/o iniezioni
		Centinatura	Centine con tubi e giunti
D3/D4	LESIONI GRAVI E/O CROLLO PARZIALE	Rimozione	Rimozione parti pericolanti Rimozione macerie
		Ripristino continuità muraria	Scuci e cucì, stuccature e/o iniezioni Sigillatura a proiezione mediante robot
		Confinamento	Placcaggio con materiale fibrorinforzato
		Centinatura	Centine con tubi e giunti
		Cerchiatura	Cerchiatura con cavi in acciaio Cerchiatura con fasce in poliestere Cerchiatura con materiale fibrorinforzato
D5	CROLLO TOTALE	Rimozione	Rimozione parti pericolanti Rimozione macerie

MACROELEMENTO: TAMBURO O LANTERNA			
DANNO	MECCANISMO DI DANNO	MESSA IN SICUREZZA	TIPOLOGIA CONSIGLIATA
D1/D2	LESIONI LIEVI	Prevenzione	Transennamenti Monitoraggio
		Ripristino continuità muraria	Scuci e cucì, stuccature e/o iniezioni
		Sbadacchiatura	Sbadacchiatura in legno Telaio in acciaio
	DISSESTO LIEVE	Cerchiatura	Cerchiatura con cavi in acciaio Cerchiatura con fasce in poliestere Cerchiatura con materiale fibrorinforzato
D3/D4	LESIONI GRAVI	Ripristino continuità muraria	Scuci e cucì, stuccature e/o iniezioni Sigillatura a proiezione mediante robot

			Cucitura armata
		Sbadacchiatura	Sbadacchiatura in legno Tamponatura in muratura
		Struttura a telaio	Telaio tubi e giunti
	DISSESTI GRAVI	Cerchiatura	Cerchiatura con cavi in acciaio
			Cerchiatura con fasce in poliestere
			Cerchiatura con materiale fibrorinforzato
	CROLLO PARZIALE	Rimozione	Rimozione parti pericolanti Rimozione macerie
		Chiusura dei setti murari	Tamponamento in legno
			Tamponamento in muratura
	D5	CROLLO TOTALE	Rimozione
Copertura provvisoria			Copertura provvisoria in legno
			Copertura provvisoria in acciaio
			Copertura provvisoria in PVC

2.1.3 Messa in sicurezza delle coperture

Le chiese analizzate presentano, nella maggior parte dei casi, aula (18 casi) e abside (17 casi) sormontati da strutture lignee di copertura. La presenza di transetti è meno frequente (5 casi). Il campione analizzato prende dunque in considerazione un totale di 57 strutture di copertura con danno compreso tra D0 e D5.

Fatta eccezione per due casi in cui non è stato possibile reperire dati, le analisi condotte hanno evidenziato che gli interventi in copertura sono più rari e limitati ai danni molto gravi. Per dissesti nulli o lievi, solitamente non viene preso alcun provvedimento (12 casi per danno D0, 10 per danno D1 e 6 casi per danno D2). Solo raramente si procede alla revisione del manto di copertura (solo 2 casi su 12 per danno D1). Anche per danni più gravi, spesso l'intervento in copertura viene rimandato alla fase di consolidamento finale (1 caso per D3) limitandosi al più alla revisione della struttura (1 caso per D3). Quando invece si verificano dissesti molto gravi, magari accompagnati da crolli parziali o totali l'intervento prevede la realizzazione di una copertura provvisoria (2 casi per danno D4 e 2 casi per danno D5). Spesso, invece, non viene preso nessun provvedimento lasciando gli spazi interni esposti agli agenti atmosferici con conseguente peggioramento dello stato di conservazione della fabbrica (1 caso per danno D4 e 1 caso per danno D5). Infine, si noti che in un caso, nonostante il danno segnalato per gli elementi di copertura fosse di lieve entità, è stato necessario realizzare una copertura provvisoria sulla cupola, in seguito al crollo della stessa.

MACROELEMENTO	DANNO	QT.	MESSA IN SICUREZZA	QT.
DISSESTO DELLE COPERTURE M19 - AULA M20 - TRANSETTO M21 - ABSIDE	D0	12	Nessun intervento	12
	D2	12	Nessun intervento	10
			Revisione copertura	2
	D2	7	Dati mancanti	1
			Nessun intervento	6
	D3	3	Dati mancanti	1
			Nessun intervento	1
			Revisione copertura	1
	D4	3	Nessun intervento	1
			Copertura provvisoria	2
	D5	3	Nessun intervento	1
Copertura provvisoria			2	
NP	17	/		



Figura 6: Interno della Chiesa di Sant'Egidio Abate a Cavezzo (MO). La mancanza della copertura per due anni ha inoltre esposto l'interno della chiesa agli agenti atmosferici e alla presenza di piccioni contribuendo ad un deterioramento progressivo delle finiture interne già gravemente danneggiate dal sisma.

Dall'analisi sopra riportata è possibile desumere le seguenti tabelle che indicano le possibili tecniche di messa in sicurezza delle coperture in funzione del livello di danno.

MACROELEMENTO: COPERTURA			
DANNO	MECCANISMO DI DANNO	MESSA IN SICUREZZA	TIPOLOGIA CONSIGLIATA
D1/D2	DISSESTI LIEVI	Revisione della copertura	Ripassatura del manto di copertura
			Ripristino sistema di smaltimento delle acque meteoriche
D3/D4	DISSESTI GRAVI	Puntello di sostegno	Puntello di sostegno in legno
			Puntello di sostegno in acciaio
		Revisione della copertura	Ripassatura del manto di copertura
	CROLLO PARZIALE	Rimozione	Rimozione parti pericolanti
			Rimozione macerie
			Copertura provvisoria
		Copertura provvisoria in acciaio	
		Copertura provvisoria in PVC	
D5	CROLLO TOTALE	Rimozione	Rimozione parti pericolanti
			Rimozione macerie
		Copertura provvisoria	Copertura provvisoria in legno
		Copertura provvisoria in acciaio	
		Copertura provvisoria in PVC	

2.1.4 *Messa in sicurezza del campanile*

Durante le operazioni di messa in sicurezza dei campanili danneggiati, le maggiori difficoltà operative sono derivate dalle precarie condizioni di sicurezza che hanno reso difficoltoso avvicinarsi e operare sulle strutture.¹⁵³ Di conseguenza, la scelta della tecnica di consolidamento è stata fortemente influenzata da questo aspetto. Anche la posizione del campanile rispetto al complesso influisce molto sull'intervento di messa in sicurezza. In generale appare più semplice intervenire in campanili isolati mentre nei campanili affiancati o inglobati risulta più difficile accedere a tutti i lati della struttura e, spesso, si deve limitare l'intervento ai lati liberi. Ad esempio, l'intervento di cerchiatura del fusto è stato tendenzialmente escluso per i campanili affiancati/sovrapposti a causa dell'impossibilità di avvicinarsi o di entrare in sicurezza all'interno delle strutture adiacenti per operare su tutti i lati della torre campanaria.

Figura 6: Messa in sicurezza del campanile di San Lorenzo a Casumaro di Cento (FE) con struttura in tubi e giunti.



¹⁵³ (Blasi, 2014, p. 235-236)

In generale i campanili sono stati messi in sicurezza per fasi successive: ciascuna operazione genera un livello progressivamente crescente di sicurezza per poter svolgere l'operazione successiva. Solitamente, la prima fase è finalizzata a ristabilire la coesione della muratura attraverso preliminari operazioni di sigillatura e tamponatura delle finestre; in seguito è possibile procedere all'incatenamento del fusto o all'installazione di presidi di sostegno.

Alla luce di queste considerazioni, la prima operazione che si rende necessaria è la rimozione delle parti pericolanti, operando da cestello o da piattaforme sospese, al fine di garantire agli operatori adeguate condizioni di sicurezza per gli interventi successivi.¹⁵⁴ Successivamente, per arginare i meccanismi di ribaltamento fuori dal piano (suddivisione in macro-elementi verticali ed espulsione degli angoli) la tecnica maggiormente impiegata è stata quella della cerchiatura provvisoria del fusto, la cui facilità di applicazione ha permesso di svolgere le operazioni da cestello o da piattaforma sospesa, evitando così la costruzione di ponteggi in aderenza a manufatti pericolanti. Soluzioni con cavi o barre d'acciaio, poste in opera con angolari metallici e spessori di legno per non danneggiare le murature, sono state preferite all'uso di fasce in poliestere. Infatti, in considerazione delle lunghe tempistiche con cui verranno realizzati gli interventi definitivi, le fasce in poliestere, se pur molto resistenti, sono soggette a fenomeni di rilassamento che richiedono ricorrenti interventi di rimessa in tensione. La tecnica, in generale, si è mostrata leggera, rapida ed economica.¹⁵⁵ Per ripristinare la continuità verticale interrotta dalle lesioni orizzontali (martellamento con corpi adiacenti o meccanismi globali) l'intervento è più complesso. In queste condizioni, talvolta la soluzione più semplice è stata quella di puntellare il fusto con consistenti ponteggi mentre, in altri casi, è stato necessario ingabbiare il fusto del campanile.

Il campione esaminato ha preso in considerazione 18 torri campanarie con livello di danno compreso tra D0 e D5. Per danni nulli, lievi o moderati non si è intervenuti a meno che il presidio da supporto alla messa in sicurezza della cella (1 caso per danno D0 e un caso per danno D2). A fronte di danni maggiori sono state svolte operazioni preliminari di rimozione delle parti pericolanti e ripristino della continuità muraria (3 casi per danno

¹⁵⁴ Nei casi più complessi (Chiesa dei Santi Senesio e Teopompo), è stato necessario asportare l'intera cella campanaria prima di potersi avvicinare e realizzare gli interventi di consolidamento delle parti più basse del campanile.

¹⁵⁵ (Blasi, 2014, p. 235-236)

ANALISI DELLE TECNICHE

D3, 9 casi per danno D4 e 1 caso per danno D5) finalizzate alla messa in sicurezza successiva operata con strutture a telaio in tubi e giunti (1 caso per danno D3) o telai metallici (1 caso per danno D4) o con cerchiature prima in fasce di poliestere (4 casi per danno D4 e 1 caso per danno D5) poi con cavi in acciaio (3 casi per danno D3, 3 casi per danno D4 e 1 caso per danno D5).

MACROELEMENTO	DANNO	QT.	MESSA IN SICUREZZA	QT.
DISSESTO DELLA TORRE CAMPANARIA M27 - TORRE	D0	2	Nessun intervento	1
			Telaio in acciaio (interno)	1
	D1	1	Nessun intervento	1
	D2	4	Nessun intervento	3
			Telaio tubi e giunti	1
	D3	3	Scuci e cucì, stuccature e/o iniezioni	2
			Placcaggio con materiale fibrorinforzato	1
			Telaio tubi e giunti	2
	D4	7	Cerchiatura con cavi in acciaio	3
			Rimozione parti pericolanti	1
			Sigillatura lesioni mediante robot	2
			Scuci e cucì, stuccature e/o iniezioni	2
			Cucitura armata	1
			Placcaggio con materiale fibrorinforzato	3
			Telaio in acciaio (esterno)	1
	D5	1	Cerchiatura con fasce in poliestere	4
Cerchiatura con cavi in acciaio			3	
Scuci e cucì, stuccature e/o iniezioni			1	
NP	1	Cerchiatura con fasce in poliestere	1	
		Cerchiatura con cavi in acciaio	1	
			/	

Per quanto riguarda la cella campanaria, il campione analizzato (17 casi) ha riportato danni di tutte le entità. Per danni nulli o lievi non è stato fatto nessun intervento di messa in sicurezza. Per i danni moderati gli interventi variano molto anche in funzione dell'intervento sulla torre: in un caso il telaio metallico esterno è stato prolungato fino alla cella, preliminarmente rinforzata. In un altro caso è avvenuto il contrario: il danno nullo sulla torre e moderato sulla cella ha permesso di intervenire all'interno realizzando un telaio metallico che può avere carattere definitivo. Nei restanti casi sono state eseguite operazioni di ripristino della continuità muraria e cerchiatura.

Per livelli di danno maggiori, si opera come per la torre campanaria: rimozione delle parti pericolanti, ripristino della continuità e interventi di puntellamento o cerchiatura. In un caso di danno molto grave è stato necessario smontare l'intero macroelemento e provvedere alla realizzazione di una copertura provvisoria.

MACROELEMENTO	DANNO	QT.	MESSA IN SICUREZZA	QT.
DISSESTO DELLA CELLA CAMPANARIA M28 - CELLA	D0	3	Nessun intervento	3
	D1	2	Nessun intervento	2
	D2	4	Scuci e cucì, stuccature e/o iniezioni	1
			Placcaggio con materiale fibrorinforzato	1
			Telaio in acciaio (interno)	1
			Telaio in acciaio (esterno)	1
			Cerchiatura con fasce in poliestere	2
			Cerchiatura con cavi in acciaio	1
	D3	1	Placcaggio con materiale fibrorinforzato	1
			Cerchiatura con fasce in poliestere	2
			Cerchiatura con cavi in acciaio	1
	D4	6	Rimozione parti pericolanti	2
			Smontaggio	1
			Copertura provvisoria	1
			Sbadacchiatura in legno	3
			Sigillatura lesioni mediante robot	3
			Scuci e cucì, stuccature e/o iniezioni	2
			Telaio tubi e giunti	1
			Cerchiatura con fasce in poliestere	3
			Cerchiatura con cavi in acciaio	3
D5			1	Cerchiatura con cavi in acciaio
NP	2	/		

Dall'analisi sopra riportata è possibile desumere le seguenti tabelle che indicano le possibili tecniche di messa in sicurezza del campanile in funzione del meccanismo di collasso e del livello di danno.

MACROELEMENTO: TORRE CAMPANARIA			
DANNO	MECCANISMO DI DANNO	MESSA IN SICUREZZA	TIPOLOGIA CONSIGLIATA
D1/D2	DISSESTI LIEVI	Prevenzione	Transennamenti Monitoraggio

ANALISI DELLE TECNICHE

		Ripristino continuità muraria	Scuci e cucì, stuccature e/o iniezioni
		Struttura a telaio	Telaio in acciaio (interno)
			Telaio tubi e giunti
		Catene	Catene in acciaio
		Cerchiatura	Cerchiatura con profili in acciaio
			Cerchiatura con cavi in acciaio
			Cerchiatura con fasce in poliestere
		Cerchiatura con materiale fibrorinforzato	
D3/D4	DISSESTI GRAVI	Ripristino continuità muraria	Scuci e cucì, stuccature e/o iniezioni
			Sigillatura a proiezione mediante robot
			Cucitura armata
	PARZIALIZZAZIONE DELLA SEZIONE	Struttura a telaio	Telaio in acciaio (esterno)
			Telaio tubi e giunti
		Puntelli di ritegno/contrasto	Puntello di ritegno in legno
	Puntello di ritegno in acciaio		
	ESPULSIONE ANGOLI O SUDDIVISIONE IN MACROELEMENTI VERTICALI	Confinamento	Incamiciatura in legno e acciaio
			Placcaggio con materiale fibrorinforzato
			Cerchiatura con profili in acciaio
	CROLLO PARZIALE	Cerchiatura	Cerchiatura con cavi in acciaio
			Cerchiatura con fasce in poliestere
			Cerchiatura con materiale fibrorinforzato
		Catene	Catene in acciaio
			Rimozione
Rimozione macerie			
Chiusura dei setti murari	Tamponamento in legno		
	Tamponamento in muratura		
	Copertura provvisoria	Copertura provvisoria in legno	
Copertura provvisoria in acciaio			
Copertura provvisoria in PVC			
D5	CROLLO TOTALE	Rimozione	Rimozione parti pericolanti
			Rimozione macerie
		Copertura provvisoria	Copertura provvisoria in legno
			Copertura provvisoria in PVC

MACROELEMENTO: CELLA CAMPANARIA			
DANNO	MECCANISMO DI DANNO	MESSA IN SICUREZZA	TIPOLOGIA CONSIGLIATA
D1/D2	DISSESTI LIEVI	Prevenzione	Transennamenti Monitoraggio
		Ripristino continuità muraria	Scuci e cucì, stuccature e/o iniezioni
		Struttura a telaio	Telaio in legno
			Telaio in acciaio (interno)
		Puntello di sostegno	Puntello di sostegno in legno
			Puntello di sostegno in acciaio
		Catene	Catene in acciaio
		Cerchiatura	Cerchiatura con profili in acciaio
			Cerchiatura con cavi in acciaio
			Cerchiatura con fasce in poliestere
Cerchiatura con materiale fibrorinforzato			
Revisione della copertura	Ripassatura del manto di copertura		
	Ripristino sistema di smaltimento delle acque meteoriche		
D3/D4	DISSESTI GRAVI	Ripristino continuità muraria	Scuci e cucì, stuccature e/o iniezioni
			Sigillatura a proiezione mediante robot
			Cucitura armata
	Sbadacchiatura	Sbadacchiatura in legno	
		Tamponatura in muratura	
	ROTOTRASLAZIONE DEI RITTI E/O CROLLO PARZIALE	Rimozione	Rimozione parti pericolanti Rimozione macerie
		Struttura a telaio	Telaio in acciaio (esterno)
			Telaio tubi e giunti
		Cerchiatura	Cerchiatura con profili in acciaio
			Cerchiatura con cavi in acciaio
Cerchiatura con fasce in poliestere			
Cerchiatura con materiale fibrorinforzato			
D5	CROLLO TOTALE	Rimozione	Rimozione parti pericolanti
			Rimozione macerie
		Copertura provvisoria	Copertura provvisoria in legno
			Copertura provvisoria in acciaio
			Copertura provvisoria in PVC

2.1.5 *Messa in sicurezza degli elementi non strutturali*

I casi di crollo (D5) sono 5: in un caso è stata eseguita la messa in sicurezza rimuovendo gli elementi non ancora crollati mentre in un altro caso l'elemento crollato è stato catalogato e messo al riparo nell'area di cantiere. I casi in cui sono segnalati danni gravi (D3) o molto gravi (D4) sono 5: in tutti i casi sembra che non sia stato preso alcun provvedimento di messa in sicurezza, anche se non è dato sapere se sia stata eseguita una verifica ravvicinata dell'ancoraggio. I casi in cui sono segnalati danni lievi (D1) o moderati (D2) sono 4: in un caso è stata comunque eseguita la messa in sicurezza dell'elemento. I casi in cui non è stato rilevato alcun danno (D0) sono 5: in due casi tuttavia la messa in sicurezza era già stata eseguita in estrema urgenza, prima del rilievo del danno. Solo in un caso gli elementi aggettanti risultano non presenti e di conseguenza non viene svolto alcun tipo di messa in sicurezza. In realtà sono presenti elementi aggettanti dal collegamento instabile. Emerge una certa disomogeneità d'azione che porta talvolta a sottovalutare il pericolo, talvolta a non riconoscerlo, talvolta a sovrastimare gli interventi. Nei 4 casi in cui è stata effettuata la messa in sicurezza dell'elemento aggettante danneggiato, questa è consistita nella sua rimozione, operazione di facile e veloce esecuzione. Ciò permette di evitare l'eventuale collasso in occasione di scosse successive all'evento principale e di ricollocare l'elemento in fase di intervento definitivo. Tuttavia, in considerazione dell'impossibilità di conoscere l'effettivo stato di consistenza dell'ancoraggio, è sempre bene procedere ad una valutazione ravvicinata dello stesso per impedire danni indiretti a persone o cose. In particolare andrà indagata la presenza di un collegamento o di elementi di ritegno e qualora questi risultino insufficienti si dovrà procedere alla loro integrazione.

MACROELEMENTO	MECCANISMO DI DANNO	DANNO	MESSA IN SICUREZZA
ELEMENTI NON STRUTTURALI	RIBALTAMENTO	D1/D2	Verifica collegamento
		D3/D4	Rimozione parti pericolanti Verifica collegamento
		D5	Rimozione macerie

Dall'analisi sopra riportata è possibile desumere le seguenti tabelle che indicano le possibili tecniche di messa in sicurezza degli elementi non strutturali in funzione del livello di danno.

MACROELEMENTO: AGGETTI			
DANNO	MECCANISMO DI DANNO	MESSA IN SICUREZZA	TIPOLOGIA CONSIGLIATA
D1/D2	DISSESTI LIEVI	Prevenzione	Verifica collegamento
D3/D4	CROLLO PARZIALE	Prevenzione	Verifica collegamento
		Rimozione	Rimozione parti pericolanti
D5	CROLLO TOTALE	Rimozione	Rimozione macerie

2.1.6 *Messa in sicurezza delle colonne*

La scheda di rilievo del danno non considera separatamente questo meccanismo. Fa riferimento al colonnato dell'aula considerandone la risposta longitudinale; alle colonne



della cella campanaria considerando il ribaltamento dell'intero macroelemento; alle colonne del protiro nartecce nel suo insieme. Il meccanismo di rottura a compressione non viene mai considerato: se ciò non influisce sulla stima del livello del danno, diventa invece importante tenerne conto ai fini della messa in sicurezza in quanto meccanismo fragile molto pericoloso. Per arginare la rottura a compressione delle colonne, l'intervento principale è la cerchiatura di confinamento.

A titolo esemplificativo si riporta il caso studio della pieve di San Pietro a Costa di Tizzano Val Parma.

Figura 7: Pieve di San Pietro a Costa di Tizzano Val Parma. Ingresso sormontato dal campanile.

Il recente quadro fessurativo non è scaturito con l'evento sismico bensì da movimenti fondazionali pregressi e cedimenti ancora in atto, nonostante i lavori di consolidamento e restauro strutturale eseguiti a partire dagli anni '90. Una particolarità di questa chiesa è che il campanile inglobato nell'edificio, posto all'ingresso della pieve, poggia in parte sul muro perimetrale e in parte sulle prime colonne della navata.

Tale conformazione architettonica comporta un'elevata sollecitazione a compressione di tali colonne che infatti evidenziano uno stato fessurativo preoccupante con conseguente lesione dei relativi archi. L'intervento di messa in sicurezza è consistito nella realizzazione di sei livelli di cerchiature di confinamento formate da due profili piatti in acciaio sagomati in funzione della curvatura della colonna. Ad ogni elemento vengono saldati due profili cavi in acciaio, a sezione circolare, al cui interno si inserisce la barra filettata di collegamento, dotata di bullone di serraggio per la messa in tensione della cerchiatura. Il punto di collegamento viene collocato in posizione ruotata di 90° rispetto alle cerchiature adiacenti per omogeneizzare l'azione di confinamento. Uno strato di neoprene ad alta densità è stato interposto tra gli elementi metallici e il materiale lapideo per migliorare il contatto e non danneggiare la pietra. Il sistema è risultato economico, di facile e veloce installazione, completamente reversibile ma anche integrabile con il restauro definitivo del bene, a differenza delle fasce in poliestere solitamente usate nelle situazioni d'emergenza (si veda cap. 4).



Figura 8: Cerchiatura di confinamento delle colonne della Pieve di San Pietro a Tizzano.

Alla luce di queste considerazioni è possibile individuare la seguente tabella che indica le possibili tecniche di messa in sicurezza delle colonne in funzione del livello di danno.

MACROELEMENTO: COLONNE			
DANNO	MECCANISMO DI DANNO	MESSA IN SICUREZZA	TIPOLOGIA CONSIGLIATA
D1/D2	DISSESTI LIEVI	Prevenzione	Monitoraggio
D3/D4	ROTTURA A COMPRESSIONE	Confinamento	Cerchiatura di confinamento in acciaio
			Cerchiatura di confinamento con fasce in poliestere
			Cerchiatura di confinamento con materiale fibrorinforzato
D5	CROLLO	Rimozione	Rimozione parti pericolanti
			Rimozione macerie
		Puntello di sostegno	Puntello in legno
			Puntello in acciaio

PARTE 4

SICUREZZA E CONSERVAZIONE

IL CONSOLIDAMENTO TRA ASPETTI TECNICI E FORMALI

Per quanto tempo è per sempre?

Le esperienze passate hanno mostrato come molte opere provvisorie post-sisma (e non solo) abbiano involontariamente avuto un carattere "quasi-definitivo" a causa del lungo tempo trascorso prima di portare a termine gli interventi di consolidamento finale, diventando talvolta l'unico presidio di strutture sempre più fatiscenti. Il progettista, chiamato a sviluppare interventi per il breve termine, opta solitamente per scelte progettuali temporanee, ben diverse dalle soluzioni che garantirebbero invece una maggiore durabilità.¹⁵⁶ Cosa succederebbe se l'opera provvisoria fosse pensata come consolidamento definitivo? E se questo consolidamento diventasse addirittura un valore aggiunto all'architettura storica?

¹⁵⁶ (Jurina, Radelli, & De Capitani, 2017)



Macerie nella Chiesa di San Felice Vescovo a San Felice sul Panaro (MO) dopo il sisma del 2012.

1 UN “PUNTELLO” È PER SEMPRE?

Nascendo come opere provvisorie, si tende a considerare i presidi di sicurezza come qualcosa da usare nel momento del bisogno e da eliminare, senza lasciar tracce, una volta terminata l'emergenza e ristabilite le normali condizioni di sicurezza. In realtà, se finalizzati anche alla conservazione e alla conoscenza del bene, i presidi di sicurezza hanno in sé un altro grande potenziale, spesso sottovalutato. Dietro alla loro forte natura provvisoria si nasconde una qualità particolarmente auspicata ogni qual volta si intervenga sul patrimonio culturale nel rispetto dei principi del restauro: una spiccata propensione alla reversibilità. Le stesse linee guida per la *valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale* sono a suggerirne il riuso come consolidamento definitivo:

*“Non deve essere trascurata la possibilità di ricorrere ad opere provvisorie, che per la loro intrinseca spiccata reversibilità appaiono interessanti nei riguardi della conservazione e possono risultare, dopo attenta valutazione, anche una soluzione definitiva nel caso di un bene tutelato.”*¹⁵⁷

Solitamente però questi presidi vengono progettati con finalità temporanee dimensionandoli per cicli di vita brevi, con combinazioni di carico ridotte, e trascurando gli aspetti formali di integrazione al contesto. Se invece, fin dalla fase emergenziale, il presidio urgente fosse pensato nell'ottica del successivo riutilizzo, si riuscirebbe a sfruttarne a pieno le sue potenzialità, trasformandolo in elemento di consolidamento definitivo, dialogante con il contesto in cui si inserisce, ed in espressione di autenticità.

Già in passato il tema era stato proposto: il manuale OPUS riconosceva che l'opera provvisoria più efficace, anche dal punto di vista economico, è quella che può *“essere integrata nell'intervento definitivo”*.¹⁵⁸ Anche il manuale di compilazione delle schede di rilievo del danno per le chiese afferma che *“nella scelta dei provvedimenti di pronto intervento, deve essere prestata particolare attenzione che gli stessi possano poi essere*

¹⁵⁷ (D.P.C.M. 09/02/2011) –Paragrafo 6.3 Operazioni tecniche di intervento.

¹⁵⁸ (Dolce, et al., 2004, p. 2)

riutilizzati nell'intervento di recupero definitivo."¹⁵⁹ Tuttavia non ha mai trovato seguito con ricerche specifiche e gli sviluppi nella pratica progettuale sono rari.

Tuttavia, la ricerca del giusto equilibrio tra tutti gli aspetti coinvolti, da quelli strutturali a quelli formali, costituisce una tema alquanto complesso. L'integrazione tra aspetti tecnici e valoriali, obiettivo raramente raggiunto nel consolidamento di edifici storici, diventa un tema ancor più importante in relazione al carattere definitivo che si vuole attribuire agli interventi di messa in sicurezza post-sismica. In questo caso, però, i fattori di cui tener conto nella ricerca del giusto equilibrio aumentano (aspetti operativi, economici, sicurezza, conservativi) e con essi la complessità delle scelte progettuali.

Eppure, talvolta, accade che la progettazione della messa in sicurezza di un edificio danneggiato si soffermi su alcune riflessioni relativamente al carattere temporaneo del presidio e alle sue ripercussioni sull'intervento definitivo.

Un caso è quello della Chiesa del Gesù, a Mirandola (MO). Una volta approvato il progetto preliminare, l'elaborazione del progetto esecutivo ha richiesto degli approfondimenti sulla costruzione, impossibili da effettuare a causa delle condizioni di pericolo all'interno della chiesa, generate dall'elevato livello di danno (rottura delle catene, crollo delle volte in foglio). Gli interventi urgenti, realizzati nell'immediato post-sisma, hanno infatti eliminato il rischio nelle aree adiacenti la chiesa ma non hanno permesso di entrare al suo interno in sicurezza. Per tale motivo, è stato necessario realizzare altre opere atte a garantire la sicurezza per i tecnici che avrebbero operato sul bene. In quest'occasione, il MiBACT ha richiesto di aggiungere agli elaborati di progetto il documento di "*Valutazione sul carattere temporaneo degli interventi*", con l'obiettivo di sapere se gli interventi previsti avrebbero avuto un carattere temporaneo o se erano stati progettati in modo da diventare definitivi. Nel documento di risposta vengono sviluppate alcune riflessioni in merito alle diverse possibilità di intervento, attraverso le quali viene motivata la scelta di ciascuna delle soluzioni proposte. Ad esempio, si valuta la possibilità di riusare i ponteggi esistenti (installati in fase emergenziale per garantire l'incolumità pubblica) per eseguire anche gli interventi definitivi sul fabbricato, in funzione della sicurezza dei lavoratori. Di conseguenza viene analizzato anche il vantaggio economico che si sarebbe ottenuto acquistando i ponteggi, per poi rivenderli all'impresa che avrebbe eseguito i lavori.

¹⁵⁹ (Di Pasquale & Papa, 2014, p. 22)



Figura 1: Interno della Chiesa del Gesù a Mirandola (MO)

Viene assicurato che sarebbe stato fatto tutto il possibile per realizzare lavorazioni definitive qualora le condizioni del sito e della struttura fossero risultati idonei. Nel contempo viene rimarcato il fatto che le precarie condizioni di sicurezza degli spazi interni¹⁶⁰ ostacolavano l'esecuzione di lavorazioni all'interno della chiesa il che avrebbe molto probabilmente impedito di eseguire interventi di carattere definitivo. L'ipotesi di confinamento delle murature del transetto viene quindi abbandonata a favore del ritensionamento delle cerchiature provvisorie già in opera. L'impossibilità di lavorare negli spazi interni della chiesa escludeva anche l'eventualità di un intervento di rinforzo definitivo delle aperture attraverso il montaggio di nuovi architravi e il consolidamento della muratura. Di conseguenza si sarebbe stati obbligati a sostituire gli elementi lignei deteriorati e le sbadacchiature esistenti per ripristinarne l'efficacia. Sempre per motivi di scarsa sicurezza, viene eliminata anche la possibilità di realizzare in modo definitivo il solaio di copertura e si opta per l'installazione di una copertura provvisoria per proteggere l'edificio dagli agenti atmosferici. Da questa esperienza si ricava che l'aver

¹⁶⁰ Per poter garantire la permanenza in sicurezza degli operatori negli spazi interni alla chiesa è necessario consolidare le porzioni di muratura e i controsoffitti pericolanti, nonché le murature perimetrali lesionate. Inoltre, la precaria stabilità delle volte dell'interrato genera dubbi sulla loro tenuta statica verso i carichi dei mezzi necessari all'esecuzione delle opere.

riflettuto sulle possibili implicazioni definitive di queste opere ha permesso di sfruttare il più possibile le loro potenzialità, pratica che raramente è avvenuta nella fretta della fase emergenziale post-sisma. In virtù di questa analisi, l'opera provvisoria di protezione è stata impostata in modo tale da creare un piano di calpestio per svolgere tutte le lavorazioni sia in copertura, sia all'interno della chiesa. Viene invece considerato definitivo (e realizzabile) l'intervento di messa in sicurezza della navata centrale attraverso la ritesatura delle catene esistenti e la posa in opera di nuove.

Viene poi analizzata l'effettiva necessità di realizzare le opere provvisorie previste che hanno un carattere esclusivamente temporaneo: la realizzazione della passerella di protezione, la rimozione delle macerie, il consolidamento delle volte della cripta, la successiva installazione dei ponteggi a consolidamento delle volte soprastanti. Tutte operazioni concatenate e che, seppur costose e temporanee, sono indispensabili per ripristinare progressivamente condizioni di sicurezza adeguate per lo svolgimento delle lavorazioni all'interno della chiesa.¹⁶¹

Altre volte, accade addirittura che gli interventi di messa in sicurezza abbiano già un carattere definitivo. È il caso del telaio strutturale della Chiesa di Santa Caterina a Novi di Modena (MO). L'intervento di messa in sicurezza (illustrato nell'Allegato E), progettato dal Prof. Ing. Faccio, è consistito nell'installazione di telai modulari in legno lamellare con funzione di copertura "provvisoria". Si tratta di una struttura autonoma che si affianca alle murature antiche della chiesa, ripristinandone la stabilità e offrendosi come struttura portante cui applicare, in fase di restauro finale, le definitive finiture di chiusura, in sostituzione di quelle temporanee. Interventi di questo tipo richiedono però particolari condizioni per poter essere applicate. In questo caso, infatti, l'intervento è stato realizzato a distanza di circa un anno, a crisi sismica terminata. Inoltre, in fase emergenziale erano già state realizzate opere provvisorie di puntellamento e cerchiatura. Ad ogni modo, applicata in combinazione con altri minimi presidi di sicurezza, atti a garantire condizioni adeguate allo svolgimento delle lavorazioni, la tecnica proposta in quest'occasione ha ottenuto risultati molto positivi permettendo di approfondire la conoscenza del bene, in vista della progettazione dell'intervento di ripristino e restauro, senza ulteriori sprechi di materiale e di costi. Infatti, il telaio interno in legno lamellare, con le opportune finiture, potrà restare in loco ed essere integrato nel restauro finale della chiesa.

¹⁶¹ Anche lo smontaggio delle opere d'arte presenti all'interno della chiesa viene considerato necessario per esaminare il quadro fessurativo senza ostacoli.



Figura 2: Telaio in legno lamellare all'interno della Chiesa di Santa Cateina di Alessandria a Novi di Modena (MO)

Altri esempi di interventi di messa in sicurezza definitivi si trovano allargando lo sguardo al di fuori del sisma emiliano. Spostandosi nel panorama milanese, ad esempio, l'intervento di messa in sicurezza realizzato nel castello Visconteo di Trezzo sull'Adda ha trovato una propria configurazione “definitiva”. La fortezza, una delle principali fortificazioni lombarde del XII secolo, ha subito nel corso del tempo numerose trasformazioni e asportazioni di materiali che l'hanno ridotta allo stato di rudere.¹⁶² Tra

¹⁶² (Jurina & Radelli, 2016) – Il Castello Vecchio, baluardo difensivo nelle lotte tra comuni e Federico Barbarossa e stato rivisitato e ampliato nel 1370 con la costruzione del Castello Nuovo. In seguito è stato utilizzato prima

i resti, un muro verticale in mattoni e ciotoli, che in passato sosteneva lo scalone d'onore, era rimasto isolato: la parete molto snella (18 metri d'altezza e 23 metri di larghezza) completamente libera da qualsiasi vincolo o ritegno rischiava di crollare. Di recente rivalutata l'importanza storica del sito, nasce la volontà di mettere in sicurezza le sue architetture sia per garantirne la conservazione, sia per permettere l'accesso ai visitatori. Da un punto di vista strettamente strutturale, sarebbe bastata l'installazione di ponteggi su entrambe i lati per impedire il ribaltamento del muro ma, trovandosi ad operare in un contesto di valore, l'obiettivo perseguito non è stato solo quello della sicurezza. La soluzione proposta dal Prof. Ing. Jurina, progettista dell'intervento, ha permesso di stabilizzare il muro mediante la posa in opera, su ogni lato, di 12 stralli inclinati in trefoli d'acciaio zincati a caldo ($\Phi 14\text{mm}$), ancorati da un lato alla muratura (su due livelli diversi) e dall'altro a terra, permettendo anche la piena fruibilità del luogo e la valorizzazione degli spazi. L'intervento infatti si integra gentilmente con le altre architetture, estremamente leggero, percepibile solo da chi vuole vederlo e studiato anche dal punto di vista formale. A tal proposito, la ripetività di elementi modulari uguali aiuta a creare un senso di ordine e forma. Reversibile e non invasivo, l'ancoraggio degli stralli al setto murario, punto più delicato, sfrutta la presenza delle buche pontai, evitando così qualunque ulteriore danneggiamento alla muratura. L'aggancio alla muratura avviene mediante un dispositivo composto da due piastre ellittiche in acciaio inox (diametro massimo 350 mm e spessore 15+15 mm), poste sui due lati del paramento e collegate al centro da una barra filettata di acciaio ($\Phi 30\text{mm}$), passante attraverso le buche pontai, in grado di serrare le piastre tra loro, comprimendo e confinando localmente la muratura. Alla piastra ellittica è infine saldata una costolatura centrale per consentire l'aggancio degli stralli. L'ancoraggio a terra è invece meno reversibile ma comunque non impattante sulle strutture storiche: è realizzato per mezzo di micropali verticali in acciaio, inseriti nel terreno fino a una profondità di almeno 7 metri.

come caserma, poi come residenza signorile e infine, nel XIX secolo, come cava di ceppo e puddinga. I blocchi di pietra sono così stati prelevati e venduti nella vicina Milano: solo le strutture in muratura, come la massiccia torre che affianca l'ingresso e parte delle mura di cinta, sono rimaste integre grazie all'impossibilità di prelevare i laterizi. Nel XX secolo viene rivalutata la valenza di testimonianza storica del luogo e si intraprendono attività di valorizzazione.

Inizialmente previsto e progettato come provvisorio, l'intervento è poi rimasto in opera in modo definitivo poiché ritenuto adeguato dalla committenza.¹⁶³ Ciò è stato possibile anche grazie alla possibilità di ritesare i cavi, dotati di tenditori a canaule alle estremità, successivamente all'installazione, in funzione degli assestamenti e delle dilatazioni termiche che possono verificarsi col passare del tempo.¹⁶⁴ Se fin da subito vi fosse stata l'intenzione di creare una messa in sicurezza definitiva, si sarebbe potuto avere un'ulteriore piccola accortezza, ovvero quella di usare acciaio inox per i trefoli, invece che acciaio zincato a caldo.



Figura 3: Muro isolato nel castello di Trezzo sull'Adda, consolidato con stralli in acciaio.

¹⁶³ (Jurina & Radelli, 2016)

¹⁶⁴ (Jurina & Radelli, 2016) - Il tesaggio è operato per fasi, rispettando le simmetrie, sotto stretto monitoraggio onde evitare ulteriori dissesti al muro. Come spesso avviene, però, la ritesatura periodica, nonostante sia prevista nel libretto di manutenzione, non viene mai effettuata rischiando di compromettere l'efficacia dell'intervento.

Altre volte ancora, accade che l'intervento di messa in sicurezza venga riproposto nell'intervento definitivo. Ne è un esempio quanto avvenuto nella seicentesca Chiesa di San Bartolomeo in Vigellio di Salussola (Biella). Consacrata una nuova chiesa nel 1973, inizia la fase di abbandono dell'edificio storico. La mancanza di manutenzione lo trasforma velocemente in rudere: insorgono i primi dissesti strutturali che progressivamente diventano un rischio per la sicurezza della pubblica via e delle vicine abitazioni private. Nel 1998 il comune attua un primo intervento di messa in sicurezza, rimuovendo gli elementi pericolanti (soprattutto in copertura) e apponendo dei puntelli di contrasto in legno¹⁶⁵ per fermare il ribaltamento dell'abside e della parete laterale dell'aula. I presidi avrebbero dovuto restare in loco solo per qualche mese prima dell'intervento definitivo: per questo è stata scelta la soluzione più economica (puntello in legno) e di facile e veloce realizzazione (puntello di contrasto appoggiato agli edifici adiacenti): l'opera è invece rimasta il loco per 17 anni.¹⁶⁶

Progressivamente lo stato di danno dell'edificio peggiora: le murature avvolte dalla vegetazione si disgregano, le volte si fessurano, le coperture crollano. Le lesioni nell'arcone che divide la navata centrale dal coro, già puntellato, denunciano precarie condizioni di stabilità. Nel 2015 è necessario un nuovo intervento di messa in sicurezza temporanea, in sostituzione del precedente ormai non più efficace. L'interno viene ripulito e le parti pericolanti (copertura e volte) smontate. Il puntellamento in legno dell'arco trionfale, molto degradato, viene sostituito con una metodologia innovativa. Si tratta di un sistema di puntellamento intradossale formato da quattro elementi in acciaio e una cerchiatura con fasce in poliestere che imbragano la muratura dell'arco in più punti e lo collegano a ponteggi esterni con due coppie di fasce disposte a V rovescia. Un'altra fascia tesata e disposta in orizzontale collega i ponteggi esterni fungendo da catena estradossale. L'arco risulta così confinato e al tempo stesso appeso ai ponteggi esterni per prevenire situazioni di collasso. Inoltre, per bloccare il ribaltamento verso l'esterno della parete laterale dell'aula, viene proposta la sostituzione dell'ingombrante puntello ligneo esterno con un sistema di tiranti interni composto di quattro funi in acciaio inclinate che collegano la sommità della muratura al terreno. Il ribaltamento del setto verso l'interno viene impedito dalle volte esistenti, opportunamente puntellate. Questi presidi, più leggeri, meno ingombranti, durevoli, reversibili e rispettosi del bene, hanno

¹⁶⁵ Il sistema di puntellamento è formato da sei coppie di triangoli, allineati su due livelli, così da raggiungere anche le parti sommitali delle murature della chiesa.

¹⁶⁶ (Jurina, Radelli, & De Capitani, 2017)

permesso di ripristinare la sede stradale ma tuttavia non evitano la necessità di consolidare la struttura in modo definitivo.



Figura 4: Messa in sicurezza dell'arco trionfale della Chiesa di San Bartolomeo a Salussola (BI).

Una proposta di consolidamento strutturale e di riutilizzo della chiesa di San Bartolomeo è stata sviluppata all'interno di una tesi della Scuola di Architettura del Politecnico di Milano.¹⁶⁷ Nel documento si propone, per il rinforzo dell'arco, una tecnica simile a quella della messa in sicurezza ma con carattere definitivo: l'installazione di un tubolare in acciaio calandrato al profilo intradossale dell'arco, collegandolo alla nuova trave reticolare di copertura mediante quattro coppie di barre esterne a vista. In questo modo l'arco viene “appeso”: il sistema attivo, ritesabile e reversibile induce un efficace effetto di compressione nella muratura dell'arco, riducendo i dannosi sforzi di trazione che lo hanno portato all'attuale stato fessurato. Per quanto riguarda il ribaltamento delle pareti dell'aula, sfruttando la proposta di adibire tale ambiente a spazio espositivo, l'ipotesi progettuale ha previsto la realizzazione di una passerella strutturale¹⁶⁸ che, dal

¹⁶⁷ (Curtaz & De Capitani, A.A. 2014/2015)

¹⁶⁸ (Curtaz & De Capitani, A.A. 2014/2015) - La passerella è composta da moduli quadrati 160x160 cm con travi HEA sui bordi mentre i piatti in acciaio disposti a croce garantiscono un efficace controventamento. Elementi puntuali di collegamento tra la nuova struttura e la muratura fungono da ritegno impedendo il ribaltamento. Per poter coprire luci importanti (7 metri circa) mantenendo la struttura entro spessori ragionevoli

tetto delle navate laterali, circonda l'abside all'esterno, combinando l'aspetto strutturale di cerchiatura e l'aspetto funzionale di percorso di visita in quota.



Figura 5: Estratto della proposta progettuale per il consolidamento della Chiesa di San Bartolomeo a Salussola (BI) - (Curtaz & De Capitani, A.A. 2014/2015)

Tuttavia, interventi di questo tipo, che lasciano gli elementi di consolidamento a vista, trovano grande difficoltà ad essere accettati. A tal proposito, si ricorda la vicenda dell'arco di Spello, i cui conci dissestati dal terremoto del 1997 erano stati messi in sicurezza con un “piccolo presidio in metallo” che Doglioni ascrive al restauro critico: *“con un solo gesto, ricostruiva il contatto tra i conci e la curva delle pressioni serrando l'arco di cui integrava la forma, riuscendo ad essere allo stesso tempo robusto ed esile, affine e diverso.”*¹⁶⁹ Nata come opera provvisoria, l'intervento aveva tutte le potenzialità per restare in loco in modo definitivo. Purtroppo il sottile arco metallico è poi stato sostituito con un mimetico intervento di risarcitura della muratura.

si è optato per un parapetto strutturale ossia una struttura reticolare che collabora con i sottostanti profili in acciaio, incrementando rigidità e resistenza.

¹⁶⁹ (Doglioni, 2008, p. 152)



Figura 6: Arco di Spello, Perugia. A sinistra, presidio metallico di sicurezza dell'arco dissestato; a destra intervento definitivo di risarcitura.

2 OCCHIO NON VEDE, CUORE NON DUOLE?

La preferenza di un sistema di consolidamento non percepibile dall'osservatore emerge anche dai pareri della *Commissione Congiunta* espressi in merito ai progetti di ripristino dei danni post-sisma 2012. Solo per citare uno dei tanti esempi, nella relazione tecnico-illustrativa generale del progetto esecutivo di riparazione post-sisma 2012 della Chiesa di Santa Maria Assunta a Reggiolo (RE) si legge relativamente al consolidamento della cella campanaria:

"il progetto esecutivo recepisce pienamente la prescrizione indicata dalla Commissione Congiunta relativa alle cerchiature esterne provvedendo l'installazione di profili metallici di rinforzo prevalentemente all'interno del campanile, quindi non visibili all'esterno, e limitando gli interventi esterni all'installazione di cerchiature continue solo in corrispondenza delle linee di gronda esistenti, in zona non visibile da basso, piastre metalliche di contrasto di dimensione ridotta, collocate in angoli e zone non visibili dal basso, capochiave a paletto di tipo tradizionale nelle zone visibili."

Spesso gli interventi di consolidamento fanno ampio uso di catene iniettate anziché ancorate esternamente, riducendo così l'efficacia del rinforzo per problemi di carattere conservativo e di tutela: la tendenza è quella di nascondere gli elementi di consolidamento soprattutto nelle parti di maggior pregio, come all'interno della chiesa e in facciata. Così, anche i pareri della *Commissione Congiunta* si esprimono spesso favorevolmente sugli ancoraggi-radice mentre approvano soluzioni con capochiave esterno solo se "*opportunamente mascherato se in facciata*". In generale, le tecniche tradizionali non trovano ostacoli ad essere accettate mentre le soluzioni più innovative, che danno visibilità all'intervento, suscitano incertezze e perplessità tali da richiedere l'adozione di stratagemmi per occultarne la vista. Le catene vengono nascoste sopra i cornicioni, le cerchiature vengono spostate all'interno degli edifici, gli ancoraggi esterni vengono ricoperti con intonaco.

D'altronde, il consolidamento viene spesso, ma erroneamente, considerato come un semplice intervento tecnico, finalizzato a garantire la sola stabilità della struttura. Eppure le problematiche connesse alla sicurezza strutturale sono quelle che, con maggiore

facilità, interferiscono con le esigenze di conservazione.¹⁷⁰ Per questo motivo il consolidamento degli edifici storici non può eludere gli aspetti di tutela e rispondere a regole indipendenti da quelle del restauro. L'integrazione degli aspetti tecnici, funzionali e formali diventa indispensabile per arrivare ad un intervento sul patrimonio culturale efficace e rispettoso del suo valore. Tale integrazione implica però un nuovo tipo di approccio al consolidamento: sottoposto agli stessi principi che sono alla base della conservazione del patrimonio architettonico, anche l'elemento di rinforzo acquista un proprio valore, oltrepassare il confine di semplice mezzo tecnico per la sicurezza e diventando elemento figurativo in grado di valorizzare la costruzione.

2.1 ASPETTI TECNICI E FORMALI NEL CONSOLIDAMENTO

Elementi di consolidamento sono da sempre usati nelle costruzioni per migliorare la stabilità della struttura. Inseriti in fase di costruzione o aggiunti a posteriori per arginare dissesti nel frattempo sopravvenuti, questi strumenti sono spesso stati considerati solo dal punto di vista tecnico, raramente mostrati con orgoglio quali elementi di valore di cui l'edificio andava fiero.¹⁷¹

Si consideri, ad esempio, una delle tecniche di rinforzo che ha avuto maggiore diffusione nella tradizione costruttiva occidentale: l'inserimento di catene o tiranti. Questi elementi lineari sono usati fin dall'antichità per assorbire parte delle sollecitazioni orizzontali (forze sismiche, spinta di archi e volte) o per evitare il ribaltamento dei setti murari. La percezione di questi elementi, strettamente legata alla cultura del tempo, ha influenzato in diversa misura la loro applicazione; materiale e collocazione delle catene hanno subito variazioni dettate non solo da esigenze strutturali ma anche da esigenze di tutela. Le vistose ed ingombranti catene lignee vengono progressivamente sostituite da profili in ferro di maggiore snellezza. Nel Cinquecento, il materiale e il posizionamento di questi presidi veniva scelto in modo da non inficiare l'efficacia del dispositivo a causa del prematuro arrugginimento.¹⁷² Tuttavia, la loro presenza era considerata un "*male necessario*" per sopperire alle carenze strutturali della muratura e pertanto si cercava di

¹⁷⁰ (Blasi, 2019, p. 58)

¹⁷¹ I maestosi archi rampanti e contrafforti delle cattedrali medievali costituiscono un esempio di come, talvolta, un elemento strutturale possa assumere anche un indubbio valore estetico-architettonico.

¹⁷² (Serlio, 1584)

occultare i capochiave all'interno della struttura e di nascondere le catene all'interno della volta.¹⁷³ Nel '600 e '700 l'utilizzo di trinati, fortemente sconsigliato in fase di progetto per fattori estetici e culturali, era invece ritenuto doveroso ed efficace se effettuato come rinforzo strutturale di fabbriche ammalorate. Nel 1781, Francesco Milizia, che riconosce l'importanza di questi presidi, vuole denunciarne esplicitamente la presenza all'osservatore¹⁷⁴. Nel 1849, in Inghilterra, anche John Ruskin supporta l'utilizzo di questa tecnica, accettandone *"la bruttezza"*¹⁷⁵. Qualche decennio dopo, Jean Baptiste Rondelet denuncia le strategie adottate nel contesto francese per evitare il deturpamento delle facciate, spesso a scapito dell'efficienza strutturale¹⁷⁶. Per arginare questa pratica, Rondelet propose, in occasione del consolidamento del Conservatorio delle Arti e dei Mestieri, una nuova tipologia di capochiave: delle piastre circolari in ghisa dotate di un bullone per la messa in tensione del tirante¹⁷⁷.

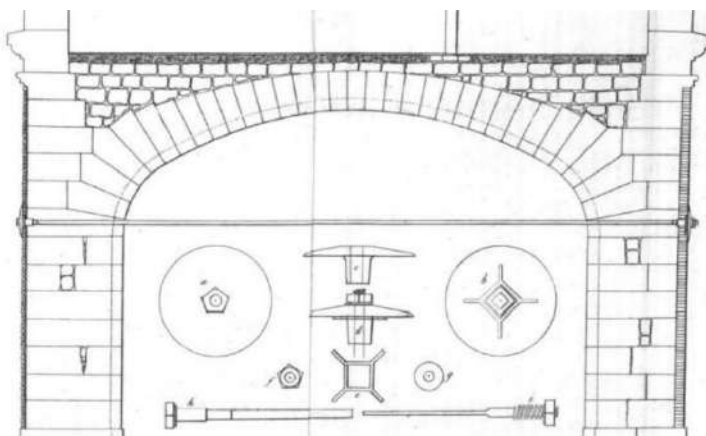


Figura 7: Progetto di capochiave a piastra in ghisa con bullone di tensionamento. – Estratto dalla tavola CXLIII di (Rondelet, 1832).

¹⁷³ (Rocco, A.A. 2013-2014, p. 23-25)

¹⁷⁴ (Milizia, 1781) – *"Quando la necessità porta ad impiegar tali spranghe di ferro, s'impieghino, come si spacciano da' Mercanti, senza punto diminuirne la grossezza; basta solo batterne le estremità, per fare l'occhio e l'uncino."*

¹⁷⁵ (Ruskin, 1849) – *"[...] dove la struttura muraria mostra delle smagliature, tenetela compatta usando il ferro; e dove essa cede, puntellatela con travi: e non preoccupatevi per la bruttezza di questi interventi di sostegno [...] e più di una generazione potrà ancora nascere e morire all'ombra di quell'edificio."*

¹⁷⁶ (Rondelet, 1832) – *"[...] ed allora vi si dava la forma d'un S oppure d'un Y per abbracciare una più grande estensione di muro; ma ora, per non nuocere all'effetto delle facciate, benché questo modo non sia così solido, si fanno dritte e s'incassano per 2 o 3 pollici per nascondere alla vista."*

¹⁷⁷ L'operazione richiedeva il preventivo riscaldamento della barra per allungarla durante la fase di serraggio. Il successivo raffreddamento conferiva al tirante uno stato di trazione in grado di affrontare le spinte orizzontali.



Figura 8: Esempi di capochiave con particolari connotazioni artistiche. A sinistra paletto di ancoraggio decorato con giglio in Palazzo Notar Nanni a L'Aquila; a destra Piastra di ancoraggio con decorazioni floreali nell'Ex Lanificio Lombard a Stia.

Se nel passato non sono rari gli esempi in cui i capochiave a stanghetta e bolzone acquistano particolari connotazioni artistiche¹⁷⁸ a sottolineare la cura dedicata a questi elementi, in tempi più recenti si assiste invece ad una progressiva perdita di attenzione, più o meno volontaria, per gli aspetti formali del consolidamento. In particolare nel XX secolo si affermano due tendenze tra loro opposte: in una prevalgono gli aspetti ingegneristici legati alla sicurezza della struttura, nell'altra predominano invece gli aspetti formali legati alla conservazione.¹⁷⁹ Il prevalere dell'una o dell'altra opzione porta, in ogni caso, a esiti insoddisfacenti su entrambi i fronti.

L'euforia per le elevate prestazioni dei nuovi materiali, supportati dai modelli di calcolo, ha portato spesso all'estensione del loro impiego a tutti i settori, compreso il restauro del patrimonio storico dove viene imposto, come unico vincolo operativo, il rispetto della continuità formale dell'opera.¹⁸⁰ All'interno di questo orientamento hanno trovato ampio impiego tecniche che, seppur invasive, permettono di nascondere l'intervento di consolidamento, al fine di non modificare l'aspetto esteriore della

¹⁷⁸ (D'Antonio, 2013) – Ne sono un esempio i capochiave rinascimentali oranti con decorazioni floreali quali gigli, foglie o croci.

¹⁷⁹ (Blasi, 2017, p. 740-747)

¹⁸⁰ (Marmo, 2007, p. 19-28, 44) – L'uso del cemento armato nel restauro viene ufficialmente consentito nel 1931, durante la Conferenza di Atene (Cfr. il punto V della Carta di Atene: *“Gli esperti [...] approvano l'impiego giudizioso di tutte le risorse della tecnica moderna, e più specialmente del cemento armato. Essi esprimono il parere che ordinariamente questi mezzi di rinforzo debbano essere dissimulati per non alterare l'aspetto ed il carattere dell'edificio da restaurare”*

costruzione storica su cui si interviene. Capochiave celati sotto l'intonaco, con la conseguente perdita del materiale storicizzato, reticoli cementati all'interno della muratura con barre metalliche iniettate e non reversibili,¹⁸¹ placcaggio di superfici con materiali fibrorinforzati che alterano l'originario comportamento strutturale sono solo alcuni esempi di interventi che privilegiano la conservazione dell'aspetto formale del bene storico, riconosciuto prevalentemente attraverso la sua apparenza figurativa.

In altri casi si presta, invece, eccessiva preoccupazione ai soli aspetti di sicurezza giungendo a risultati incompatibili con i valori architettonici dell'edificio. Cordoli in calcestruzzo armato, solai in latero-cemento, cerchiature, capochiave e controventature sono, in questi casi, ben evidenti e inseriti con totale indifferenza al linguaggio architettonico dell'edificio consolidato. In questo caso l'unico obiettivo è quello di ridare alla costruzione un adeguato livello di stabilità, considerando l'elemento di consolidamento come un mero mezzo tecnico privo di qualsiasi capacità espressiva.



Figura 9: A sinistra, esempio di controventi a vista in un convento seicentesco; a destra, dissesti nella parte sommitale della torre angolare della Rocca Estense di San Felice sul Panaro (MO) causati, in occasione del sisma 2012, dalla presenza di un cordolo in c.a. inserito nel restauro degli anni '70.

¹⁸¹ (Lizzi, 1981, p. 13-40)

Alcune di queste pratiche, ampiamente diffuse e ‘*alla moda*’, presentate come oggettivi risultati derivati dalla ricerca scientifica, si sono dimostrate nel tempo del tutto inefficaci, se non addirittura nocive per la struttura stessa, come dimostrato dagli ultimi eventi sismici. Ad esempio, il terremoto emiliano del 2012 ha messo in evidenza la frequente inefficacia dell’inserimento di cordoli in cemento armato nella parte sommitale delle costruzioni storiche. Infatti, l’elevata differenza tra la rigidità della muratura originaria, non precedentemente consolidata, e quella del cemento armato ha creato, in molti casi, un’eccessiva concentrazione di tensioni all’interfaccia tra i diversi materiali e il conseguente slittamento (e collasso) del cordolo e della soprastante copertura rispetto alla parte sottostante. Da ciò si può intuire che anche il controllo scientifico e operativo nelle scelte conservative lascia ampio margine all’interpretazione e alla valutazione dei dati.¹⁸²

Ad ogni modo, gli apporti delle nuove competenze specialistiche e delle innovazioni tecnologiche hanno contribuito, senza dubbio, al progresso delle tecniche conservative offrendo grandi potenzialità operative. Gli eccessi avvenuti nell’ultimo secolo sono derivati, in alcuni casi, dall’assenza di un atteggiamento critico nei confronti dell’intervento¹⁸³, guidato da eccessiva fiducia nel dato scientifico o presunto tale, in altri, dalla mancanza di consapevolezza del significato culturale del manufatto, lasciando spazio ad una percezione del grado di invasività dell’intervento variabile a seconda dell’aspetto cui viene data maggiore importanza.¹⁸⁴

La necessità di garantire un controllo unitario e organico¹⁸⁵ che tenga conto di tutte le istanze legate alla fabbrica storica è stata sottovalutata¹⁸⁶: gli aspetti tecnici e strutturali vengono gestiti separatamente dagli aspetti formali ed conservativi non solo nel “più generale” restauro ma anche, e soprattutto, nel “più specifico” consolidamento, spesso considerato “*la forma ingegneristica del restauro e talvolta la sua parte per il tutto.*”¹⁸⁷

¹⁸² (Fiorani, 2009, p. 48)

¹⁸³ In realtà, la stessa normativa in vigore a quell’epoca suggeriva e auspicava interventi di questo tipo. Si pensi, ad esempio, al D.M. 2/7/1981 Normativa per le riparazioni ed il rafforzamento degli edifici danneggiati dal sisma nelle regioni Basilicata, Campania e Puglia con la relativa Circ. Min. L.L.P.P. 30/7/1981 N°21745 Istruzioni relative alla normativa tecnica per la riparazione ed il rafforzamento degli edifici in muratura danneggiati dal sisma (Legge 14 maggio 1981 N°219 - Art.10).

¹⁸⁴ (Marmo, 2007, p. 159-174); (Modena, Da Porto, & Valluzzi, 2012); (Modena, 2005)

¹⁸⁵ (Modena, et al., 2010)

¹⁸⁶ (Fiorani, 2009, p. 53)

¹⁸⁷ (Doglioni, 2008, p. 121-152)

Anche l'evoluzione delle conoscenze, sempre più approfondite e specialistiche, da cui deriva la conseguente separazione tra la figura dell'ingegnere, dedito alla “*scienza delle costruzioni*” e agli aspetti prettamente tecnici, e dell'architetto, cultore dell'arte e garante degli aspetti formali dell'architettura, ha contribuito ad affermare questa scissione tra struttura e forma.

Inoltre, la richiesta, sempre più frequente, di una struttura che non turbi la forma complessiva o che non sia visibile conduce, come osserva Francesco Doglioni, a considerare le questioni strutturali come una variabile indipendente, o addirittura ininfluente, da affrontare separatamente dalle tematiche conservative e formali: con la diffusione di questa “filosofia di pensiero”, appare improbabile la volontà di cercare una funzione estetica per elementi strutturali, tantomeno di consolidamento.¹⁸⁸

Tuttavia, questa dicotomia sembra crearsi solo nella prassi progettuale mentre, da un punto di vista teorico, il rapporto che dovrebbe sussistere tra restauro e consolidamento appare evidente. Le numerose discussioni nate negli ultimi decenni dichiarano espressamente la volontà di ripristinare l'originaria unitarietà del fare conservativo, applicando anche all'intervento di consolidamento gli stessi principi del restauro architettonico. Scrive Giovanni Carbonara:

“Restauro e consolidamento non possono essere considerate come variabili indipendenti, anche se ciò si manifesta nella pratica. [...] Basti considerare l'artificiosa distinzione tra “progetto di consolidamento” e “progetto di restauro”, che fonda sull'assunto, tutto da dimostrare, che in un'antica costruzione i problemi statici e quelli dei singoli materiali possono essere isolati e trattati separatamente dalla più generale comprensione dell'organismo architettonico; e che possano, di conseguenza, venire studiati da un esclusivo punto di vista tecnico, fisico e matematico, senza riferimento alla ricerca storico-critica, l'unica in grado d'illuminare la temperie culturale e la “volontà” artistica che ha prodotto la struttura in esame. Il consolidamento invece deve rispondere a quelle stesse regole che guidano il restauro (oltre che alle leggi proprie della statica, della scienza delle costruzioni ecc.) e divenire un'accezione del restauro stesso.”¹⁸⁹

¹⁸⁸ (Doglioni, 2008, p. 121-152)

¹⁸⁹ (Fiorani, 2009, p. 21-22)

L'accettazione di questo approccio metodologico all'interno degli ambienti propri del restauro architettonico è riconosciuta anche a livello normativo. Il Codice dei Beni Culturali precisa, infatti, che:

“Per restauro si intende l'intervento diretto sul bene attraverso un complesso di operazioni finalizzate all'integrità materiale ed al recupero del bene medesimo, alla protezione ed alla trasmissione dei suoi valori culturali. Nel caso di beni immobili situati nelle zone dichiarate a rischio sismico in base alla normativa vigente, il restauro comprende l'intervento di miglioramento strutturale.”¹⁹⁰

Ciononostante, a livello pratico si nota ancora indifferenza verso i principi riconosciuti dalla teoria del restauro. Questo atteggiamento risulta, poi, particolarmente evidente nei casi in cui l'intervento non riguardi la conservazione del bene nel suo complesso ma sia localizzato e mirato alla risoluzione di una specifica problematica strutturale. Infatti, in un progetto di restauro complessivo (che comprende interventi di conservazione, consolidamento, valorizzazione, rifunzionalizzazione etc..) risulta forse più naturale sottoporre anche le questioni strutturali agli stessi principi che guidano gli altri aspetti del progetto. Meno immediato risulta invece applicare questi principi, propri del restauro, ai casi in cui la limitatezza delle risorse disponibili permette il solo consolidamento del monumento o la sua messa in sicurezza, come d'altronde spesso accade in seguito al sopraggiungere di danni strutturali causati da eventi traumatici o da criticità intrinseche alla costruzione.

2.2 IN EQUILIBRIO TRA STRUTTURA, FORMA E FUNZIONE

Se da un punto di vista teorico è ormai riaffiorata la consapevolezza, forse mai del tutto scomparsa, che il consolidamento strutturale andrebbe concepito non solo nei suoi aspetti tecnicistici ma anche in relazione alla conservazione e valorizzazione degli aspetti storici e formali dell'edificio, da un punto di vista prettamente pratico si nota ancora un certo discostamento tra le due istanze. Si avverte dunque la necessità di incentivare ed orientare la prassi della progettazione degli interventi di consolidamento sul patrimonio storico verso una ritrovata sensibilità. Ciò assume ulteriore importanza nei casi in cui si

¹⁹⁰ (D.L. 22/01/2004 n.42) – Sezione II: Misure di conservazione, Art. n.29: Conservazione

opera sul manufatto senza un vero e proprio restauro complessivo ma con singoli interventi di rafforzamento locale, partica comune, soprattutto a valle di eventi traumatici.

Nei paragrafi successivi si illustrano idee e progetti che hanno cercato un punto di incontro tra le molteplici esigenze coinvolte nel restauro delle costruzioni storiche: esigenze strutturali, funzionali e formali. Tutti gli esempi di seguito proposti si basano sul presupposto che anche l'inserimento di un elemento di consolidamento possa essere testimone della storia – attuale – dell'edificio e che, pertanto, non debba essere necessariamente nascosto per rispettare il carattere storico e artistico della fabbrica. Al contrario, in quanto parte aggiunta e in vista, può esso stesso oltrepassare il confine dello strumento tecnico e diventare elemento figurativo, espressione del linguaggio architettonico contemporaneo.¹⁹¹ Ciò presuppone la necessità e la capacità di condurre una ricerca formale in grado di tradurre le esigenze tecniche dettate dalla funzione di rinforzo strutturale o da altre funzioni in un valore aggiunto.

La ricerca di idee progettuali parte dalla rielaborazione delle tecniche di consolidamento abitualmente impiegate per fronteggiare i principali meccanismi di dissesto, causati da criticità intrinseche alla struttura o dall'azione di forze esterne (sismiche) agenti sulla stessa. In particolare, con riferimento alla classificazione dei meccanismi di collasso e delle tecniche di intervento proposte dalla *Direttiva per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale*¹⁹², si riportano casi esemplificativi o idee progettuali tratti da casi studio affrontati nell'ambito di consulenze scientifiche o da esperienze realizzate nel settore del restauro di edifici storici.

2.2.1 *Catene e illuminazione*

Tra le prime tecniche di intervento suggerite dal DPCM del 9 febbraio 2011 vi sono quelle mirate al miglioramento dei collegamenti al fine di garantire il comportamento scatolare delle strutture ed impedire i meccanismi di ribaltamento fuori dal piano. Come già accennato, l'inserimento di tiranti e catene rappresenta, fin dall'antichità, una delle tecniche più diffuse, in grado di garantire un elevato grado di connessione tra le murature ortogonali. Tradizionalmente vengono utilizzate barre metalliche, all'interno o in

¹⁹¹ (Ferrari, 2017, p. 353-362)

¹⁹² (D.P.C.M. 09/02/2011)

adiacenza della muratura, connesse ai paramenti murari per mezzo di capochiave a paletto o a piastra.

Talvolta, associare agli elementi di rinforzo funzioni diverse da quella strutturale, può favorire una progettazione più attenta, incentivandone la ricerca figurativa.

Un esempio si ritrova nella proposta di consolidamento di Palazzo Costabili a Ferrara,¹⁹³ fortemente danneggiato dall'evento sismico del 2012. In particolare, l'angolo del basso fabbricato adibito a biglietteria ha visto l'attivazione del meccanismo di I modo a ribaltamento composto. La proposta di consolidamento ha suggerito l'inserimento di due catene esterne collegate tra loro, in corrispondenza dell'angolo, da una piastra angolare in acciaio. La presenza, nelle immediate vicinanze, del sistema di videosorveglianza ha suggerito, anche in questo caso, l'integrazione tra i due elementi: la nuova piastra angolare diventa, così, sia elemento di collegamento delle catene sia supporto per l'installazione della videocamera di sorveglianza.



Figura 10: Angolo della biglietteria di Palazzo Costabili a Ferrara. Le lesioni inclinate in corrispondenza dell'angolo (a sinistra) denunciano l'attivazione di un meccanismo di ribaltamento composto fuori dal piano (al centro). L'inserimento di una cerchiatura esterna ne impedisce il collasso e allo stesso tempo permette di ridurre l'impatto visivo degli impianti in facciata (a destra).

¹⁹³ Consulenza scientifica operata nell'ambito della Convenzione stipulata tra il Dipartimento di Ingegneria Civile, dell'Ambiente, del Territorio e Architettura (DICATEA) dell'Università degli studi di Parma e la Direzione Regionale per i Beni Culturali e Paesaggistici dell'Emilia Romagna per ricerche sulla vulnerabilità sismica di Palazzo Costabili (detto di Ludovico il Moro), secondo il livello LV3 previsto dalla DPCM del 09.02.2011 (G.U. n. 47/26.02.2011), finalizzate alla definizione di tecniche di intervento compatibili.

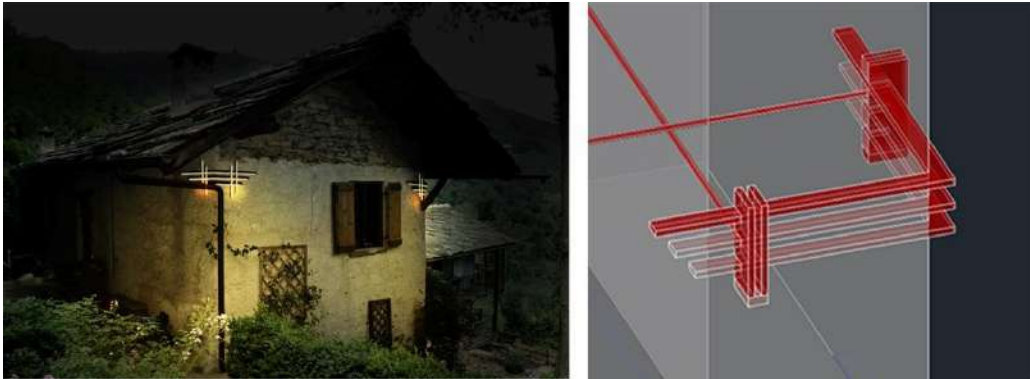
La forma triangolare nasce dalla volontà di ottimizzare le esigenze strutturali legate alla resistenza della muratura (superficie più ampia nella parte superiore dove vi sono le sollecitazioni maggiori) e le esigenze funzionali legate alla localizzazione della telecamera (facilitare il collegamento della telecamera al sistema di alimentazione), dialogando con il contesto attraverso un linguaggio semplice e chiaro. Inoltre, come spesso accade, in facciata erano presenti cavi elettrici a vista: le catene sono realizzate con dei profili in acciaio sagomato la cui forma a L ha permesso di attenuarne l'impatto visivo dell'impianto elettrico.

Lo stesso principio associativo ha spesso portato all'apposizione di elementi di illuminazione in corrispondenza dei tiranti: non è raro incontrare edifici religiosi le cui navate sono illuminate da grandi lampadari appesi alla mezzeria delle catene. Tuttavia, si tratta spesso di un'aggiunta successiva, ben diversa da una vera e propria integrazione di forma, struttura e funzione pianificata fin dal principio. Eppure, l'unione della funzione di illuminazione alla motivazione strutturale, se progettata in modo integrato e coerente, può dar frutto a numerose applicazioni, adattandosi a diverse tipologie di interventi di consolidamento e conducendo a un'efficace ridefinizione del loro linguaggio figurativo. Tiranti, controventi, travi poste a sostegno dei solai sono tutti elementi che possono diventare elementi lineari di illuminazione così come gli ancoraggi alla muratura di catene o travi di solai di piano e di copertura.

A tal proposito, si ricorda la proposta di consolidamento per un edificio alpino, occasione di sperimentazione di un capochiave esterno con illuminazione a led integrata. Ad un'estremità dell'edificio, i paramenti esterni, in muratura a sasso, presentavano segni di sofferenza a ribaltamento fuori dal piano. Per arginare tale meccanismo si è ritenuto opportuno ricorrere a una delle soluzioni più semplici e tradizionali, ovvero l'inserimento di catene trasversali ai muri ribaltanti, collegate all'esterno attraverso dei capochiave in acciaio. La collocazione degli ancoraggi, dislocati lungo la scala che conduce all'ingresso dell'edificio, ha suggerito l'idea di riunire in questi elementi anche la funzione di illuminazione della via di accesso. La progettazione del capochiave ha così ricercato una configurazione tale da permettere di garantire l'efficacia dell'ancoraggio, calibrata in funzione delle sollecitazioni cui è sottoposto, e di ospitare il punto luce, lasciando a vista l'elemento in facciata. Si propone così un capochiave formato da elementi in acciaio modulari, verticali e orizzontali, componibili per numero e dimensione in funzione delle forze agenti e della collocazione sulla parete (capochiave semplice o angolare). La catena viene ancorata tra i due profili verticali, alla cui base si colloca anche il sistema di illuminazione a led, opportunamente collegato con l'impianto

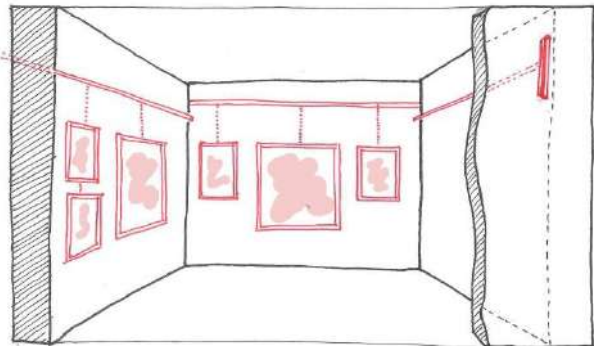
elettrico. Questi esempi dimostrano come, talvolta, un intervento standardizzato e ripetitivo come l’inserimento di catene possa dialogare con l’esistente grazie a semplici accorgimenti che pongano attenzione al contesto.

Figura 11: Proposta di consolidamento di un edificio alpino con integrazione del sistema di illuminazione.



Purtroppo però, proprio per questioni di tutela, mostrare catene e tiranti all’esterno dell’edificio non è sempre pratica accettata e condivisa. Così, questi elementi vengono spesso nascosti all’interno dello spessore murario, sempre per evitare “spiacevoli” effetti visivi negli spazi interni, nonostante ciò risulti alquanto invasivo dal punto di vista della materia storicizzata. Basterebbero, in realtà, piccoli accorgimenti per integrare le catene negli ambienti interni. Ad esempio, si potrebbe sfruttare la presenza di tiranti che scorrono paralleli alle pareti a scopo di allestimento: pensati come supporti per elementi di arredo (per l’affissione di quadri o pannelli, ad esempio), questi elementi potrebbero acquisire un design curato tale da renderli protagonisti dello spazio architettonico.

Figura 12: Illustrazione rappresentativa dell’idea progettuale. Delle sottili catenelle appese alle catene sono usate per arredare l’ambiente interno con quadri o pannelli.



Ad esempio, in occasione di un intervento di consolidamento di una pieve a Rusino (PR), esigenze strutturali (inserimento di un tirante per impedire il ribaltamento del muro longitudinale) e richieste funzionali (creazione di un altare per la Maestà posta al centro della parete trasversale di chiusura della struttura) hanno portato all'elaborazione di un'idea progettuale che traducesse le due istanze in un unico elemento architettonico. Il tirante prende la forma di una sottile mensola che scorre, a vista, al di sotto del dipinto: il design studiato per la catena, in acciaio traforato, ha permesso di integrarla al contesto, inserendola come valore aggiunto.

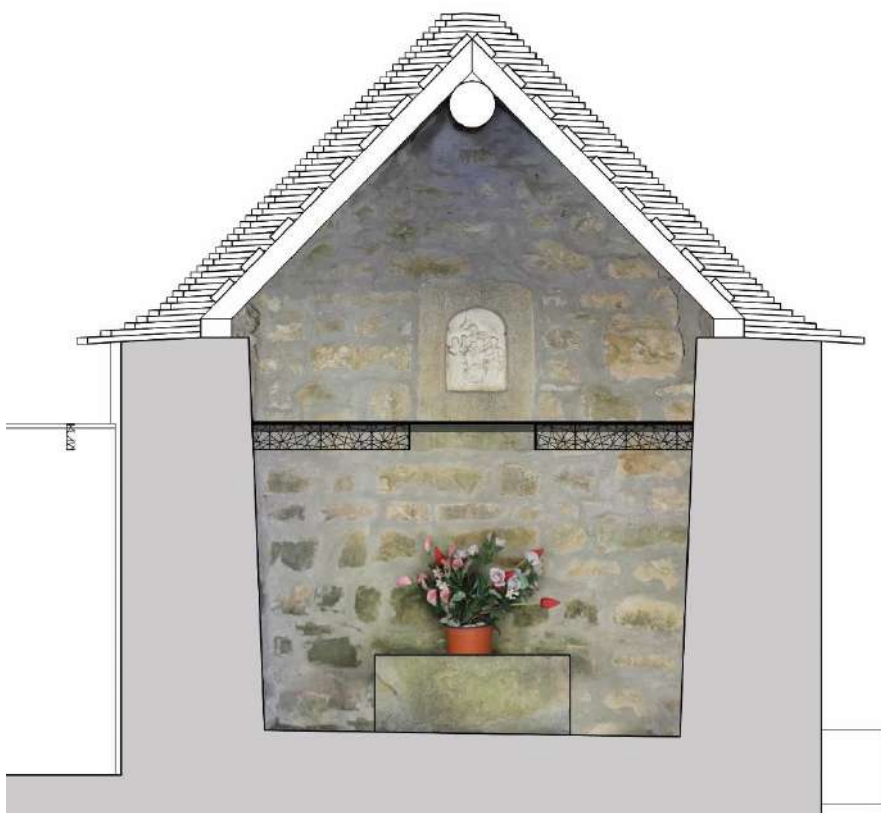


Figura 13: Idea progettuale di consolidamento per la pieve di Rusino. Il tirante a vista funge da altare per la maestà.

Ad ogni modo, se l'aggiunta di una funzione diversa da quella strutturale può favorire una maggiore attenzione alla progettazione dell'elemento di consolidamento, non significa che questo non possa autonomamente essere oggetto di approfondimenti formali. Come in passato, il capochiave può tornare ad assumere particolari connotazioni figurative in grado di apportare valore aggiunto all'edificio. Ciò implica uno studio critico del contesto con il quale l'oggetto deve relazionarsi, rifuggendo soluzioni standardizzate e impersonali, talvolta guidate soltanto da un basso budget economico.

Riproponendo il caso studio di Palazzo Costabili a Ferrara, si sottolinea l'attenzione dedicata alla definizione degli ancoraggi delle nuove catene: i capochiave a paletto riprendono la forma rettangolare di quelli già esistenti, seppur con dimensioni leggermente superiori (6 cm di larghezza e 60 cm di altezza), mentre lo spessore varia da 2 cm alle estremità, per alleggerire l'elemento, fino a 6 cm nella parte centrale, per resistere a flessione. Sopra il dado di serraggio, per il tensionamento del tirante, è stato apposto un copri-dado sagomato di forma quadrata che rievoca, seppur con forme semplificate, i tradizionali capochiave a stanghetta e bolzone. Ciò ha permesso di creare un design dalle forme semplici ed essenziali che richiamasse, con il linguaggio contemporaneo, i capochiave storici già presenti nell'edificio. Fanno eccezione i capochiave delle catene inserite nel porticato del lato sud, caratterizzato dalla successione di cinque archi nella parte centrale. In questa zona erano già presenti sei catene disposte ortogonalmente al lato meridionale ed ancorate sotto-intonaco alle imposte degli archi stessi. Verificata l'eccessiva sollecitazione dei tiranti esistenti, il progetto di consolidamento ha proposto l'inserimento di altrettante catene, impostate al di sopra di quelle già presenti, e ancorate alla facciata tra un arco e l'altro. La posizione del capochiave, in prossimità dell'intersezione tra gli archi, ha portato alla definizione della sua forma: un triangolo. La sagoma di questa piastra, infatti, permette non solo di sfruttare al meglio la resistenza della muratura¹⁹⁴ ma anche di adagiarsi lungo il profilo degli archi armonizzandosi con le forme esistenti.

2.2.2 Cerchiature e spazi distributivi

Un'altra tecnica, particolarmente indicata per strutture semplici e compatte (torri, cupole, piccole scatole murarie) e spesso come presidio antisismico d'urgenza, consiste

¹⁹⁴ La catena viene ancorata nella parte superiore che presenta la maggiore estensione superficiale e, pertanto, esercita minore sollecitazione sul paramento murario.

nella realizzazione di cerchiature esterne attraverso l'applicazione di elementi metallici lungo il perimetro dell'edificio, ove la conformazione geometrica lo permetta. Questa operazione risulta particolarmente idonea, ad esempio, nel caso delle torri ciminiere: le cerchiature vengono solitamente poste su tutta l'altezza libera a passo pressoché regolare. L'idea proposta dal Prof. Jurina consiste nel portare queste cerchiature all'interno della torre, connettendole alla muratura mediante barre radiali, così da potervi ancorare un elemento distributivo verticale quale una scala interna che possa permettere l'ispezione e la manutenzione periodica.¹⁹⁵ Lo stesso principio acquisisce valenza architettonica nel restauro di Porta Nuova a Pavia, dove una passerella strutturale, posta



a metà altezza, non solo garantisce il comportamento scatolare del vano e ne limita l'elevata snellezza ma consente anche la distribuzione interna degli utenti oltre che ricordare la presenza dell'originario soppalco impostato alla stessa quota.¹⁹⁶

Figura 14: Realizzazione della passerella strutturale di Porta Nuova a Pavia. (Jurina, 2002)

¹⁹⁵ (Jurina, 2002, p. 6-7) – L'applicazione della tecnica proposta alle ciminiere è ad oggi una proposta di intervento non ancora realizzata e sperimentata su casi studio.

¹⁹⁶ (Jurina, 2002, p. 6-7)

La stessa idea è stata applicata nel progetto di ripristino e miglioramento sismico della Chiesa di Santa Maria Assunta a Reggio (RE), il cui campanile è stato danneggiato dal sisma 2012. In seguito all'evento, la scala interna al fusto non solo non risponde alle sollecitazioni statiche da sovraccarico di visitatori, manutentori ecc. ma manifesta anche problemi di stabilità derivanti da ammaloramento degli elementi lignei. Non è dunque possibile utilizzarla come scala di sicurezza durante il cantiere per i lavori di ripristino ma neppure come scala per la manutenzione ordinaria della struttura. Pertanto il progetto esecutivo di riparazione post-sisma 2012 ha proposto il rifacimento della scala con sistema metallico. Ciò ha permesso di ottimizzare anche i costi della sicurezza di cantiere, che sarebbero stati maggiori nel caso in cui fosse stato realizzato un ponteggio all'interno del campanile.¹⁹⁷ L'intervento prevede quindi la realizzazione di una fasciatura atta alla cerchiatura dei muri d'ambito. In particolare, il cosciale metallico interno su cui si attestano i gradini definisce un'armatura interna atta a collegare i muri perimetrali migliorando il comportamento scatolare del fusto. Ciò ha permesso nuovamente la fruizione in sicurezza del campanile anche al termine del cantiere.

2.2.3 *Contrafforti e stralli nel verde*

Un'altra tecnica, proposta da Jurina, contro il ribaltamento dei setti murari viene applicata, nel forte di Fuentes a Colico (LC), fortezza del XVII secolo. Traendo spunto dall'edera che avvolgeva le murature del forte, fortificandole, il Prof. Jurina ha proposto un sistema di consolidamento chiamato EHT con barre verticali post-tese, esterne alla parete, per incrementare il carico assiale agente sulla muratura, aumentando la forza di compressione e stabilizzando il setto.¹⁹⁸ Nello specifico, il sistema è formato da coppie di barre filettate *Dywidag*, contrapposte e parallele al setto, ancorate alle murature su tre livelli con piastre in acciaio. Alla base, le barre sono ancorate al terreno o alle volte in muratura, ove presenti, mentre in sommità sono collegate a profili metallici UPN, perpendicolari al setto. Le barre sono dotate di elementi di serraggio in modo da poter calibrare la tensione in funzione degli assestamenti successivi. I principali vantaggi di questo sistema sono legati alla sua leggerezza che non comporta aumento delle masse, evitando ulteriori danni in caso di sisma.

¹⁹⁷ Un ponteggio esterno avrebbe creato problemi di interfaccia con il presidio in tubo e giunto collocato sulla cella in occasione della messa in sicurezza urgente.

¹⁹⁸ (Jurina, 2013)



Figura 15: Sistema di consolidamento ETH nel forte di Fuentes a Colico (LC). (Jurina, 2013)

Un altro strumento, utilizzato fin dall'antichità, per contrastare le spinte orizzontali sulla muratura è il contrafforte: aumentando lo spessore murario si produce un effetto stabilizzante nei confronti delle azioni orizzontali ribaltanti, comprese quelle sismiche. Inseriti a consolidamento della struttura in un momento successivo alla sua costruzione, i contrafforti, oltre che richiedere un efficace collegamento all'esistente e la realizzazione di adeguate fondazioni, risultano elementi abbastanza "ingombranti" da un punto di vista spaziale. Eppure, se pensati in relazione al contesto possono anch'essi diventare elementi caratterizzanti dell'architettura, valorizzandola.

Eliminando le spinte orizzontali, i contrafforti si prestano ad arginare i ribaltamenti fuori dal piano dei setti murari. Il muro di cinta di Palazzo Costabili a Ferrara presentava, in una sua parte, l'attivazione di tale meccanismo di collasso. L'evento sismico del 2012, infatti, aveva causato il dissesto in una porzione della cinta muraria al confine del cortile del palazzo cinquecentesco. Inizialmente era stata proposta la realizzazione di un contrafforte integrato al contesto, poi sostituito, in fase esecutiva, da un meno vistoso intervento di scuci e cuci. L'iniziale elemento di consolidamento prendeva forma dagli

altri elementi presenti nel cortile ed in particolare dalla presenza sulla stessa cinta muraria di una spalliera dalla leggera struttura metallica di supporto alla crescita di vegetazione rampicante e da pannelli in *corten* traforato. I due contrafforti a contrasto del ribaltamento murario, inseriti tra le spalliere, sarebbero stati realizzati con un telaio in acciaio ancorato alla muratura. La resistenza del materiale avrebbe permesso di utilizzare profili metallici di ridotta sezione, simile a quella delle spalliere, cui sarebbe stato aggiunto un rivestimento in pannelli traforati in *corten*. In questo modo si è cercato di consolidare la struttura ponendosi in continuità con le preesistenze creando un linguaggio unitario, non invadente, seppur riconoscibile. Inoltre, il contrafforte era stato pensato come un consolidamento attivo: la connessione alle fondazioni sarebbe avvenuta per mezzo di un meccanismo regolabile in grado di comprimere l'elemento e, di conseguenza, applicare sul muro una spinta opposta al ribaltamento. In questo modo diventa possibile anche la regolazione del sistema nel tempo, in funzione di eventuali cedimenti fondali o assestamenti della struttura.¹⁹⁹ La scelta finale è stata orientata verso un tradizionale intervento di scuci e cuci, dimostrando come nella pratica comune sia ancora difficile trovare interventi di consolidamento che si discostino eccessivamente dalle soluzioni standardizzate più diffuse e di “immediato” utilizzo.

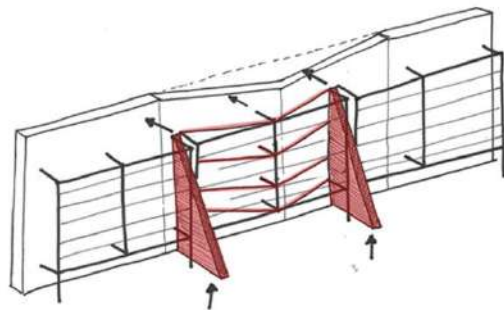


Figura 16: Cortile interno di Palazzo Costabili a Ferrara. A sinistra, fotografia degli elementi metallici esistenti di supporto alla crescita di vegetazione. A destra, illustrazione rappresentativa dell'idea progettuale: Contrafforte in acciaio integrato alla preesistente spalliera per piante.

¹⁹⁹ (Coisson, Ferrari, & Manara, 2018, p. 1581)

2.2.4 *Struttura e arredo*

Un diverso tipo di cerchiatura è quello che si usa per confinare il materiale in colonne soggette a eccessivo carico verticale. Questo metodo è stato proposto per il consolidamento delle colonne in pietra della Pieve di Tizzano dove l'eccessivo carico gravante su di esse ha generato la formazione di lesioni verticali, sintomo di un imminente e improvviso cedimento delle stesse. Le opere provvisorie d'urgenza hanno applicato alle colonne delle fasciature in acciaio sagomato. La proposta progettuale sviluppata per il consolidamento definitivo delle stesse ha riproposto la stessa tipologia d'intervento ponendo maggiore attenzione all'aspetto formale degli elementi. Per armonizzarli al contesto, cercando di minimizzare l'impatto visivo sulla colonna, l'utilizzo di un acciaio ad alta resistenza permetterebbe di ridurre lo spessore delle cerchiature e aumentare il passo tra le stesse. Ulteriore oggetto di studio è l'applicazione di un punto luce, sviluppato linearmente lungo l'altezza della colonna, inserito all'interno di un elemento metallico che permette il tensionamento delle cerchiature stesse. L'idea è ancora in fase di sviluppo e vuole, in questa occasione, dare solo suggestioni sulle numerose possibili soluzioni di rinforzo integrate al contesto.

Similmente alle cerchiature, anche l'inserimento di cordoli in muratura armata, in cemento armato o in acciaio, contribuisce a rinforzare il collegamento tra le pareti ortogonali favorendo il comportamento scatolare della struttura. Tuttavia questo tipo di intervento, molto diffuso negli ultimi decenni del Novecento, si è mostrato talvolta nocivo per la costruzione stessa. Infatti, la concentrazione tensionale all'interfaccia tra il cordolo e la muratura esistente, spesso non adeguatamente ed uniformemente consolidata, ha causato in alcuni casi lo slittamento della parte sommitale rispetto a quella sottostante. Si tratta dunque di una tecnica di consolidamento che va opportunamente studiata in funzione del caso specifico, considerando gli effetti in termini di efficacia, reversibilità ed invasività, oltre che di compatibilità strutturale.

Queste problematiche possono essere ovviate inserendo il cordolo all'esterno della muratura, con l'accortezza di creare le opportune connessioni alla stessa. Portato fuori dallo spessore murario, il cordolo diventa un elemento in vista di una certa rilevanza: seppur questa soluzione non sia sempre facilmente praticabile e richieda particolari condizioni di applicazione, si potrebbe valutare la possibilità di utilizzare questo elemento come oggetto d'arredo. Potrebbe, ad esempio, assumere la funzione di mensola d'appoggio: talvolta, infatti, la presenza di dislivelli può far sì che il solaio di un vano si trovi a metà altezza della parete del vano adiacente. In questi casi, un cordolo esterno

collegato, da un lato al solaio potrebbe diventare, dall'altro, una mensola da inserire nel progetto di una libreria a parete. La finalità è quella di inserire l'elemento strutturale nello spazio interno non come semplice spettatore, elemento aggiunto, ma come partecipante della scena, uniformando il carattere spaziale dell'insieme nel linguaggio architettonico di tutti gli elementi esistenti. *“L'obiettivo”*, ha osservato Doglioni, *“è raggiungere, con il progetto di restauro, una nuova organicità unitaria costruita con e per l'antico.”*²⁰⁰

Per limitare i danni causati dalle forze orizzontali agenti nel piano, la normativa, indica come tipologie di intervento più diffuse le opere volte a incrementare la resistenza degli elementi murari, l'inserimento di controventi di parete, interventi volti a ridurre l'eccessiva deformabilità dei solai ed al loro consolidamento.

La tecnica più diffusa per ridurre l'azione delle forze orizzontali sui paramenti verticali consiste nell'inserimento di una controventatura, elemento strutturale in grado di assorbire parte delle spinte orizzontali generate dal sisma. I controventi verticali possono assumere diverse forme: la più comune, detta croce di Sant'Andrea, è composta da due diagonali incrociate, collegate alla struttura portante in corrispondenza delle estremità. La ricerca sulla valenza formale e funzionale del consolidamento strutturale sta sviluppando un'idea progettuale in cui il controvento di parete, collocato tra due pilastri all'interno di un internet-café del Municipio di Crevalcore, veniva utilizzato per realizzare un porta-bottiglie.²⁰¹ Più compatibile con le esigenze di sicurezza e di più ampio impiego potrebbe essere l'utilizzo dell'elemento di consolidamento come “libreria strutturale” all'interno di biblioteche, uffici ma anche sale espositive e spazi di aggregazione. Mantenendo la struttura portante in acciaio, materiale dalle caratteristiche ottimali per svolgere la funzione strutturale di controvento, le altre scaffalature, realizzabili in legno lamellare, potrebbero avere diverse forme ed essere collocate secondo svariate disposizioni in funzione delle esigenze. Si crea così un'orditura principale, con funzione portante, ed un'orditura secondaria, non strutturale ma funzionale e d'arredo il cui linguaggio è lasciato alla libera discrezione del progettista.

²⁰⁰ (Doglioni, 2008, p. 60)

²⁰¹ (Fabi, A.A. 2013/2014, p. 156-165) – In particolare il progetto prevedeva l'inserimento di un controvento tra due pilastri, unica parte rimasta dell'originale setto murario trasversale in seguito a modifiche avvenute successivamente alla realizzazione della struttura. In questo modo si è voluto ripristinare la rigidezza dell'elemento portante per incrementare la resistenza della struttura alle azioni sismiche.

Alcuni strumenti proposti dal DPCM 09/02/2011 per irrigidire il piano, nello specifico i solai di calpestio o le falde di copertura, prevedono la creazione di uno strato rigido, ad esempio un tavolato ligneo o una soletta collaborante in calcestruzzo. Questi interventi sono però praticabili solo nei casi in cui non siano presenti pavimentazioni di valore storico artistico in quanto necessitano della rimozione delle stesse.

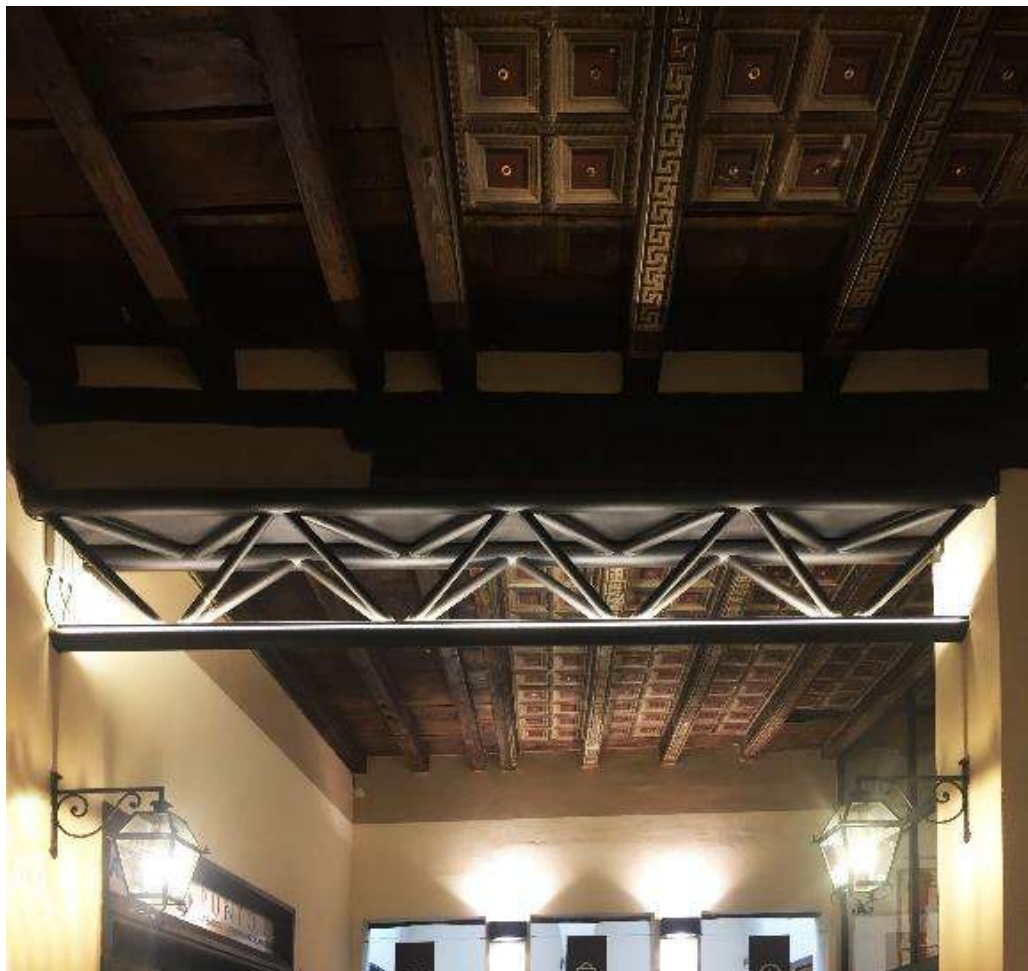


Figura 17: Illuminazione integrata all'interno della trave metallica di sostegno al solaio di Corte Isolani.

In alternativa viene proposto un sistema di controventamento con la funzione di ripartire in modo uniforme i carichi del solaio ai setti murari portanti. Anche in questo caso, i controventi orizzontali potrebbero essere resi visibili all'intradosso del solaio, assumendo le valenze funzionali e formali viste in precedenza (elementi di illuminazione puntuali o lineari piuttosto che oggetti di arredo o di supporto per l'allestimento degli spazi interni).

Sempre nell'ambito del consolidamento di solai, in particolare dei solai lignei, si usa affiancare travi metalliche di supporto alle travi interessate da carenze strutturali, quali eccessive deformazioni causate da elevate luci di libera inflessione. Questi elementi di rinforzo possono essere costituiti da semplici profili in acciaio o da vere e proprie strutture reticolari, a seconda delle esigenze strutturali: in quest'ultimo caso l'impatto visivo è alquanto rilevante. In questo senso, nell'intervento di restauro di Corte Isolani²⁰², a Ferrara, l'inserimento di una trave reticolare a sostegno della trave lignea del solaio è stato sfruttato per integrare il sistema di illuminazione esistente, progettando i due correnti inferiori in modo tale da ospitare elementi lineari di illuminazione.

Riportando un altro esempio tratto dalla proposta di consolidamento di Palazzo costabili, la copertura di una parte del palazzo era caratterizzata dalla presenza di travi lignee dissestate, tra cui una rotta. Le travi interessate da uno sforzo tensionale eccessivo rispetto alla loro capacità portante, sono state consolidate attraverso la creazione di un appoggio intermedio, in grado di ridurre la luce di libera inflessione. Il sistema è stato studiato per ottimizzare l'efficacia strutturale e adattarlo al contesto: i cavi spiroidali post-tesi riconducono gli sforzi sugli appoggi esistenti; la piastra centrale in acciaio sostiene, all'intradosso, la trave lignea; gli elementi telescopici del nuovo appoggio permettono di compensare le deformazioni ritensionando i cavi. Particolare attenzione è stata dedicata alla finitura di questi elementi in considerazione del fatto che dovesse restare a vista. I collegamenti tra le varie parti sono stati progettati al fine di semplificare le forme cercando di ottenere un effetto finale leggero e lineare.

²⁰² Negli anni '80, il proprietario della Corte, Francesco Cavazza Isolani, e l'Ingegnere Gian Luigi Bragadin, con l'obiettivo di realizzare un luogo di incontro grazie all'apertura di un passaggio fra Strada Maggiore e Piazza S. Stefano, attraversando i diversi cortili del palazzo, affidarono il progetto all'Arch. Marina Di Mottola Balestra.

3 UNIRE L'UTILE AL DILETTEVOLE

L'analisi degli esempi riportati mira a evidenziare le potenzialità che accompagnano una progettazione unitaria e consapevole dell'elemento strutturale, dando suggestioni che lasciano intravedere una rinnovata sensibilità verso tutti gli aspetti del consolidamento: tecnici, formali e funzionali.

Anche l'elemento strutturale può, dunque, rappresentare a pieno titolo una testimonianza della cultura presente e delle grandi potenzialità permesse dall'evoluzione del sapere, della tecnica e dei linguaggi. Gli esempi citati mostrano, infatti, la possibilità di trattare l'elemento di rinforzo come un elemento architettonico, figurativo ed espressivo il cui scopo non sia solo quello di soddisfare i requisiti tecnici ma anche di esprimere l'intenzione di valorizzazione e conservazione del patrimonio culturale.

Tuttavia, si evidenziano alcune difficoltà operative che rendono questo approccio metodologico di non immediata esecuzione. Trovare un punto d'incontro tra i diversi aspetti comporta operazioni di una certa complessità: contrastare forze di notevole entità richiede agli elementi di consolidamento sezioni resistenti di un certo rilievo, generalmente in contrasto con gli effetti formali che si desidera ottenere. Il progettista deve essere in grado di trovare il giusto equilibrio tra i requisiti tecnici-strutturali e le di tutela del Bene Culturale. Il risultato finale, un gesto semplice ed essenziale, nasce in realtà da un percorso complesso e articolato, di continua semplificazione e di difficile mediazione tra tutti gli aspetti coinvolti.

Un ulteriore ostacolo che spesso si incontra nel proporre nuove soluzioni formali e funzionali per questi elementi tecnici consiste nell'ottenere la loro accettazione. Forme che si discostano dalla prassi tradizionale oramai affermata nell'ambito del restauro suscitano di frequente diffidenza. Preoccupati di non salvaguardare il carattere unico e irripetibile della costruzione storica, spesso si preferisce ripercorrere strade già note come quella di nascondere l'intervento o utilizzare forme convenzionali.

Inoltre, dagli esempi proposti è possibile notare come l'associazione dell'elemento di consolidamento a una funzione 'accessoria' sia fortemente influenzato dallo spazio nel quale si inserisce. Se in certe situazioni ciò rappresenta una guida che orienta le scelte progettuali, in altri casi, invece, può diventare un limite. Lo stesso vale per i vincoli imposti dalla localizzazione e dalla destinazione d'uso dello spazio, in funzione della quale va accuratamente scelta la possibile funzione da associare al consolidamento.

Anche sotto il punto di vista formale, la necessità di dialogare con l'esistente rende improponibile pensare a soluzioni standardizzate, come invece spesso avviene

nell'ambito delle soluzioni tecniche di consolidamento. L'intervento dovrà di volta in volta essere pensato per adattarsi alle mutevoli esigenze del caso specifico e per inserirsi nel contesto in maniera discreta e armoniosa. L'impossibilità di proporre più volte la stessa soluzione comporta sicuramente un maggior investimento in termini di tempi e costi, sia per la fase di ricerca progettuale, sia per la realizzazione dei dettagli e delle finiture. Questo 'sacrificio', tuttavia, può produrre un guadagno superiore in termini di rispetto dell'identità della costruzione storica e di apporto di un valore aggiunto. I pochi casi realizzati lasciano sperare in una maggiore sensibilità verso questi aspetti, forse come possibile reazione all'aver considerato per lungo tempo i problemi di natura operativa come "*semplici problemi tecnici, prescindendo dai presupposti 'umanistici' che hanno fino ad oggi orientato le scelte dell'uomo.*"²⁰³ Anche l'elemento di consolidamento è dunque soggetto alle implicazioni etiche dell'intervento conservativo, che portano a una più profonda valutazione degli effetti prodotti sul patrimonio storico non solo in termini di correttezza tecnica ma anche di effetti culturali ed formali. A tal fine appare necessario riconoscere che il consolidamento appartiene al restauro e pertanto deve rispettare gli stessi principi. Quest'assunzione comporta che, anche nel momento in cui un progetto di conservazione preveda solo interventi di rinforzo strutturale, questi debbano essere trattati con la stessa metodologia auspicata dalla teoria del restauro, affrontando tutte le istanze con consapevolezza e coordinazione tra le diverse competenze specialistiche. Serve dunque cooperazione tra queste figure, prima di tutto ingegneri e architetti, evitando la tendenza a considerare il proprio settore come 'protagonista' dell'intervento.²⁰⁴ Operare su una costruzione pone vincoli che possono essere superati con successo grazie all'interazione e alla collaborazione tra figure appartenenti ai diversi ambiti specialistici, le quali dovrebbero compensarsi, supportarsi e capirsi. In futuro si spera che la prassi progettuale arrivi a considerare l'intervento di consolidamento con maggiore sensibilità, ricercando anche in questo campo un equilibrato compromesso tra istanze di conservazione e aspetti legati alla sicurezza e riconoscendo "*l'opera d'arte nella sua consistenza fisica e nella sua duplice polarità estetica e storica, in vista della sua trasmissione al futuro.*"²⁰⁵

²⁰³ (Fiorani, 2009, p. 60)

²⁰⁴ (Fiorani, 2009, p. 54) – "*Il rischio di "protagonismo" di alcune componenti disciplinari, particolarmente quella scientifica, troppo spesso inopportunamente mossa da un chiaro "coinvolgimento emotivo" verso piani valutativi a essa non pertinenti o, viceversa, l'emarginazione proprio della scienza in un ruolo eccessivamente strumentale nel campo del restauro hanno portato ad affermare con insistenza la necessità di un approccio multidisciplinare e interdisciplinare ai problemi conservativi?*"

²⁰⁵ (Brandi, 1977, p. 6)

PARTE 5

**NUOVE PROPOSTE PER
L'INTERVENTO POST-SISMA**

OTTIMIZZANDO COSTI E TECNICHE

Poca spesa, molta resa..

La messa in sicurezza delle chiese, con provvedimenti urgenti di pronto intervento, rappresenta uno degli aspetti più delicati e complessi nella gestione dell'emergenza. Spesso infatti si deve intervenire senza che sussistano i presupposti di un intervento ordinario: condizioni di sicurezza precarie causate dallo stato di danno degli edifici e dall'eventualità che si verifichi una replica successiva alla scossa principale, incompleta conoscenza della struttura e necessità di operare velocemente su un gran numero di edifici. Ciò nonostante l'intervento di messa in sicurezza deve consentire di operare in tali situazioni e l'economicità delle soluzioni adottate (tenendo anche in considerazione i costi differiti legati alla mancata integrazione con gli interventi definitivi); inoltre, qualora si operi su edifici storici, deve essere in grado di garantire non solo l'efficacia dal punto di vista strutturale e la fattibilità da parte degli operatori, ma anche la preservazione del valore del bene.



Chiesa di San Francesco d'Assisi a Mirandola (MO) danneggiata in facciata dal sisma del 2012.

1 LA STIMA DEI COSTI

In funzione dell'analisi dei costi del sisma 2012, riportata nella sezione 2 (paragrafo 2.1), si cerca di seguito di definire una metodologia per individuare in modo semplice e veloce un range di spesa congruo per il ripristino degli edifici danneggiati dal sisma, esplicitando gli aspetti critici della valutazione, ai quali prestare particolare attenzione.

1.1 CRITERI DI STIMA

Nonostante le analisi riportate nella Sezione 2, che hanno permesso di eliminare o correggere i dati anomali o sbagliati, permane una certa dispersione dei dati. Pertanto sono stati indagati alcuni fattori che potrebbero influire sulla determinazione degli importi.

Tipologia di danno: si è ipotizzato che il crollo totale di un macroelemento potesse comportare una riduzione dei costi di messa in sicurezza e un innalzamento dei costi di ripristino, in considerazione del fatto che la mancanza dell'elemento non richiede la realizzazione di un presidio strutturale di sostegno ma solo la rimozione delle macerie e la successiva ricostruzione. L'analisi dei dati ha però mostrato che le strutture particolarmente danneggiate (indici di danno elevati), i cui macroelementi evidenziano livelli di danno pari a D5, sono caratterizzate da una grande variabilità in termini di costo di messa in sicurezza: in alcuni casi non è stato fatto nulla mentre in altri sono stati realizzati sistemi di chiusura a protezione degli spazi interni e si è provveduto alla rimozione delle macerie. In considerazione delle analisi condotte in precedenza appare economicamente più efficace intervenire in fase emergenziale proteggendo la struttura ed evitando il progredire del degrado e dei dissesti, indipendentemente dal livello di danno rilevato. Per questo motivo si ritiene di non dover ridurre il costo dell'intervento urgente in caso di crollo.

Macroelemento: sono state condotte alcune analisi per verificare l'influenza dei singoli macroelementi (campanile, coperture, volte) nella determinazione degli importi. Tuttavia non è stata trovata correlazione tra il livello di danno della singola parte e il costo complessivo dell'intervento. Di conseguenza questo criterio non può essere preso in considerazione per determinare la valutazione dell'importo dell'intervento.

Pregio: un altro aspetto che può influire al rialzo sulla spesa è il particolare pregio della struttura. Purtroppo, durante il sisma del 2012 non è stata rilevata la presenza di pregio artistico/architettonico degli edifici danneggiati e al momento non è possibile reperire tale dato per tutte le chiese indagate. Ciò non consente di condurre analisi statistiche significative. Tuttavia, l'incidenza di questo fattore è stato notato nell'analisi dettagliata di alcuni casi-studio (si veda sezione 3). Per questo motivo, si propone di tenerne conto in futuro integrando l'attuale scheda di rilievo del danno con la valutazione del pregio dell'edificio in termini di presenza di affreschi, stucchi, statue e, in generale, di elementi decorativi che possano influire sul costo di ripristino dell'edificio (si veda sezione 5). Tale incidenza viene tenuta in conto nella procedura di scelta dell'intervento di messa in sicurezza proposta nella sezione 5 della presente Tesi e, pertanto, non si ritiene necessario modificare la curva di costo in funzione di tale parametro.

Tecnica di messa in sicurezza: anche in questo caso non è stato possibile reperire dati per tutte le chiese indagate e, di conseguenza, condurre analisi statistiche significative. Tuttavia, l'analisi dei casi-studio ha evidenziato la maggiore economicità di alcune tecniche rispetto ad altre. Ad esempio, in generale, l'intervento di cerchiatura risulta tra i più economici mentre la realizzazione di strutture metalliche massicce è da collocare tra le più onerose. Tale incidenza viene tenuta in conto nella procedura di scelta dell'intervento di messa in sicurezza proposta nella sezione 5 della presente Tesi e, pertanto, non si ritiene necessario modificare la curva di costo in funzione di tale parametro.

Volume: il volume complessivo dello stabile sembra invece avere molta influenza nella determinazione della spesa, non solo in termini complessivi ma anche a metro cubo. Il grafico seguente mostra la distribuzione dei volumi del campione di chiese indagato.

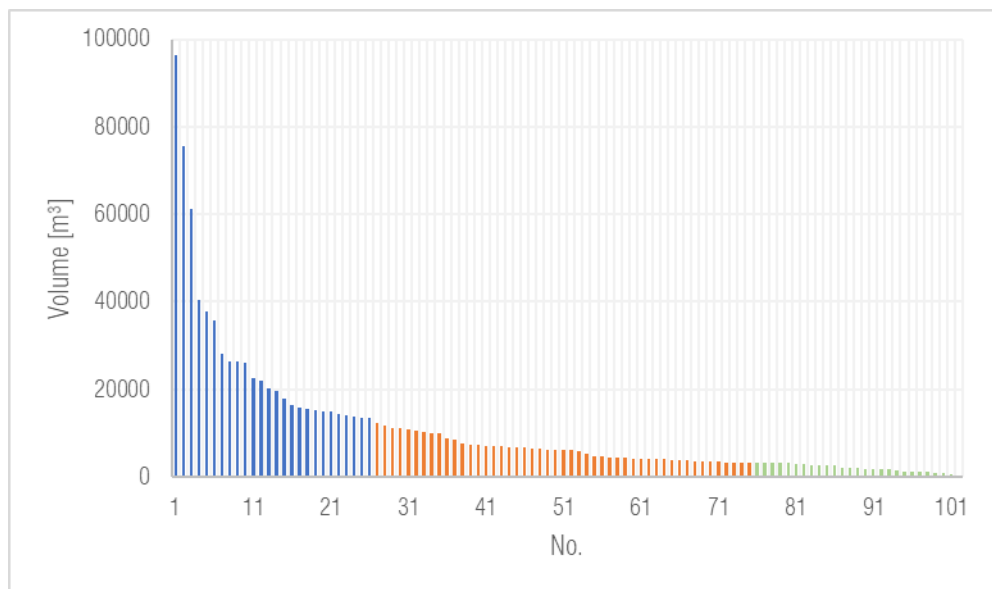


Grafico 20: Distribuzione dei volumi delle chiese analizzate.

Si nota che il valore medio del volume si attesta intorno ai 9.000 m^3 . La maggior parte degli edifici (49) presenta un volume nella media (compreso tra 3.200 m^3 e 13.000 m^3), mentre 26 chiese presentano un volume inferiore alla media (minore di 3.200 m^3) e altre 26 presentano un volume superiore (oltre 13.000 m^3), di cui solo pochi edifici (4) superano i 40.000 m^3 . Si dividono le chiese nei tre gruppi sopra definiti in funzione del volume e, per ciascuno, si valutano i costi sostenuti.

Per gli edifici di grandi dimensioni si nota come i costi per unità di volume tendano ad essere al di sotto del valore di spesa medio. È possibile definire una linea media dei valori relativi alle sole chiese grandi: tale linea è più bassa rispetto alla media complessiva.

Per quanto riguarda le chiese di medio volume si nota la prossimità ai valori di spesa medi. È possibile definire una linea di tendenza: tale linea è simile a quella complessiva.

Infine, per le piccole fabbriche si nota la tendenza ad avere costi superiori alla media. È possibile definire una linea di interpolazione dei valori relativi alle sole chiese piccole: tale linea è più alta rispetto alla media complessiva.

NUOVE PROPOSTE PER L'INTERVENTO POST-SISMA

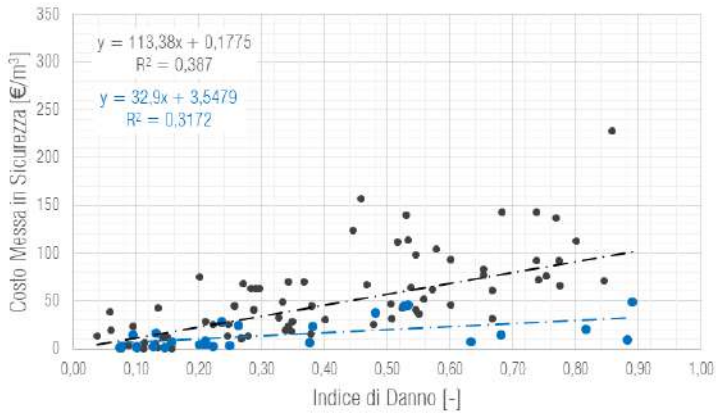


Grafico 21: Funzione di interpolazione lineare del valore medio del costo di messa in sicurezza in funzione dell'indice di danno per le chiese di grandi dimensioni.

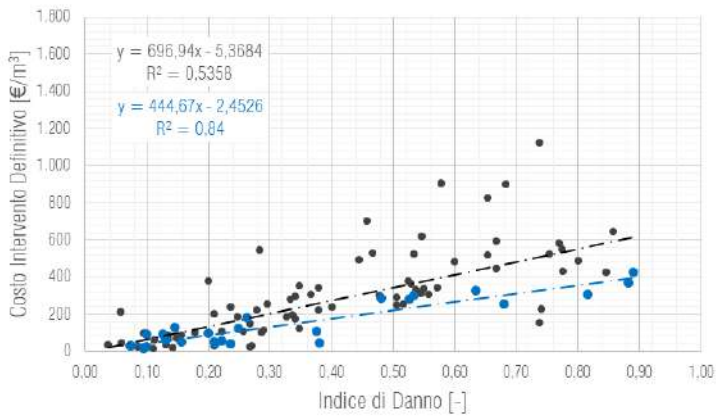


Grafico 22: Funzione di interpolazione lineare del valore medio del costo dell'intervento definitivo in funzione dell'indice di danno per le chiese di grandi dimensioni.

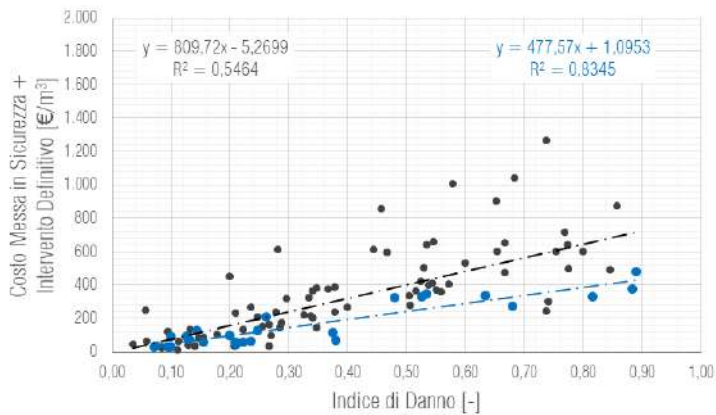


Grafico 23: Funzione di interpolazione lineare del valore medio della spesa complessiva di intervento post-sisma in funzione dell'indice di danno per le chiese di grandi dimensioni.

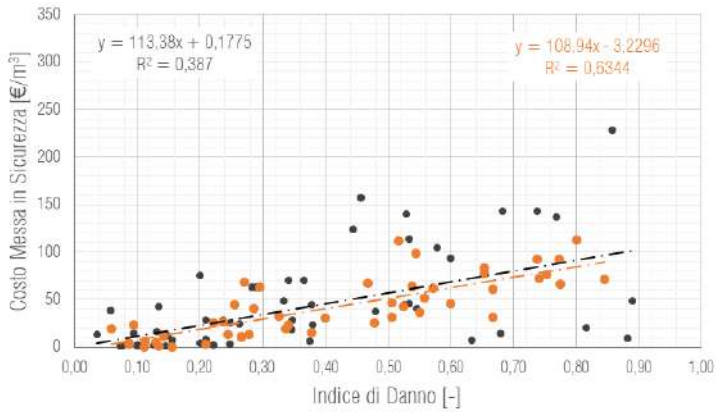


Grafico 24: Funzione di interpolazione lineare del valore medio del costo di messa in sicurezza in funzione dell'indice di danno per le chiese di medie dimensioni.

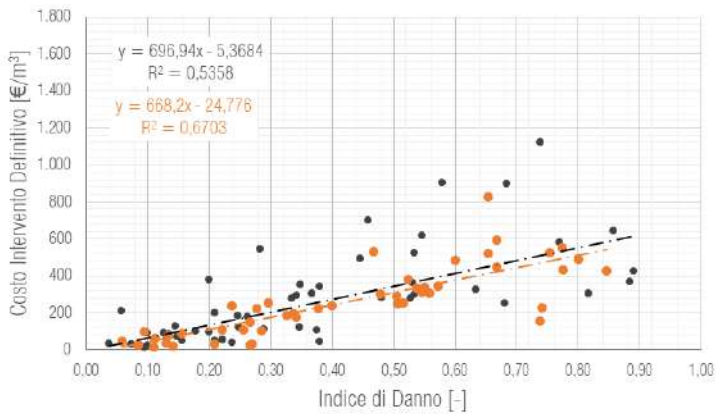


Grafico 25: Funzione di interpolazione lineare del valore medio del costo dell'intervento definitivo in funzione dell'indice di danno per le chiese di medie dimensioni.

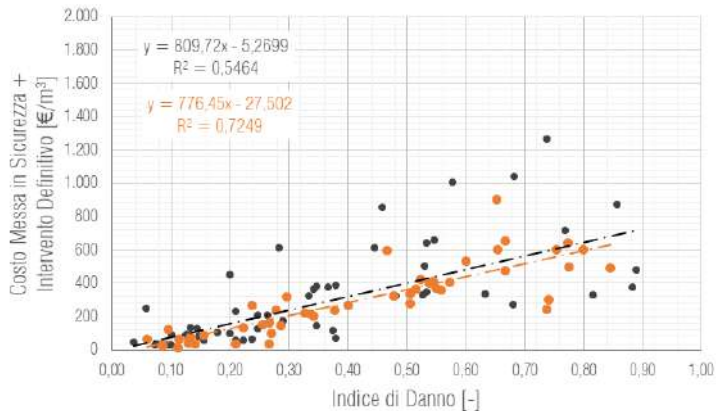


Grafico 26: Funzione di interpolazione lineare del valore medio della spesa complessiva di intervento post-sisma in funzione dell'indice di danno per le chiese di medie dimensioni.

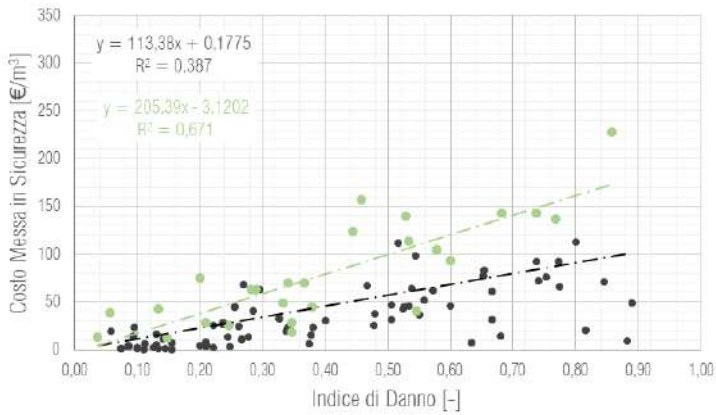


Grafico 27: Funzione di interpolazione lineare del valore medio del costo di messa in sicurezza in funzione dell'indice di danno per le chiese di piccole dimensioni.

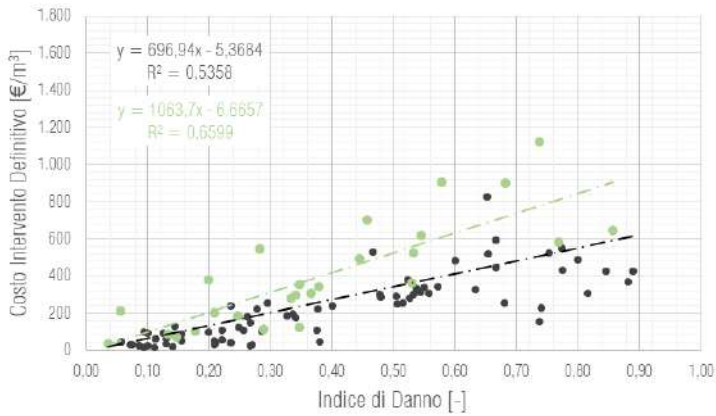


Grafico 28: Funzione di interpolazione lineare del valore medio del costo dell'intervento definitivo in funzione dell'indice di danno per le chiese di piccole dimensioni.

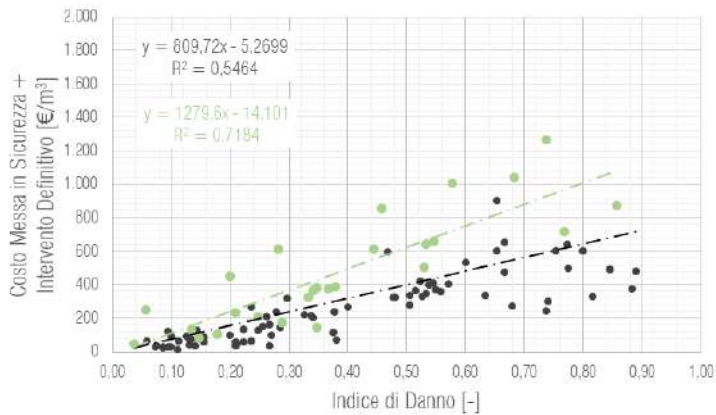


Grafico 29: Funzione di interpolazione lineare del valore medio della spesa complessiva di intervento post-sisma in funzione dell'indice di danno per le chiese di piccole dimensioni.

La pendenza della retta relativa agli edifici di medio volume è molto simile a quella comprensiva di tutti i casi studio, con una differenza percentuale del 4% sia per la messa in sicurezza che per l'intervento definitivo. Al contrario, per le chiese di piccolo e grande volume, la pendenza delle rette di stima dei costi si discosta molto da quella media. In particolare, per la messa in sicurezza, la pendenza si riduce a un 1/3 per le fabbriche di grande volume mentre diventa circa il doppio per quelle di piccolo volume. Per quanto riguarda le rette di stima dei costi definitivi, invece, la pendenza diventa circa 2/3 di quella media per le chiese di grande volume e circa 1,5 volte quella media per quelle piccole.

A riprova dell'incidenza del volume sui costi, si considerino le seguenti quattro chiese:

- 1) Chiesa di San Felice Vescovo e Martire a San Felice su Panaro (MO) – ID=0,82
- 2) Chiesa di San Biagio Vescovo e Martire a San Felice sul Panaro (MO) – ID=0,77
- 3) Chiesa di San Martino di Tours a Buonacompra di Cento (FE) – ID=0,80
- 4) Chiesa di San Bartolomeo Apostolo a Villafranca di Medolla (MO) – ID=0,77

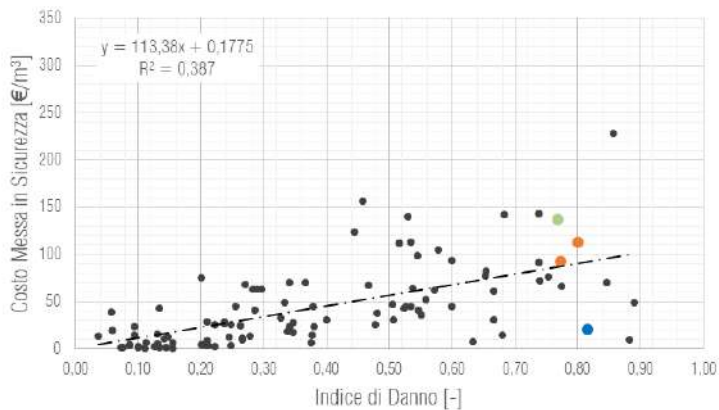


Figura 1: Copertura provvisoria nella Chiesa di San Felice Vescovo e Martire a San Felice su Panaro (MO), Chiesa di San Martino di Tours a Buonacompra di Cento (FE) e Chiesa di San Bartolomeo Apostolo a Villafranca di Medolla (MO)

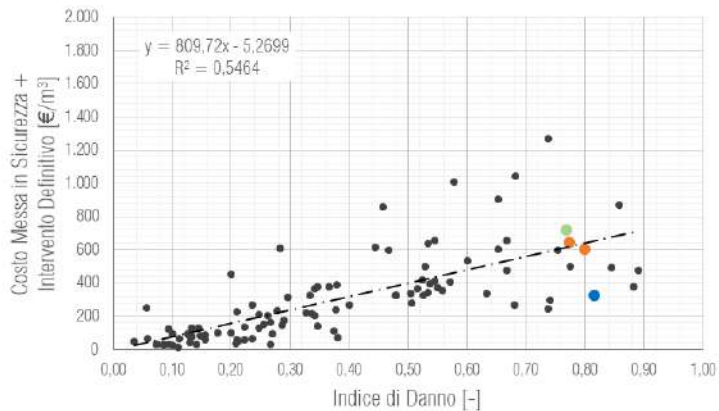
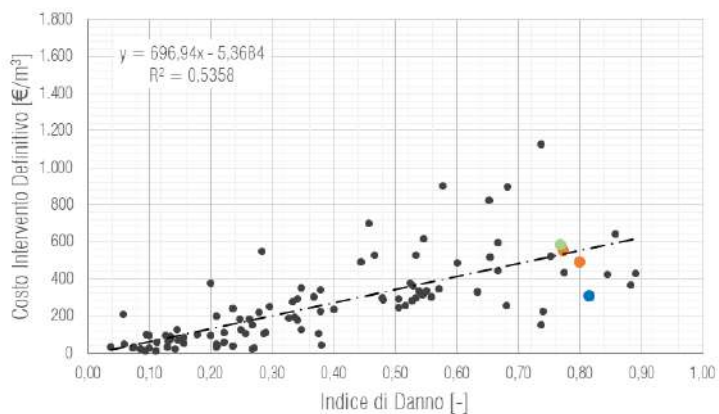
Le quattro fabbriche presentano indici di danno simili: in tutti i quattro casi la copertura risulta crollata e l'intervento di messa in sicurezza è consistito nella realizzazione di una copertura provvisoria metallica poggiate su strutture reticolari a tubi e giunti.

A parità di danno e tipologia di messa in sicurezza, è possibile notare la variazione dei costi in funzione del volume. Infatti la chiesa n.1, in blu nel grafico sottostante, ha un volume grande (15.600 m³) e il costo di messa in sicurezza e dell'intervento definitivo risulta inferiore rispetto alla media. Le chiese n.2 e n.3, in arancione, hanno un volume medio (rispettivamente 6.867 m³ e 5.128 m³) e l'importo speso si attesta intorno ai valori medi. Infine, la chiesa n.4, in verde, ha un volume piccolo (3.088 m³) e i suoi valori risultano leggermente superiori alla media per unità di volume, in particolare quello relativo alla messa in sicurezza.

NUOVE PROPOSTE PER L'INTERVENTO POST-SISMA



*Grafico 30:
Individuazione dei casi studio sopracitati e dei rispettivi costi di messa in sicurezza (in alto), di intervento definitivo (al centro) e della spesa complessiva (in basso).*



EDIFICIO	INDICE DANNO	VOLUME (m ³)	MESSA IN SICUREZZA (€/m ³)	INTERVENTO DEFINITIVO (€/m ³)
1) Chiesa di San Felice Vescovo	0,82	15.600	20,55	307,69
2) Chiesa di San Biagio Vescovo	0,77	6.867	92,13	553,37
3) Chiesa di San Martino di Tours	0,80	5.128	112,62	491,42
4) Chiesa di San Bartolomeo Apostolo	0,77	3.088	137,05	582,90

Un'ulteriore analisi ha valutato l'incidenza delle tre categorie di volume sul costo complessivo di messa in sicurezza. Si nota che gli edifici di medio volume hanno richiesto quasi la metà della spesa totale (€ 11.938.325), gli edifici di grande dimensione ne hanno richiesto circa 1/3 (€ 8.553.512,78) e gli edifici piccoli hanno inciso in misura ridotta (€ 4.663.122,28). Ciò implica che i costi relativi alle piccole fabbriche incidono meno sulla spesa complessiva rispetto a quelli grandi.

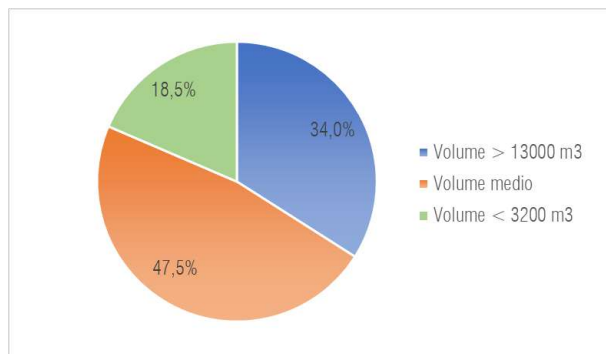


Grafico 31: Rappresentazione grafica della distribuzione dei volumi nelle tre categorie dimensionali.

Si evidenzia inoltre che l'esperienza emiliana rappresenta un caso particolare in cui il costo maggiore delle 26 chiese piccole bilancia il costo minore delle 26 chiese grandi: per questo la linea di tendenza complessiva è quasi coincidente con quella relativa ai soli edifici di medie dimensioni. Poiché tale distribuzione dei volumi è una caratteristica specifica del caso emiliano, la distinzione in funzione del volume appare necessaria per stimare correttamente gli importi futuri, anche in casi differenti.

1.2 PROPOSTA PER UNA VALUTAZIONE OMOGENEA

In definitiva si propone di adottare tale metodologia per stimare in modo semplice e veloce il costo di messa in sicurezza e di ripristino del bene ecclesiastico danneggiato dal sisma. Rilevato il danno e il volume dell'edificio, è possibile individuare il costo d'intervento scegliendo opportunamente tra le formule di seguito riportate:

Volume > 13.000 m³

Costo dell'intervento di messa in sicurezza [€/mc]: 32,90 ID – 3,55

Costo dell'intervento definitivo [€/mc]: 444,67 ID – 2,45

Volume > 3.200 mc e <13.000 m³

Costo dell'intervento di messa in sicurezza [€/mc]: 108,94 ID – 3,23

Costo dell'intervento definitivo [€/mc]: 668,20 ID – 24,78

Volume < 3.200 m³

Costo dell'intervento di messa in sicurezza [€/mc]: 205,39 ID – 3,12

Costo dell'intervento definitivo [€/mc]: 1063,70 ID – 6,67

Nella pratica attuale i finanziamenti vengono assegnati in maniera univoca in funzione dell'indice di danno e delle dimensioni dell'edificio. La metodologia proposta migliora tale correlazione.

Per ottimizzare ulteriormente la definizione degli importi del finanziamento, si propone una nuova strategia per la gestione dei fondi. Le analisi condotte hanno mostrato che le stime economiche possono subire variazioni in funzione di altri fattori (pregio, tecnica, ecc.) relativi allo specifico caso. Per questo motivo, i criteri sopra proposti potrebbero essere impiegati solo come strumento di stima preliminare dei costi o di successivo controllo, lasciando al progetto esecutivo un certo margine nella definizione degli importi effettivi. Ciò permetterebbe di finanziare gli interventi realmente necessari a ripristinare il danno sismico evitando il fenomeno contrario, che spesso avviene nella pratica attuale, ovvero la definizione degli interventi in funzione del budget di spesa disponibile. Tale limite, infatti, può essere a volte sottostimato, impedendo di svolgere tutte le operazioni necessarie a ripristinare il bene, o viceversa può essere sovrastimato, finanziando anche interventi non strettamente necessari.

A tal proposito, si vuole fare anche un piccolo accenno alla mancanza di un sistema che premia i progettisti che, pur assumendosi maggiori responsabilità, riescono a

ripristinare la sicurezza della struttura con interventi minimi e poco costosi. Ad oggi le prassi operative e normative spingono i progettisti ad adottare soluzioni più onerose di quelle che potrebbero essere sufficienti ad ottenere un rispettoso equilibrio tra sicurezza e tutela.²⁰⁶ La definizione dei compensi a percentuale sull'importo lavori rende, infatti, più conveniente prescrivere interventi diffusi, generali e invasivi. Si dovrebbe allora cercare di rimodulare il sistema di definizione dei compensi introducendo incentivi atti a favorire la conoscenza approfondita del bene e la conseguente individuazione del minimo intervento necessario a tutelarne il valore e la sicurezza.

²⁰⁶ (Blasi, 2019, p. 58)

2 LA SCELTA DELL'INTERVENTO POST-SISMA

Tra le operazioni più delicate, la scelta dell'intervento da eseguire per la messa in sicurezza del patrimonio architettonico danneggiato dal sisma richiede l'analisi di molteplici fattori: finalità dell'opera, stato di danno, condizioni del sito, implicazioni operative, esigenze strutturali, efficacia economica, aspetti di tutela.

Di seguito vengono riportate le considerazioni tratte dall'analisi dei casi studio dell'esperienza emiliana (e non solo) analizzando i diversi fattori che guidano nella scelta dell'intervento di messa in sicurezza più idoneo.

2.1 FINALITÀ E POTENZIALITÀ

Se a fronte di danni lievi l'opera provvisoria può essere sufficiente a restituire *fruibilità all'edificio*, rendendolo nuovamente agibile, a fronte di danni più gravi il principale obiettivo degli interventi di messa in sicurezza successivi ad un evento sismico è quello di permettere la *salvaguardia della pubblica incolumità*. Le opere provvisorie di somma urgenza devono quindi evitare il crollo degli edifici danneggiati per rendere sicure le aree abitate in modo da poter ripristinare la viabilità e svolgere le operazioni di soccorso in sicurezza. La questione diventa ancora più delicata operando su edifici di valore storico-artistico. In questi casi, l'intervento persegue un ulteriore obiettivo: la *preservazione del bene*. Il presidio quindi, oltre a impedire il progredire del danno, deve prestare attenzione anche agli aspetti di conservazione, permettendo il rapido ripristino delle sue funzionalità.

Uno studio condotto sulle opere provvisorie in seguito al sisma molisano del 2002,²⁰⁷ riconosce le seguenti tre finalità:

- *Agibilità*: rendere nuovamente fruibile il bene
- *Preservazione*: protegge il valore dell'edificio
- *Incolumità*: salvaguardia le pubblica incolumità

²⁰⁷ (Lemme & Podestà, 2004)

I tre possibili obiettivi dell'opera provvisoria vengono declinati in funzione del giudizio di agibilità e del livello di danno, secondo quanto riportato nelle seguenti tabelle.²⁰⁸ Nel caso di edifici “*agibili con provvedimenti*”, i presidi di sicurezza possono rendere l'edificio agibile se il danno non supera il livello 3; possono garantire la preservazione del bene per livelli di danno compresi tra 3 e 4 (sottintendendo che per livelli di danno inferiori questo obiettivo non viene compromesso); si limitano ad assicurare la pubblica incolumità per livelli di danno più gravi, tra 4 e 5 (sottintendendo che per livelli di danno inferiori questo obiettivo non viene compromesso).

AGIBILE CON PROVVEDIMENTI			
DANNO	AGIBILITÀ	PRESERVAZIONE	INCOLUMITÀ
D1	•		
D2	•		
D3	•	•	
D4		•	•
D5			•

Nel caso di edifici dichiarati “*inagibili*” il livello di danno è maggiore e pertanto non è possibile ripristinare l'agibilità con opere provvisorie. Queste potranno essere finalizzate alla preservazione del valore architettonico se la struttura non presenta danni tali da averlo compromesso (livello di danno non superiore a 4). In caso contrario si limiteranno a salvaguardare la pubblica incolumità (livello di danno compreso tra 4 e 5).

INAGIBILE			
DANNO	AGIBILITÀ	PRESERVAZIONE	INCOLUMITÀ
D1			
D2			
D3		•	
D4		•	•
D5			•

²⁰⁸ (Lemme & Podestà, 2004)

Gli interventi di messa in sicurezza, tuttavia, possono assumere anche finalità “secondarie” che non dipendono dallo stato di danno bensì dalla tecnica stessa e dalla sua impostazione. Ad esempio, se l'intervento urgente prende in considerazione fin da subito le possibili ripercussioni che può avere sulla successiva fase di ripristino, una volta terminata l'emergenza, lo stesso presidio può assumere una nuova funzione a supporto delle attività di recupero. Più nello specifico, le opere di messa in sicurezza possono supportare le attività di indagine volte alla conoscenza del bene, se non addirittura permettere le stesse operazioni di ripristino della struttura danneggiata.

Nel primo caso, il presidio diventa un indispensabile *strumento propedeutico alla progettazione* dell'intervento definitivo; spesso, infatti, è proprio grazie alla presenza dei presidi di sicurezza, che permettono di avvicinarsi anche ad aree pericolose altrimenti non accessibili, che gli operatori possono eseguire rilievi e ispezioni ravvicinate sulle strutture arrivando alla definizione di una strategia di intervento il più possibile consapevole²⁰⁹. Nel secondo caso l'opera provvisoria diventa elemento di *supporto allo svolgimento delle lavorazioni* atte a consolidare la struttura.

Inoltre, finalizzati alla conservazione e alla conoscenza del bene, i presidi di sicurezza hanno in se un altro grande potenziale, come sottolineano anche le linee guida²¹⁰: una spiccata propensione alla reversibilità. Di fronte a questa qualità particolarmente auspicata ogni qual volta si intervenga sul patrimonio culturale nel rispetto dei principi del restauro, il presidio urgente, se pensato fin dalla fase emergenziale con la *finalità di successivo riutilizzo*, può essere trasformato in elemento di consolidamento definitivo.

²⁰⁹ A tal proposito, si ricorda che la conoscenza della costruzione storica in muratura è presupposto fondamentale ai fini di una attendibile valutazione della sicurezza sismica attuale e per la scelta di un efficace intervento di miglioramento. Risultano essenziali la conoscenza delle caratteristiche originarie della fabbrica, delle modifiche intercorse nel tempo dovute ai fenomeni di danneggiamento derivanti dalle trasformazioni antropiche, all'invecchiamento dei materiali e agli eventi calamitosi. Per la progettazione dell'intervento urgente, le difficoltà connesse con la conoscenza, soprattutto in relazione alle scarse condizioni di sicurezza in fase emergenziale e all'invasività delle indagini da eseguire, rendono spesso necessaria la definizione di un modello interpretativo, la cui validità va accertata a posteriori, basandosi sull'osservazione e sull'accertamento del comportamento strutturale manifestato dall'edificio di culto, al fine di redigere con piena consapevolezza il progetto esecutivo di consolidamento finale.

Proprio per questo motivo, è di particolare importanza progettare la messa in sicurezza tenendo conto anche della sua possibile interferenza con le successive analisi. Ad esempio, le tamponature (e in parte anche le puntellature) in legno possono occultare il quadro fessurativo: servirà allora un'approfondita campagna di rilievo prima dell'installazione del presidio.

²¹⁰ (D.P.C.M. 09/02/2011) –Paragrafo 6.3. Per approfondire si veda il capitolo 4.

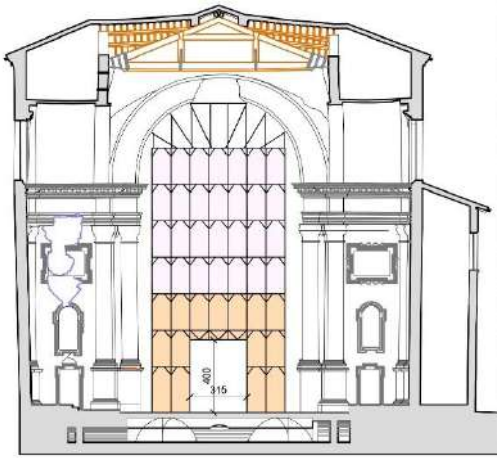


Figura 1: Presidio di sicurezza in tubi e giunti all'interno della Chiesa del Gesù (MO). L'opera è stata progettata e installata a integrazione dei primi interventi provvisori per permettere l'ingresso all'interno della struttura danneggiata, indispensabile per la progettazione dell'intervento di ripristino e miglioramento sismico del complesso.

(per approfondire si veda la l'allegato C – scheda C15)



Figura 2: Presidio di sicurezza in tubi e giunti all'interno della Chiesa di Santa Maria Assunta (RE). L'opera è stata successivamente utilizzata come supporto per eseguire le lavorazioni di ripristino.

(per approfondire si veda la l'allegato D – scheda D19)

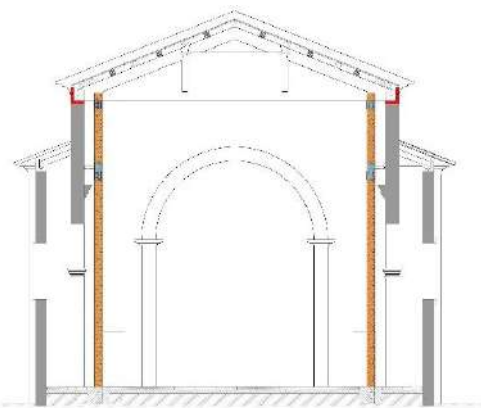


Figura 3: Presidio di sicurezza in tubi e giunti all'interno della Chiesa di Santa Caterina d'Alessandria (MO). L'opera ha una configurazione tale da renderla un consolidamento definitivo che possa restare in opera a lavori di ripristino conclusi.

(per approfondire si veda l'allegato E – scheda E17)

FINALITÀ IN FUNZIONE DELLO STATO DI DANNO	
AG	AGIBILITÀ
PR	PRESERVAZIONE
IN	INCOLUMITÀ
POTENZIALITÀ IN FUNZIONE DELLA TECNICA	
SP	SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE
SR	SUPPORTO ALLA REALIZZAZIONE
CD	RIUTILIZZO COME CONSOLIDAMENTO DEFINITIVO

2.2 GLI ASPETTI COINVOLTI

Un'opera provvisoria deve essere efficace: efficace dal punto di vista operativo, di facile progettazione e rapida esecuzione in minime condizioni di sicurezza; efficace dal punto di vista strutturale, progettata e realizzata correttamente con materiali e tecniche compatibili e durature nel tempo; efficace dal punto di vista conservativo, nel rispetto degli elementi di valore e dei principi di reversibilità, compatibilità, riconoscibilità e minimo intervento; efficace dal punto di vista economico, evitando sprechi di risorse e considerando la possibilità di riutilizzo futuro dei presidi installati in fase emergenziale. Di seguito vengono approfonditi tutti gli aspetti che garantiscono efficacia all'intervento di messa in sicurezza.

2.2.1 Aspetti operativi

Progettazione

I presidi di sicurezza devono essere progettati nel più breve tempo possibile e pertanto il dimensionamento deve essere facilitato ricorrendo a valori di riferimento (azioni, carichi, resistenze) e a schemi di calcolo predefiniti.²¹¹ Inoltre, i particolari costruttivi

²¹¹ (Grimaz, 2010, p. 39-60) – A tal fine, il manuale riporta i valori di riferimento delle azioni sismiche per ambiti territoriali omogenei e le caratteristiche di resistenza dei principali materiali utilizzati nella realizzazione delle opere di somma urgenza. Inoltre, per ogni tecnica utilizzata dai VVF, viene definito un schema di calcolo, riferito a configurazioni standard, di supporto al dimensionamento degli elementi.

devono essere il più possibile semplificati: sezioni simmetriche, configurazioni dei nodi non complesse, schema strutturale semplice. La standardizzazione permette di utilizzare soluzioni riferite a scenari tipo raggiungendo uniformità d'azione nelle modalità e nelle tecniche realizzative. Anche la modularità degli elementi, componibili in diverse configurazioni a seconda delle esigenze (in funzione delle sollecitazioni e della conformazione architettonica), permette di velocizzare la progettazione del presidio. Queste due caratteristiche, oltre ad agevolare la fase di progettazione dell'opera (e di conseguenza quella di realizzazione), permettono anche di ridurre i costi utilizzando elementi ripetitivi, talvolta riusabili.

Realizzazione

Più tempo passa e più il danno progredisce: le opere di messa in sicurezza devono essere realizzate con somma urgenza. Ciò richiede immediata reperibilità e disponibilità del materiale e praticità delle lavorazioni. Il materiale deve essere facilmente lavorabile, gli elementi costruttivi di agevole manovrabilità e le lavorazioni non devono richiedere manodopera specializzata. Inoltre, la possibilità di prefabbricare (o addirittura preassemblare) gli elementi in officina consente di velocizzare la realizzazione dell'opera in sito. Ciò, oltre a ridurre il tempo di permanenza degli operatori in aree a rischio (a favore della sicurezza), permette anche di minimizzare le difficoltà operative che connotano le lavorazioni in loco.

Applicazione

Intervenire nell'immediato post-sisma, significa operare in condizioni particolari, su edifici fortemente danneggiati, magari senza avere tempo necessario neppure per preconsolidare le strutture. Per questo bisogna attentamente valutare l'uso di alcune tecniche solitamente benefiche da un punto di vista strutturale, che però possono risultare inefficaci (se non addirittura dannose) se applicate su strutture eccessivamente indebolite, che hanno perso la loro capacità portante. Inoltre, certe opere provvisorie richiedono particolari condizioni per poter essere applicate. Talvolta, la presenza di macerie ostacola l'appoggio dell'opera provvisoria a terra, richiedendo l'immediata rimozione delle stesse, operazione che rallenta i tempi e aumenta i costi. In altri casi, una conformazione geometrica irregolare dell'architettura, formata dalla compenetrazione di diversi volumi variabili in pianta e in altezza, impedisce l'installazione di alcuni presidi che richiedono uniformità e compattezza di forma.

Sicurezza

Intervenire nel periodo immediatamente successivo all'evento sismico per evitare l'evoluzione del quadro di danneggiamento implica operare in condizioni di sicurezza precarie e sottoposti al rischio di nuove scosse. Un ambiente di lavoro di questo tipo comporta difficoltà operative più complesse rispetto a quelle che si possono incontrare a distanza di mesi o anni dalla scossa principale. Nei casi più gravi non è neppure possibile avvicinarsi alla struttura e pertanto risulta necessario operare da lontano, attraverso l'uso di mezzi meccanici o da cestello. In genere, è preferibile non entrare all'interno della struttura e ridurre al minimo la permanenza in aree a rischio. Per questo è bene scegliere tecniche di veloce installazione, ricorrendo, se possibile, al preassemblaggio dei presidi in zone sicure.

Ingombro

L'intervento dei soccorsi nelle aree terremotate, tempestivo e fondamentale, non deve essere ostacolato dalla presenza di opere provvisorie che ne impediscono il transito. Se il presidio dovrà essere installato sulla pubblica via, il suo ingombro dovrà essere limitato al fine di non ridurre il passaggio degli operatori e dei mezzi. Se poi, la finalità dell'opera è quella di restituire agibilità all'edificio, l'opera provvisoria non dovrà occupare le superfici interne precludendo l'accesso o la piena fruibilità degli spazi. Ciò vale anche se il presidio dovrà restare in loco fino allo svolgimento dei lavori di ripristino definitivi: la sua presenza non dovrà interferire con le lavorazioni previste.

2.2.2 *Aspetti strutturali*

Interazione con la struttura in campo statico

La buona interazione in campo statico tra il presidio di sicurezza e la struttura è assicurata dalla compatibilità delle caratteristiche meccaniche dei materiali scelti. Se il materiale si dilata eccessivamente può premere contro le strutture inducendo uno stato tensionale incompatibile con la già precaria resistenza dell'edificio presidiato. Viceversa, il ritiro del materiale può inficiare l'azione di contrasto pregiudicando la

stabilità dell'edificio.²¹² Da questo punto di vista, elemento migliorativo è la possibilità di "attivare" il presidio di sicurezza a partire dal momento di installazione, in modo tale da permettergli di esercitare fin da subito un'azione benefica sulla struttura, e di poterlo ri-attivare in corso d'opera.

Interazione con la struttura in campo dinamico

Spesso sottovalutata in passato, l'interazione tra la struttura e l'opera provvisoria riveste un ruolo fondamentale se si opera in situazioni di emergenza post-sismiche, quando le strutture già danneggiate possono subire nuove scosse dello sciame sismico successivo all'evento principale. Per questo motivo, l'intervento di messa in sicurezza deve evitare di incrementare la vulnerabilità sismica dell'edificio. Il presidio di sicurezza dovrà essere il più possibile leggero per non aumentare le masse oscillatorie; dovrà essere omogeneo per non generare variazioni di rigidità localizzate, possibile punto di concentrazione delle tensioni; dovrà rispondere alle sollecitazioni oscillatorie in collaborazione con la costruzione esistente in modo da non provocare fenomeni di martellamento tra le due strutture.

Efficacia del sistema in funzione del danno

La capacità di presidiare una struttura danneggiata, impedendo il progredire del danno, è garantita dalla corretta progettazione e realizzazione del presidio. Partendo da questo presupposto, l'efficacia di un sistema varia in funzione del livello di danno cui deve far fronte: sistemi molto efficaci di fronte a danni gravi (D3 e D4) diventano eccessivi per danni moderati (D1 e D2), se non inutili in caso di crollo (D5).

Durabilità

Spesso, le opere provvisorie restano in loco per lungo tempo prima di giungere alla completa riabilitazione della struttura. Col passare dei mesi, se non degli anni, sotto

²¹² (Dolce, et al., 2004, p. 4-12) - Da questo punto di vista, la scelta del materiale è dunque un fattore molto influente. Il legno, ad esempio, può subire notevoli variazioni di volume, rimpicciolendosi dopo l'essiccazione o ingrandendosi se assorbe umidità. Anche l'acciaio, sottoposto alle escursioni termiche, può subire variazioni nella dimensione prevalente, seppur minori. Le fasce in poliestere tendono ad allungarsi con il passare del tempo mentre, in genere, i tessuti fibro-rinforzati non vedono variazioni dimensionali significative.

l'azione degli agenti atmosferici, i presidi rischiano di deteriorarsi e di perdere la loro efficacia. Un piano di manutenzione potrebbe rallentare il processo di degrado, ma spesso richiede tempi e costi eccessivi, non commisurati al valore dell'opera presidiata. Pertanto, le tecniche di intervento e i materiali dovrebbero essere in grado di mantenere la loro efficacia il più a lungo possibile.

2.2.3 *Aspetti conservativi*

Reversibilità

Ai fini della conservazione e della tutela del bene, nel rispetto dei principi del restauro, il presidio deve essere reversibile. La sua rimozione non deve richiedere né operazioni troppo complesse, né costi troppo elevati e non deve intaccare la materia originaria della fabbrica antica.

Compatibilità

Le tecniche di messa in sicurezza devono essere compatibili con l'edificio da presidiare, non solo in termini strutturali ma anche dal punto di vista chimico-fisico. I materiali devono avere idonee caratteristiche fisiche e chimiche per non arrecare danni alla materia originaria.

Minimo intervento

Operando su fabbriche antiche, l'intervento deve essere rispettoso dell'esistente, inserendosi con leggerezza nel contesto architettonico. Il presidio di sicurezza deve ridurre la sua invasività al minimo indispensabile per garantirne l'efficienza strutturale, pur mantenendo riconoscibilità.

Rispetto degli elementi di valore

Il presidio di sicurezza non deve danneggiare il valore dell'architettura come testimonianza storica, culturale e architettonica. Deve essere garantito il mantenimento della materia antica e degli elementi di pregio quali statue, stucchi, superfici affrescate, la stessa muratura se faccia a vista. La possibilità di integrare il sistema di sicurezza con la costruzione esistente in modo definitivo costituisce valore aggiunto all'opera.

2.2.4 *Aspetti economici*

Economicità

In considerazione del grande numero di edifici danneggiati dal sisma, gli interventi di messa in sicurezza devono ottimizzare i costi. Da questo punto di vista, si privilegiano materiali più economici e tecniche d'intervento che richiedono operazioni di realizzazione e manutenzione meno dispendiose. Come già accennato, la possibilità di ricorrere a manodopera non specializzata e di impiegare tecniche modulari e standardizzate rappresenta un risparmio anche in termini di costi. Tuttavia si deve anche considerare l'efficacia dell'intervento: tecniche molto economiche possono risultare poco efficaci o, viceversa, tecniche molto dispendiose possono essere particolarmente efficienti dal punto di vista strutturale, permettendo talvolta di evitare ulteriori interventi. Gli interventi devono richiedere una spesa congrua, non devono essere eccessivamente dispendiosi e devono evitare sprechi di risorse in termini di materiale e azioni.

Possibilità di riutilizzo

La possibilità di riusare il presidio in altri interventi di messa in sicurezza o in fasi successive di intervento sul manufatto permette di ridurre i costi di dismissione e sostituzione con altri dispositivi di consolidamento. A tal proposito si ricorda quanto scritto nel manuale OPUS: *“Il presidio più efficiente, anche dal punto di vista economico, è quello che, in una seconda fase successiva all'emergenza, riesce ad integrarsi con la ristrutturazione, entrando a far parte di un più complesso progetto di rinforzo o rappresentando esso stesso l'opera definitiva.”*²¹³

²¹³ (Dolce, et al., 2004, p. 6)

2.3 UNA PROPOSTA METODOLOGICA

Il presidio ideale raggiunge la massima efficacia possedendo tutti gli aspetti sopra descritti. Tuttavia nella realtà non è possibile riunirli contemporaneamente in un'unica opera. La singola tecnica può soddisfare a pieno uno o più aspetti, soddisfarli solo in parte o non soddisfarli affatto. Di seguito viene definita una proposta metodologica per individuare il presidio complessivamente più efficace in considerazione di tutti gli aspetti coinvolti. Per ogni tipologia di messa in sicurezza (individuate nella sezione 3 – paragrafo 1.2) viene proposta un'analisi dell'efficacia attraverso la redazione di una *scheda di valutazione*, riportata nella pagina seguente. La scheda è suddivisa in quattro sezioni: aspetti operativi, strutturali, conservativi ed economici. In ciascuna sezione vengono elencate le possibili caratteristiche che ottimizzano gli aspetti considerati.

Nella definizione di tali caratteristiche emerge la diversa influenza con cui i quattro aspetti coinvolti incidono sull'efficacia complessiva dell'intervento di messa in sicurezza.²¹⁴ In fase emergenziale, le difficili condizioni in cui si deve operare determinano il tipo di intervento e, pertanto, gli aspetti operativi incidono di più. Seguono gli aspetti strutturali e quelli conservativi. La poca differenza di incidenza percentuale tra questi due aspetti sottolinea l'importanza di equilibrare sia le esigenze di tutela che quelle tecnico-strutturali, evitando (come invece spesso avviene) la netta prevalenza di quest'ultime. Gli aspetti economici incidono in maniera minore: la riduzione dei costi non può infatti essere considerato l'obiettivo principale della messa in sicurezza, anche se la loro ottimizzazione è di grande importanza al fine di evitare inutili sprechi.

ASPETTI COINVOLTI	N° CARATTERISTICHE	INCIDENZA
1. ASPETTI OPERATIVI	15	37,5%
2. ASPETTI STRUTTURALI	10	25,0%
3. ASPETTI CONSERVATIVI	8	20,0%
4. ASPETTI ECONOMICI	7	17,5%
TOTALE	40	100%

²¹⁴ L'incidenza di ciascun aspetto è stata calcolata dividendo il numero di caratteristiche relative il singolo aspetto per il totale delle caratteristiche considerate per tutti gli aspetti coinvolti.

La compilazione della scheda attribuisce a ciascuna caratteristica un punteggio pari a 1 (negativo), 2 (neutro) o 3 (positivo). Le schede sono contenute nell'*allegato H* della presente Tesi. Ogni tipologia presenta dunque sia punti di forza, sia aspetti critici.

Le caratteristiche che contraddistinguono i diversi interventi di messa in sicurezza sono funzione di vari fattori: la tipologia di materiale, la tecnica d'intervento, lo stato di danno della costruzione, le condizioni del sito e il pregio dell'architettura. La scheda distingue le caratteristiche che dipendono solo dalle tipologie della tecnica (caratteristiche indipendenti) da quelle che sono influenzate anche da fattori esterni (caratteristiche dipendenti), quali lo stato di danno, le condizioni del sito e il valore culturale del bene. Di seguito viene riportata una tabella nella quale per ciascuna caratteristica viene indicata l'eventuale correlazione con uno o più fattori esterni. Per esempio gli aspetti di progettazione dipendono solo dalla tecnica impiegata mentre gli aspetti di applicazione dipendono anche da fattori esterni.

ASPETTI OPERATIVI	DANNO	SITO	VALORE	TECNICA
PROGETTAZIONE				
Riferimento a schemi di calcolo predefiniti	NO	NO	NO	SI
Standardizzazione	NO	NO	NO	SI
Modularità	NO	NO	NO	SI
REALIZZAZIONE				
Praticità delle lavorazioni	NO	NO	NO	SI
Facilità di reperire il materiale	NO	NO	NO	SI
Possibilità di prefabbricazione e/o pre-assemblaggio	NO	NO	NO	SI
APPLICAZIONE				
Realizzabile anche senza pre-consolidamento	SI	SI	SI	SI
Realizzabile anche in presenza di macerie	SI	SI	SI	SI
Adattabilità a conformazioni geometriche irregolari	NO	SI	SI	SI
SICUREZZA				
Realizzabile a distanza	SI	SI	NO	SI
Realizzabile dall'esterno	SI	SI	NO	SI
Velocità di posa in opera	SI	NO	NO	SI

NUOVE PROPOSTE PER L'INTERVENTO POST-SISMA

INGOMBRO				
Non ostacola il transito nelle aree circostanti	NO	SI	NO	SI
Non ostacola l'accessibilità/fruibilità dell'edificio	NO	SI	NO	SI
Non ostacola la realizzazione degli interventi successivi	SI	SI	NO	SI

ASPETTI STRUTTURALI	DANNO	SITO	VALORE	TECNICA
INTERAZIONE CON STRUTTURA IN CAMPO STATICO				
Compatibilità delle dilatazioni	NO	NO	NO	SI
Sistema attivo	NO	NO	NO	SI
INTERAZIONE CON STRUTTURA IN CAMPO DINAMICO				
Non incrementa la massa dell'edificio	NO	NO	NO	SI
Assenza di variazioni di rigidezza	NO	NO	NO	SI
Assenza di fenomeni di martellamento	NO	NO	NO	SI
EFICACIA DEL SISTEMA IN FUNZIONE DEL DANNO				
Efficacia del sistema per livello di danno D1 e D2	SI/NO	NO	NO	SI
Efficacia del sistema per livello di danno D3 e D4	SI/NO	NO	NO	SI
Efficacia del sistema per livello di danno D5	SI/NO	NO	NO	SI
DURABILITÀ				
Resistenza al deterioramento	NO	SI	NO	SI
Facilità di manutenzione	NO	SI	NO	SI

ASPETTI CONSERVATIVI	DANNO	SITO	VALORE	TECNICA
REVERSIBILITÀ				
Facilità di rimozione	NO	NO	SI	SI
Stato di conservazione della struttura dopo la rimozione	NO	NO	NO	SI
COMPATIBILITÀ				
Compatibilità chimico-fisica con i materiali originari	NO	NO	NO	SI
Integrazione con la struttura architettonica	NO	NO	NO	SI
MINIMO INTERVENTO				
Rapporto efficacia/invasività	0	0	NO	SI
RISPETTO DEGLI ELEMENTI DECORATIVI				

Applicabile in presenza di stucchi ed elementi decorativi	NO	NO	SI	SI
Applicabile in presenza di superfici affrescate	NO	NO	SI	SI
Applicabile in presenza di muratura faccia a vista	NO	NO	SI	SI

ASPETTI ECONOMICI	DANNO	SITO	VALORE	TECNICA
ECONOMICITÀ				
Economicità del materiale	NO	NO	NO	SI
Economicità delle lavorazioni	NO	NO	NO	SI
Economicità della manutenzione	NO	NO	NO	SI
Rapporto efficacia/costo	NO	NO	NO	SI
POSSIBILITÀ DI RIUTILIZZO				
Possibile riuso del materiale in altri interventi	NO	NO	NO	SI
Supporto per interventi successivi	NO	NO	NO	SI
Integrazione nell'intervento definitivo	NO	NO	NO	SI

Tutti i fattori esterni, influenzati dallo stato di danno, dalle condizioni del sito o dal valore culturale dell'edificio, andranno rilevati sul posto. Si propone dunque un'integrazione dell'attuale scheda di rilievo del danno, al fine di acquisire informazioni utili a definire non solo i meccanismi attivati e il livello di danneggiamento, ma anche il pregio architettonico della costruzione ed eventuali esigenze legate alla fabbrica e al luogo in cui si trova. Tale integrazione prevede l'inserimento, all'interno dell'attuale scheda di rilievo del danno, di una nuova sezione nella quale vengono dettagliati i fattori esterni relativi alle condizioni del sito e al valore culturale del bene. A ciascuno deve essere assegnato, in fase di rilievo e compilazione, un valore pari a 0 (no), 0,5 (in parte), oppure 1 (si). Si riportano di seguito le informazioni richieste per la valutazione delle caratteristiche dipendenti, da rilevare in sito per i diversi macroelementi.

ASPETTI OPERATIVI	0	0,5	1
APPLICAZIONE			
Muratura disgregata			
Presenza di macerie esterne			
Conformazioni geometriche irregolari o decori in rilievo			

NUOVE PROPOSTE PER L'INTERVENTO POST-SISMA

SICUREZZA			
Impossibilità di avvicinarsi alla struttura in sicurezza			
Impossibilità di accedere alla struttura in sicurezza			
Impossibilità di permanenza nell'area a rischio			
INGOMBRO			
Necessità di transito nelle aree circostanti			
Necessità di accedere all'edificio			
Necessità di intervenire sull'edificio			
ASPETTI STRUTTURALI	0	0,5	1
DURABILITÀ			
Collocazione all'esterno in ambiente non protetto			
Difficoltà nel raggiungere opera provvisoria			
ASPETTI CONSERVATIVI	0	0,5	1
RISPETTO DEGLI ELEMENTI DI VALORE			
Presenza di stucchi ed elementi decorativi			
Presenza di superfici affrescate			
Presenza di muratura faccia a vista			

Raccolti tutti i dati necessari dall'analisi in loco, si procede alla scelta della tecnica. Per prima cosa, vengono individuate le possibili soluzioni di messa in sicurezza, in funzione del macroelemento, del meccanismo di collasso attivato e del relativo livello di danno. A tal fine, si faccia riferimento alle tabelle delineate mediante l'analisi dei casi studio svolta nella Sezione 3 della presente Tesi. Successivamente, è necessario attribuire un punteggio a ciascuna delle tecniche individuate. Tale punteggio sarà somma di due contributi:

- P1: derivante dalle caratteristiche indipendenti
- P2 derivante dal confronto tra le caratteristiche dipendenti e i fattori esterni.

Il punteggio P1 è ottenuto come somma dei punteggi di ciascuna caratteristica indipendente, ed è pertanto un valore costante che viene fornito al rilevatore. Il punteggio

P2, invece, è ottenuto in fase di rilievo e compilazione. In particolare, i valori (0, 0,5, oppure 1), attribuiti dal rilevatore alle condizioni del sito e al valore culturale del bene, devono essere moltiplicati per i punteggi assegnati alle corrispondenti caratteristiche della tecnica. Il punteggio P2 è dunque ottenuto come somma dei risultati così ricavati. È importante sottolineare che, in questo modo, ciascuna caratteristica dipendente viene considerata e pesata in funzione del caso specifico. Inoltre, quando un determinato fattore esterno è presente (valore pari a 1), le tecniche che hanno una valutazione negativa (punteggio pari a 1), relativamente alla caratteristica corrispondente, vengono escluse in quanto non compatibili.

Infine, confrontando i punteggi finali di ciascuna tecnica applicabile, è possibile definire gli interventi che meglio soddisfano le esigenze specifiche. Infatti, il punteggio finale rappresenta un indice di efficacia della tecnica: maggiore è il punteggio, maggiore l'efficacia.

Tale procedura si limita a fornire un ordine di efficacia tra le diverse tipologie di messa in sicurezza, lasciando alla discrezione del rilevatore la decisione di quale intervento attuare o di attuarne più di uno, se ritiene necessario. In particolare, la scelta finale dovrà mirare all'uniformità dell'intervento nei diversi macroelementi e alla possibilità di associare più funzioni allo stesso presidio.²¹⁵ È dunque necessario condurre un raffronto tra le tipologie di messa in sicurezza consigliate per i diversi meccanismi di collasso e, in generale, preferire una tecnica comune a più macroelementi, seppure leggermente meno efficace.

2.4 APPLICAZIONE DELLA METODOLOGIA

L'intervento provvisorio avviene per fasi successive, ciascuna delle quali genera un livello di sicurezza progressivamente crescente. In generale, se il campanile è a rischio ribaltamento, la priorità andrà riservata alla messa in sicurezza di questa struttura. Dopo aver eliminato il rischio indotto dal campanile sulle aree circostanti, sarà possibile intervenire sulla chiesa, prima dall'esterno (murature perimetrali) e poi, se le condizioni di sicurezza lo consentono, dall'interno (murature interne, volte e coperture). In generale è possibile riassumere le diverse fasi operative come segue:

²¹⁵ Ad esempio i sistemi a telaio possono ostacolare il ribaltamento dei setti murari e allo stesso tempo fungere anche da supporto per la copertura provvisoria.

Fase 1: messa in sicurezza del **campanile**

Fase 2: messa in sicurezza dei **setti murari**

Fase 3: messa in sicurezza delle **strutture voltate**

Fase 4: messa in sicurezza in **copertura**

Di conseguenza, la metodologia proposta nel paragrafo precedente deve essere applicata ai diversi macroelementi nell'ordine sopraesposto. Si noti che le operazioni svolte in successione modificano progressivamente le condizioni di sicurezza in cui si opera. Di conseguenza, per ogni fase operativa, le caratteristiche del sito andranno rivalutate in funzione delle condizioni specifiche.

Allo stesso modo, anche all'interno della singola fase operativa, le operazioni si succedono in modo tale da ripristinare progressivamente adeguati livelli di sicurezza. In generale, per ogni fase, è possibile svolgere le operazioni previste nel seguente ordine:

- a. operazioni preliminari
- b. realizzazione di sistemi a telaio o a compressione
- c. operazioni di irrigidimento e/o ripristino della continuità muraria
- d. realizzazione di sistemi a trazione e/o di confinamento
- e. realizzazione di sistemi di protezione

Le operazioni preliminari, atte a garantire adeguate condizioni di sicurezza per gli operatori e di salvaguardia delle fabbriche danneggiate, costituiscono le prime attività da svolgere per poter intervenire successivamente in modo più approfondito. L'operazione successiva, se prevista, può essere la realizzazione di un sistema a telaio o a compressione in grado di bloccare il meccanismo di dissesto sostenendo la struttura senza generare nuovi sforzi sulla stessa. Se invece l'intervento prevede l'uso di un sistema a trazione o confinamento, preliminarmente si devono operare tutte le operazioni di irrigidimento e ripristino della continuità muraria, atte a ripristinare sufficienti capacità di resistenza tali da sopportare le forze applicate dai presidi di sicurezza. Infine, una volta presidiate le strutture e garantite piene condizioni di sicurezza, potranno essere adottati, se necessari, i sistemi di protezione atti a garantire la conservazione delle strutture.

Quanto sopra descritto ha carattere generale e deve essere attentamente valutato in funzione del caso specifico. La procedura proposta, infatti, non vuole fornire un'unica soluzione operativa sempre valida. L'obiettivo è quello di guidare l'operatore nell'ottimizzazione dell'intervento, proponendo una base di partenza da adattare ai singoli casi in modo critico e consapevole.

2.4.1 Un esempio di applicazione

Per una migliore comprensione, si propone un esempio di applicazione ad uno dei casi studio analizzati: la Chiesa di San Luca Evangelista a Medolla (MO). Operando a posteriori, è stata utilizzata la scheda di rilievo del danno già compilata e il materiale fotografico relativo allo stato di danneggiamento dell'edificio nell'immediato post-sisma grazie al quale è stato possibile reperire i dati per la compilazione della parte integrativa dell'attuale scheda.

Fase 1: messa in sicurezza del campanile

Vengono previste operazioni preliminari di rimozione delle parti pericolanti, operando dall'alto al basso, e di rimozione delle macerie all'esterno della struttura. Alla luce delle operazioni preliminari previste vengono compilati i dati relativi alle condizioni del sito. Applicando la metodologia per il meccanismo M27 (torre campanaria) con danno pari a D4 si ottengono i seguenti risultati in ordine di punteggio decrescente (dal verde a giallo). Le tecniche non applicabili sono invece evidenziate in rosso.

MECCANISMO DI DANNO	TIPOLOGIA CONSIGLIATA	P1	P2	TOT
DISSESTI MURATURA	Sbadacchiatura in legno	52	21,5	73,5
	Scuci e cucì, stuccature e/o iniezioni	49	21	70
	Placcaggio con materiale fibrinforzato	47	17	64
	Sigillatura a proiezione mediante robot	41	20	61
	Cucitura armata	47	17,5	64,5
	Tamponatura in muratura	40	19	59

NUOVE PROPOSTE PER L'INTERVENTO POST-SISMA

MECCANISMO DI DANNO	TIPOLOGIA CONSIGLIATA	P1	P2	TOT
ESPULSIONE ANGOLI O SUDDIVISIONE IN MACROELEMENTI VERTICALI	Cerchiatura con profili in acciaio	58	21	79
	Cerchiatura con cavi in acciaio	57	19,5	76,5
	Telaio tubi e giunti	55	18,5	73,5
	Cerchiatura con fasce in poliestere	53	19,5	72,5
	Puntello di ritegno in acciaio	46	20,5	66,5
	Cerchiatura con materiale fibrorinforzato	47	18	65
	Catene in acciaio	61	19	80
	Telaio in legno	52	18	70
	Puntello di ritegno in legno	47	18	65
	Telaio in acciaio	44	17	61

Applicando la metodologia per il meccanismo M28 (cella campanaria) con danno pari a D5 si ottengono i seguenti risultati:

MECCANISMO DI DANNO	TIPOLOGIA CONSIGLIATA	P1	P2	TOT
CROLLO TOTALE	Copertura provvisoria in PVC	52	21	73
	Copertura provvisoria in legno	50	20	70
	Copertura provvisoria in acciaio	47	20	67

Fase 2: messa in sicurezza dei setti murari

Rimosso il rischio indotto dal campanile, è possibile avvicinarsi all'edificio, pur restando all'esterno. Si procede allora all'analisi delle possibili soluzioni per mettere in sicurezza i setti murari, in funzione delle nuove condizioni del sito. Per quanto riguarda il meccanismo M1, appare opportuno ridurre il livello di danno poiché la facciata non ha subito un crollo totale. Applicando la metodologia per il meccanismo M1 (ribaltamento della facciata) e M5 (ribaltamento delle pareti dell'aula) con danno pari a D4 si ottengono i seguenti risultati:

MECCANISMO DI DANNO	TIPOLOGIA CONSIGLIATA	P1	P2	TOT
RIBALTAMENTO	Cerchiatura con profili in acciaio	58	21	79
	Cerchiatura con cavi in acciaio	57	20	77
	Telaio tubi e giunti	55	20,5	75,5
	Stralli con cavi in acciaio	55	19,5	74,5
	Cerchiatura con fasce in poliestere	53	20,5	73,5
	Puntello di ritegno in acciaio	46	21	67
	Cerchiatura con materiale fibrorinforzato	47	19	66
	Contrafforte in acciaio	44	20	64
	Telaio in acciaio	44	19,5	63,5
	Contrafforte in muratura	40	18,5	58,5
	Contrafforte in cemento	37	19	56
	Catene in acciaio	61	19,5	80,5
	Telaio in legno	52	20,5	72,5
	Puntello di ritegno in legno	47	19	66

Applicando la metodologia per il meccanismo M2 (ribaltamento della sommità della facciata) con danno pari a D5 si ottengono i seguenti risultati:

MECCANISMO DI DANNO	TIPOLOGIA CONSIGLIATA	P1	P2	TOT
CROLLO TOTALE	Tamponamento in legno	51	21	72
	Tamponamento in muratura	44	19	63

Applicando la metodologia per il meccanismo M3 (taglio nella facciata) con danno pari a D3 si ottengono i seguenti risultati:

MECCANISMO DI DANNO	TIPOLOGIA CONSIGLIATA	P1	P2	TOT
TAGLIO	Sbadacchiatura in legno	52	24,5	76,5
	Scuci e cucì, stuccature e/o iniezioni	49	24	73

NUOVE PROPOSTE PER L'INTERVENTO POST-SISMA

	Placcaggio con materiale fibrorinforzato	47	19,5	66,5
	Sigillatura a proiezione mediante robot	41	22	63
	Incamicatura in legno e acciaio	48	18	66
	Cucitura armata	47	18,5	65,5
	Tamponatura in muratura	40	20,5	60,5

Applicando la metodologia per il meccanismo M6 (taglio nell'aula) con danno pari a D2 si ottengono i seguenti risultati:

MECCANISMO DI DANNO	TIPOLOGIA CONSIGLIATA	P1	P2	TOT
TAGLIO	Sbadacchiatura in legno	52	24,5	76,5
	Scuci e cucì, stuccature e/o iniezioni	49	24	73
	Telaio di cerchiatura delle aperture in acciaio	45	19	64

Fase 3: messa in sicurezza delle strutture voltate

Messi in sicurezza i setti murari, aumentano le condizioni di sicurezza per poter accedere alla struttura, pur restando elevato il rischio di permanenza al suo interno. Applicando la metodologia per il meccanismo M13 (arco trionfale) con danno pari a D3 si ottengono i seguenti risultati:

MECCANISMO DI DANNO	TIPOLOGIA CONSIGLIATA	P1	P2	TOT
RIBALTAMENTO DEI PIEDRITTI	Catene in acciaio	61	16	77
LESIONI E DISSESTI DIFFUSI	Centine con tubi e giunti	60	15,5	75,5
	Cerchiatura con cavi in acciaio	57	15	72
	Centine in legno	53	16	69
	Cerchiatura con fasce in poliestere	53	15,5	68,5
	Scuci e cucì, stuccature e/o iniezioni	49	17,5	66,5
	Cucitura armata	47	14	61
	Placcaggio con materiale fibrorinforzato	47	13	60

Per quanto riguarda le strutture voltate, appare opportuno ridurre il livello di danno rispetto a quello riportato nella scheda del MiBACT poiché le volte non hanno subito un crollo totale. Applicando la metodologia per il meccanismo M8 e M9 (volte dell'aula), con danno pari a D4 si ottengono i seguenti risultati:

MECCANISMO DI DANNO	TIPOLOGIA CONSIGLIATA	P1	P2	TOT
RIBALTAMENTO DEI PIEDRITTI	Catene in acciaio	61	16	77
	Centine con tubi e giunti	60	15,5	75,5
LESIONI E DISSESTI DIFFUSI	Centine in legno	53	16	69
	Scuci e cucì, stuccature e/o iniezioni	49	17,5	66,5
	Cucitura armata	47	14	61
	Placcaggio con materiale fibrorinforzato	47	13	60

Fase 4: messa in sicurezza delle coperture

Infine, si considerino le condizioni nella zona delle coperture dopo che il resto della struttura è stato messo in sicurezza. Anche per quanto riguarda le coperture, appare opportuno ridurre il livello di danno poiché non hanno subito un crollo totale. Applicando la metodologia per il meccanismo M19 (copertura dell'aula), con danno pari a D4 si ottengono i seguenti risultati:

MECCANISMO DI DANNO	TIPOLOGIA CONSIGLIATA	P1	P2	TOT
CROLLO PARZIALE	Copertura provvisoria in PVC	53	14	67
	Copertura provvisoria in legno	49	14	63
	Copertura provvisoria in acciaio	46	14	60

Fase 5: analisi e comparazione dei risultati

I risultati così ottenuti vengono analizzati e comparati per valutare la scelta migliore. In particolare, in considerazione della necessità di realizzare una struttura di copertura che non può poggiare sulle murature parzialmente crollate dell'aula, si ricerca una soluzione che possa assumere sia la funzione di presidio contro il ribaltamento sia quella di supporto alla copertura. Pertanto, si esclude l'intervento tramite cerchiatura, sebbene

più efficiente e si opta per la realizzazione di un telaio strutturale in tubi e giunti, dal punteggio leggermente inferiore ma in grado di assumere la duplice funzione richiesta. Inoltre, impedendo il ribaltamento da entrambi i lati del setto murario, tale scelta permette di operare anche all'interno della chiesa, rimuovendo le macerie e puntellando le volte. Ne deriva una soluzione d'intervento così configurata:

- 1) rimozione delle parti pericolanti e delle macerie all'esterno dell'edificio
- 2) sbadacchiatura in legno delle aperture
- 3) cerchiatura preliminare del campanile con fasce in poliestere
- 4) ripristino della continuità muraria mediante sigillatura delle lesioni
- 5) realizzazione di un telaio strutturale in tubi e giunti a sostegno della chiesa e del campanile
- 6) rimozione delle macerie all'interno dell'edificio
- 7) centinatura in tubi e giunti a sostegno delle volte interne e progressiva
- 8) realizzazione di copertura provvisoria in lamiera a protezione del campanile e della chiesa, poggiante sul ponteggio esterno.

2.5 VALIDAZIONE DELLA PROCEDURA DI SCELTA

Di seguito la metodologia proposta viene applicata ai casi studio presentati nella sezione 3 della presente Tesi. Si vedrà che talvolta le soluzioni proposte attraverso la procedura di scelta sono analoghe agli interventi realizzati in seguito al sisma del 2012. In alcuni casi invece si arriva alla definizione di interventi diversi, che appaiono maggiormente efficaci attraverso la valutazione complessiva degli aspetti coinvolti.

In generale, l'impiego della metodologia offre una certa omogeneità d'azione. Cerchiature con profili o cavi in acciaio o strutture a telaio in tubi e giunti, opportunamente configurate, sono risultate essere le soluzioni più efficaci contro il ribaltamento dei setti murari fuori dal piano. Vengono invece sconsigliati i puntelli di ritegno in legno poiché, esposti agli agenti atmosferici, tendono a perdere velocemente la loro efficacia. Sbadacchiatura in legno e risarcitura delle lesioni si sono invece mostrate di maggiore efficacia contro i meccanismi a taglio mentre per arginare i dissesti alle strutture voltate viene in genere suggerita l'installazione di centine in tubi e giunti. Quando invece vi sono condizioni particolari (sicurezza, valore architettonico, fruizione degli spazi ecc.) si ottiene maggiore ottimizzazione attraverso l'impiego di altre tecniche di messa in sicurezza, mostrate caso per caso nei paragrafi che seguono. Nell'esposizione di ciascuno non vengono precisate le operazioni preliminari (rimozione parti pericolanti e rimozione macerie) che sono alla base dell'attuazione di qualsiasi tipo di messa in sicurezza e andranno definite durante il sopralluogo in sito.

Ad ogni modo l'applicazione ai casi studio del sisma 2012 ha fatto emergere la necessità di aumentare l'accuratezza della procedura. Ad esempio, i punteggi delle diverse tipologie di intervento andrebbero definiti in funzione del macroelemento cui la tecnica viene applicata. Maggiore precisione dei criteri di scelta comporta maggiore complessità nell'utilizzo della procedura di scelta da parte dell'operatore che deve operare velocemente e in condizioni di emergenza. Ne deriva la necessità di elaborare un sistema informatizzato che semplifichi l'impiego della procedura, guidando l'operatore attraverso il progressivo cambiamento delle condizioni del contorno, intervento dopo intervento, valutando tutte le possibili azioni e riducendo anche la possibilità di errore nel calcolo dei punteggi.

1. COLLEGIATA DI SANTA MARIA MAGGIORE

PIEVE DI CENTO (BO)

Fase 1: messa in sicurezza del campanile

La torre campanaria ha riportato danno pari a D2 mentre per la cella non viene segnalato nessun danno in quanto già messa in sicurezza dai VVF. In considerazione del danno moderato, sembra possibile consolidare in modo definitivo attraverso la posa in opera di catene, secondo quanto emerso dalla procedura di scelta. L'intervento di messa in sicurezza realizzato dopo il sisma 2012 non opera su questo macroelemento.

Fase 2: messa in sicurezza dei setti murari

La facciata ha riportato danno pari a D2 per i cinematismi di ribaltamento (M1 e M2) e D1 per le lesioni a taglio (M3). In questo caso la metodologia proposta segnala come interventi maggiormente efficaci la sbadacchiatura lignea delle aperture, il ripristino della continuità muraria tramite stuccatura delle lesioni e la posa in opera di catene, se si vuole operare dall'interno della chiesa in modo definitivo, o la realizzazione di una cerchiatura esterna in profili d'acciaio. Per l'aula e il transetto non viene rilevato nessun danno mentre per l'abside (D1 per M16) vengono suggeriti gli stessi provvedimenti adottati contro il ribaltamento della facciata. L'intervento di messa in sicurezza post-sisma 2012 ha realizzato delle cerchiature con cavi d'acciaio, presidio simile e di analoga efficacia.

Fase 3: messa in sicurezza delle strutture voltate

Nessun danno viene segnalato per l'arco trionfale né per le volte dell'aula o del transetto. Solo la volta dell'abside ha riportato danni lievi (D1) dovuti a piccole lesioni per le quali si suggerisce il ripristino della continuità muraria tramite stuccatura, anche in un secondo momento. La lanterna invece è completamente crollata (D5) insieme a parte della cupola (D4), danneggiando gravemente il tamburo (D4). La procedura consiglia di realizzare delle centine in tubi e giunti a sostegno della parte di cupola ancora in sede, cerchiare il tamburo con cavi in acciaio, previa sbadacchiatura delle aperture, e realizzare una copertura provvisoria in legno. Tuttavia, in considerazione della presenza della centinatura in tubi e giunti appare più opportuno preferire una copertura in lamiera grecata integrata con il ponteggio. L'intervento così configurato appare simile a quello realizzato, fatta eccezione per il placcaggio estradosso, il quale viene penalizzato per le implicazioni conservative. In tal caso, tuttavia appare utile specificare la diversa efficacia della tecnica a seconda del suo campo di applicazione: il suo impiego sull'estradosso delle volte risulta meno invasivo rispetto al placcaggio di una superficie in muratura a vista.

Fase 4: messa in sicurezza delle coperture

Infine, per la copertura dell'aula e dell'abside, entrambe con danno D1, si propone la revisione del manto di copertura e del sistema di smaltimento delle acque. Inoltre viene segnalato il crollo della copertura della cupola: nonostante la metodologia, configurata in funzione dei meccanismi presenti nell'abaco presente in normativa, non sia applicabile a tale dissesto, si ritiene particolarmente utile la realizzazione di una copertura provvisoria (effettivamente realizzata in occasione del sisma 2012), alla luce delle considerazioni esposte al punto 3.1.7. del presente capitolo.

2. CHIESA DI SAN LORENZO MARTIRE CASUMARO DI CENTO (FE)

Fase 1: messa in sicurezza del campanile

La torre campanaria presenta dissesti gravi causati dal martellamento tra edifici attigui (D3). Contro i meccanismi attivatisi, la procedura individua come tecniche di maggiore efficacia la cerchiatura del fusto con profili in acciaio e la realizzazione di un ponteggio strutturale. Per arginare la perdita di resistenza viene suggerita la realizzazione di sbadacchiature delle aperture e la sigillatura delle lesioni. Tali opere corrispondono con quanto effettivamente realizzato. L'applicazione di fasci verticali in fibra di carbonio (applicate nell'intervento post-sisma 2012 per restituire continuità verticale alla torre) ottiene invece un punteggio inferiore ma non viene comunque escluso trattandosi di superfici intonacate. La cella campanaria presenta invece danni lievi (D1) per i quali non si ritiene necessario dover intervenire.

Fase 2: messa in sicurezza dei setti murari

La facciata della chiesa ha riportato danni di lieve entità (D2) per i quali il metodo proposto suggerisce la realizzazione di una cerchiatura in profili d'acciaio (M1 e M2) e la sbadacchiatura delle aperture (M3). Danni di maggiore entità (D3) sono stati riportati dall'aula e dalle cappelle laterali. In questo caso la differenza di punteggi tra cerchiatura in acciaio e ponteggio strutturale si riduce e pertanto la scelta potrebbe ricadere anche su quest'ultimo. L'intervento post-sisma 2012 ha invece realizzato un ponteggio strutturale contro il ribaltamento della sola facciata, evitando qualsiasi tipo di presidio contro i dissesti dell'aula e delle cappelle. Secondo la procedura l'intervento non appare ottimale ma resta il dubbio che il livello di danno della facciata fosse maggiore rispetto a quello segnalato sulla scheda.

Fase 3: messa in sicurezza delle strutture voltate

In seguito alla messa in sicurezza dei setti murari dell'aula e delle cappelle, sarebbe possibile entrare all'interno della chiesa per presidiare le volte maggiormente danneggiate, ovvero quello delle cappelle (D3). Il metodo di scelta suggerisce la realizzazione di una centinatura in tubi e giunti ed eventualmente la risarcitura delle maggiori lesioni. L'arco trionfale e la volta dell'abside hanno subito danni lievi (D1) per i quali non si ritiene necessario dover intervenire. L'intervento post-sisma 2012 non è invece intervenuto a presidiare nessuna delle strutture voltate all'interno della chiesa.

Fase 4: messa in sicurezza delle coperture

Infine, per la copertura dell'aula e dell'abside, entrambe con danno D0, non appare necessario alcun tipo di intervento.

3. AUDITORIUM EX-CHIESA DI SAN LORENZO

CENTO (FE)

Fase 1: messa in sicurezza del campanile

In seguito alla prima scossa, la torre campanaria ha riportato dissesti moderati (D2), aggravatisi dopo il secondo evento sismico. La cella campanaria, invece, ha subito danni di grave entità (D4) fin dalla prima scossa. La procedura di scelta suggerisce di intervenire mediante installazione di una struttura a telaio in tubi e giunti attorno al fusto del campanile, e una cerchiatura con profili in acciaio attorno alla cella campanaria. Per ripristinare la continuità muraria si suggerisce invece la realizzazione di sbadacchiature in legno e la stuccatura delle lesioni. Gli interventi proposti risultano analoghi a quelli realizzati.

Fase 2: messa in sicurezza dei setti murari

La maggior parte dei setti murari non ha riportato danni. Viene segnalato un dissesto lieve (D1) solo per aula e abside. La procedura consiglia la posa in opera di catene in acciaio contro i fenomeni di ribaltamento e il ripristino della continuità muraria contro le lesioni a taglio (oltre alla sbadacchiatura lignea delle aperture). Tuttavia, in considerazione della modesta entità del dissesto e del fatto che tali interventi hanno carattere definitivo, si ritiene giustificata la scelta adottata in fase emergenziale post-sisma 2012 di rimandare la realizzazione di tali presidi (fatta eccezione per le sbadacchiature) all'intervento finale.

Fase 3: messa in sicurezza delle strutture voltate

L'arco trionfale e la volta dell'abside hanno subito un dissesto moderato (rispettivamente D2 e D1) senza dislocazione dei conci per cui si rimandano eventuali interventi di consolidamento in fase definitiva. Per le volte delle cappelle viene invece rilevato un danno maggiore (D3) per il quale la procedura suggerisce l'installazione di una centinatura in tubi e giunti e operazioni di risarcitura delle lesioni. In fase emergenziale post-sisma non viene invece adottato alcun intervento, probabilmente considerando il dissesto non rischioso per la stabilità delle strutture. La priorità viene data alla lanterna della cupola (D3) che presenta un maggior grado di vulnerabilità. La procedura propone come interventi di maggiore efficacia, oltre alla sbadacchiatura delle aperture, sia l'installazione di una struttura a telaio in tubi e giunti, sia la cerchiatura con cavi in acciaio. In questo caso, non dovendo installare anche una centinatura di sostegno alla cupola, appare più conveniente operare mediante cerchiatura della lanterna, analogamente a quanto realizzato.

Fase 4: messa in sicurezza delle coperture

Infine, per la copertura dell'aula e dell'abside, entrambe con danno D0, non appare necessario alcun tipo di intervento.

4. CHIESA DI SAN FILIPPO NERI CENTO (FE)

Fase 1: messa in sicurezza del campanile

La torre campanaria ha riportato lievi dissesti (D2) mentre per la cella non viene segnalato alcun danno. In considerazione dell'entità limitata dei dissesti, e secondo quanto suggerito dalla procedura di scelta, sembra possibile consolidare in modo definitivo (anche in un secondo momento) attraverso la posa in opera di catene. L'intervento di messa in sicurezza realizzato dopo il sisma 2012 non opera su questo macroelemento.

Fase 2: messa in sicurezza dei setti murari

La parte sommitale della facciata ha subito i danni maggiori (D4): la procedura consiglia di intervenire mediante la posa in opera di catene o la cerchiatura con profili in acciaio. Anche l'abside e le cappelle hanno subito danni ma di entità minore causati sia da fenomeni di ribaltamento (rispettivamente, D2 e D3) che di taglio (rispettivamente, D1 e D2). Per i primi, come per la facciata, la procedura rileva maggiore efficacia nella posa in opera di catene o nella realizzazione di una cerchiatura in profili d'acciaio, mentre per i secondi suggerisce la sbadacchiatura delle aperture. L'intervento realizzato dopo il sisma 2012 ha riguardato solo la facciata, di maggiore rischio per la pubblica incolumità, attraverso la cerchiatura con cavi d'acciaio e l'installazione di un ponteggio strutturale. Si ritiene che quest'ultimo intervento non sia appropriato in quanto ostacola il passaggio sulla pubblica via.

Fase 3: messa in sicurezza delle strutture voltate

L'arco trionfale ha riportato danni di lieve entità (D1), senza dislocamento puntuale dei conci, per cui non si ritiene necessario intervenire in fase emergenziale. Le volte della navata centrale, dell'abside e delle cappelle hanno invece subito danni più gravi (D3). La procedura suggerisce di realizzare delle centinature in tubi e giunti di temporaneo sostegno alle strutture e di supporto alla realizzazione di operazioni definitive di ripristino della continuità muraria. Rispetto all'intervento post-sisma 2012, che ha realizzato delle centinature lignee solo nelle cappelle, l'intervento proposto implicherebbe un maggiore sforzo iniziale. Tale impegno sia operativo che economico sarebbe però attenuato dal fatto che, svolte le operazioni di ripristino della continuità strutturale delle volte, sarebbe possibile rimuovere le centinature senza doverle noleggiare per lungo tempo (con conseguente aumento dei costi) e ciò impedirebbe l'aggravarsi del quadro fessurativo in attesa dell'intervento definitivo.

Fase 4: messa in sicurezza delle coperture

Infine, per la copertura dell'aula e dell'abside, entrambe con danno D1, si propone la revisione del manto di copertura e del sistema di smaltimento delle acque.

5. CHIESA DI SANT'ANNA

RENO CENTESE (FE)

Fase 1: messa in sicurezza del campanile

Il campanile della Chiesa di Sant'Anna, gravemente danneggiato dalle scosse sismiche del 2012 (D4), presenta particolari condizioni di instabilità che rendono impossibile avvicinarsi alla struttura. L'unica tecnica applicabile, individuata dalla procedura in oggetto, resta la sigillatura delle lesioni mediante robot, proiettando malta fluida dalle opportune caratteristiche meccaniche tali da restituire continuità strutturale alla muratura. Questo primo intervento di messa in sicurezza permette di avvicinarsi alla struttura e, pertanto, si ritiene opportuno ripetere la procedura di scelta con le nuove condizioni del sito. Il placcaggio con materiale fibrorinforzato mediante applicazione di cerchiature orizzontali e fasce verticali, viene individuato, tra le tecniche applicabili, come quella di maggiore efficacia, oltre alla sbadacchiatura lignea delle aperture. L'intervento così definito corrisponde a quanto effettivamente realizzato dal punto di vista della tecnica impiegata. Tuttavia, le indicazioni sugli accorgimenti da adottare nell'applicazione di tali tecniche (delineate nel capitolo 3 della presente parte) sconsigliano l'uso di malte cementizie, incentivando la compatibilità dei materiali.

Fase 2: messa in sicurezza dei setti murari

Solo le pareti laterali dell'aula hanno manifestato alcune lesioni dovute a ribaltamento (D3) e taglio (D1). La procedura suggerisce la posa in opera di catene o la cerchiatura con profili in acciaio e la sbadacchiatura delle aperture. Tuttavia, vista la ridotta entità dei dissesti, si ritiene di poter evitare la sbadacchiatura e di poter intervenire in modo già definitivo attraverso la posa in opera di catene. Nel 2012 non sono stati realizzati interventi sui setti murari.

Fase 3: messa in sicurezza delle strutture voltate

L'arco trionfale ha subito dissesti di grave entità (D4) tra cui il dislocamento dei conci in chiave. La procedura di scelta suggerisce la stessa soluzione dell'intervento realizzato, ovvero l'installazione di una centinata in tubi e giunti. Inoltre propone anche di ripristinare la continuità muraria attraverso la risarcitura delle lesioni. Anche le volte, dell'abside e delle navate laterali/cappelle hanno subito dissesti, seppur di minor entità (rispettivamente D2 e D3): la procedura propone le stesse tecniche di messa in sicurezza dell'arco, assicurando omogeneità di intervento. In fase emergenziale post-sisma 2012, i presidi di sicurezza sono stati limitati ad una sola cappella laterale, probabilmente sulla base di valutazioni svolte in loco. Da questo esempio riemerge l'importanza delle valutazioni critiche operate in sito da operatori esperti e consapevoli.

Fase 4: messa in sicurezza delle coperture

Infine, per la copertura dell'aula e dell'abside, entrambe con danno D0, non appare necessario alcun tipo di intervento.

6. CHIESA DI SAN MICHELE ARCANGELO

BOMPORTO (MO)

Fase 1: messa in sicurezza del campanile

Il campanile della Chiesa di San Michele ha riportato danni gravi in seguito al sisma del 2012 (D4 per la torre campanaria e D3 per la cella). La metodologia proposta per la scelta della tecnica di messa in sicurezza individua come maggiormente efficace la posa in opera di cerchiature in profili d'acciaio. In alternativa, la cerchiatura con cavi di acciaio e l'installazione di ponteggi strutturali ottengono lo stesso punteggio. In considerazione della posizione del campanile, inglobata nella chiesa e nei fabbricati adiacenti, si ritiene più opportuno adottare la tecnica di cerchiatura, eventualmente integrando diverse tipologie di materiale come avvenuto in fase emergenziale post-sisma 2012. Per incrementare la resistenza della muratura appare efficace intervenire mediante sbadacchiatura delle aperture e risarcitura delle principali lesioni.

Fase 2: messa in sicurezza dei setti murari

La facciata della chiesa ha subito i danni maggiori (valutati di livello D4). La procedura di scelta suggerisce di intervenire mediante inserimento di catene o cerchiatura con profili in acciaio contro i meccanismi di ribaltamento. Viene invece sconsigliato l'intervento realizzato, ovvero l'installazione di puntelli di ritegno in legno, in quanto collocati in ambiente esterno possono deteriorarsi velocemente perdendo la loro funzionalità. Per incrementare la capacità resistente della muratura, ridotta dalle lesioni a taglio, la procedura propone come interventi di maggiore efficacia la sbadacchiatura delle aperture e la risarcitura delle lesioni. Le stesse tecniche vengono consigliate anche per la messa in sicurezza delle cappelle (D3), per le quali nessun presidio è stato realizzato in occasione del sisma 2012.

Fase 3: messa in sicurezza delle strutture voltate

L'arco trionfale ha subito danni di lieve entità (D2) per i quali viene suggerita la realizzazione di una centinata in tubi e giunti e la ristilatura delle lesioni. Si ritiene possibile, tuttavia, posticipare l'intervento alla fase di consolidamento finale come avvenuto nel sisma 2012. Le stesse tecniche di intervento vengono suggerite per le volte delle cappelle (D3).

Fase 4: messa in sicurezza delle coperture

Infine, per la copertura dell'aula e dell'abside, entrambe con danno D0, non appare necessario alcun tipo di intervento.

7. ORATORIO DI SAN ROCCO

BOMPORTO (MO)

Fase 1: messa in sicurezza del campanile

Il campanile ha riportato i danni maggiori in seguito all'evento sismico del 2012 (D4 per la torre campanaria e D3 per la cella). La procedura individua come tecnica di messa in sicurezza più efficace la posa in opera di cerchiature in profili d'acciaio. Simile punteggio è stato ottenuto anche dalla struttura a telaio in tubi e giunti e dalla cerchiatura in cavi d'acciaio. Considerando la posizione inglobata del campanile all'interno del complesso, si opta per la realizzazione di cerchiature. Sulla base dei punteggi ottenuti, la soluzione realizzata (placcaggio con materiale fibrorinforzato) appare invece poco ottimizzata.

Fase 2: messa in sicurezza dei setti murari

Nessun danno viene rilevato negli altri macroelementi del complesso.

Fase 3: messa in sicurezza delle strutture voltate

Nessun danno viene rilevato negli altri macroelementi del complesso.

Fase 4: messa in sicurezza delle coperture

Nessun danno viene rilevato negli altri macroelementi del complesso.

8. CHIESA DI SAN NICOLÒ DA BARI BOMPORTO (MO)

Fase 1: messa in sicurezza del campanile

Per la torre campanaria non viene segnalato alcun danno (D0) mentre per la cella sono stati rilevati danni di modesta entità (D2), per i quali la procedura individua come intervento di maggiore efficacia la posa in opera di catene in acciaio. L'intervento realizzato in fase emergenziale è invece consistito nella realizzazione di un telaio interno in acciaio, tecnica che ottiene il punteggio più basso secondo la metodologia proposta. Tale discordanza è da imputarsi al fatto che l'intervento realizzato è in realtà un intervento definitivo, la cui principale finalità non è quella di arginare l'attivazione del meccanismo di collasso, bensì di ridurre la vulnerabilità intrinseca al macroelemento. Sebbene la metodologia proposta, operando in fase emergenziale, dia la priorità ad interventi più immediati, volti a limitare il progredire del danno già in atto, si ritiene che la scelta di operare in modo definitivo possa essere una buona soluzione in casi particolari, dopo attente e specifiche valutazioni.

Fase 2: messa in sicurezza dei setti murari

La parte sommitale della facciata e le pareti laterali dell'aula e dell'abside hanno visto l'attivazione di meccanismi di ribaltamento fuori dal piano. La metodologia proposta suggerisce la posa in opera di catene in acciaio per la facciata e per l'aula, caratterizzate dal danno minore (D2), intervento a carattere definitivo in linea con quanto già realizzato nel campanile. Per l'abside, il cui livello di danno appare più grave (D3), l'intervento più efficace risulta la cerchiatura in profili d'acciaio o in cavi metallici. In fase emergenziale post-sisma non è stato realizzato alcun intervento sui setti murari della chiesa.

Fase 3: messa in sicurezza delle strutture voltate

L'arco trionfale ha riportato danni moderati (D2) così come le volte della navata centrale (D2) e dell'abside (D3). La procedura suggerisce la realizzazione di centine in tubi e giunti e il ripristino delle lesioni mediante sigillatura. Tali operazioni possono essere evitate per la navata centrale e per l'arco trionfale, in attesa dell'intervento definitivo, mentre sono fortemente consigliate per l'abside, il cui danno risulta più grave. Cupola e tamburo hanno subito un danno di lieve entità (D1) per cui non si ritiene urgente intervenire mentre la lanterna, gravemente danneggiata (D3), necessita di una messa in sicurezza che può essere attuata efficacemente, secondo i punteggi ottenuti, con tecnica della cerchiatura con cavi in acciaio e sbadacchiatura delle aperture. In alternativa la metodologia proposta suggerisce anche l'impegno di centine in tubi e giunti.

Fase 4: messa in sicurezza delle coperture

Infine, per la copertura dell'aula e dell'abside, entrambe con danno D2, si propone la revisione del manto di copertura e del sistema di smaltimento delle acque.

9. CHIESA DI SANT'EGIDIO ABATE

CAVEZZO (MO)

Fase 1: messa in sicurezza del campanile

Il campanile è stato gravemente danneggiato dal sisma del 2012 (D4). La metodologia proposta, analogamente a quanto realizzato, suggerisce di intervenire mediante cerchiatura del fusto o della cella con profili in acciaio o cavi metallici, sbadacchiatura delle aperture e sigillatura delle lesioni.

Fase 2: messa in sicurezza dei setti murari

La facciata della chiesa e le pareti laterali dell'aula hanno visto l'attivazione di fenomeni di ribaltamento (rispettivamente D3 e D4). Per la facciata la metodologia proposta individua come intervento maggiormente efficace la cerchiatura con profili in acciaio o cavi metallici, soluzione effettivamente realizzata nel post-sisma 2012. Per i setti laterali, la cui muratura appare maggiormente disgregata (in parte crollata), suggerisce l'installazione di un ponteggio a tubi e giunti o di un telaio strutturale in legno, oltre alla sbadacchiatura delle aperture, alla sigillatura delle lesioni e al tamponamento in legno della porzione crollata. L'intervento di messa in sicurezza non ha invece realizzato nessun presidio per questo macroelemento.

Fase 3: messa in sicurezza delle strutture voltate

L'arco trionfale risulta gravemente danneggiato (D4): la metodologia proposta suggerisce l'installazione di una centinatura in tubi e giunti o la "cerchiatura" dell'arco ovvero il sistema di confinamento adottato per la chiesa di San Bartolomeo in Vigellio di Salussola a Biella (parte 4 capitolo 1). Tale soluzione può diventare vantaggiosa se combinata con l'installazione di un telaio strutturale contro il ribaltamento delle pareti laterali al quale potrebbero essere collegati i cavi a V di supporto all'arco. Le volte della navata centrale e di quelle laterali risultano crollate (D5) e pertanto non viene predisposto alcun presidio strutturale. Le volte del transetto hanno invece riportato gravi dissesti (D4) mentre quelle dell'abside hanno subito danni più moderati (D2). In entrambe i casi la metodologia di scelta propone la realizzazione di una centinatura in tubi e giunti e la risarcitura delle lesioni.

Fase 4: messa in sicurezza delle coperture

La copertura dell'aula e del transetto hanno subito danni molto gravi (rispettivamente D4 e D5) con grandi porzioni crollate. Secondo quanto suggerito dalla procedura di scelta, si ritiene opportuno realizzare una copertura provvisoria in legno o in lamiera a seconda che la struttura a telaio contro il ribaltamento delle pareti laterali sia, rispettivamente, in legno lamellare o in tubi e giunti.

10. CHIESA DELLA BEATA VERGINE DEL ROSARIO

FINALE EMILIA (MO)

Fase 1: messa in sicurezza del campanile

La torre campanaria ha subito gravi danni (D4) in seguito al sisma del 2012, a causa dell'interazione con i fabbricati adiacenti (campanile inglobato). La metodologia proposta suggerisce la posa in opera di cerchiature in profili o cavi d'acciaio contro i fenomeni di suddivisione in macroelementi verticali e l'applicazione di strisce verticali di materiale fibrorinforzato per ripristinare la continuità verticale, oltre alla sbadacchiatura delle aperture e alla sigillatura delle lesioni. L'intervento realizzato è invece consistito nell'installazione di un telaio metallico in profili d'acciaio. Secondo la metodologia oggetto di studio, tale soluzione appare come possibile alternativa sebbene non porti alla maggiore ottimizzazione dell'intervento. La cella campanaria ha riportato dissesti di minore entità (D2) per i quali è possibile intervenire in modo definitivo con operazioni di ripristino della continuità muraria. Tuttavia, per omogeneità d'intervento, si suggerisce di estendere anche a questo macroelemento il presidio di sicurezza installato sul fusto del campanile.

Fase 2: messa in sicurezza dei setti murari

La facciata ha evidenziato l'attivazione del meccanismo di ribaltamento (D2) e diffuse lesioni a taglio (D4). Le pareti laterali dell'aula e quelle della cappella presentano lesioni da ribaltamento e taglio di grave entità (D3 e D4) e l'abside mostra dissesti dovuti a taglio nel piano (D3). La metodologia proposta riconosce come intervento maggiormente ottimizzato contro il ribaltamento fuori dal piano la cerchiatura con profili in acciaio o cavi metallici di tutti i macroelementi. Tuttavia, dato che tutti i setti perimetrali sono interessati da ribaltamento, non è possibile realizzare cerchiature parziali: la conformazione architettonica e le dimensioni della struttura rendono una cerchiatura globale di difficile esecuzione in fase emergenziale. Per questo motivo può essere presa in considerazione l'ipotesi di associare cerchiature parziali a strutture di sostegno, come effettivamente avvenuto nell'intervento post-sisma 2012. Si propone dunque, in analogia con quanto realizzato, l'installazione di una struttura a telaio in acciaio (le altre due tipologie sono sconsigliate dalla metodologia proposta per questioni di ingombro o di deterioramento) lungo le pareti laterali dell'aula, cui collegare elementi di cerchiatura della facciata (elemento meno danneggiato) e della cappella (elemento isolato). La combinazione tra telaio con profili in acciaio nella parte inferiore, che riducono l'ingombro sulla pubblica via, e strutture a tubi e giunti nella parte superiore, dalle quali è possibile svolgere le lavorazioni successive, permette di ottimizzare la tecnica. Contro i meccanismi a taglio, la metodologia propone la sbadacchiatura delle aperture e la sigillatura delle lesioni.

Fase 3: messa in sicurezza delle strutture voltate

L'arco trionfale, le volte della navata centrale, dell'abside e delle cappelle hanno riportato gravi dissesti (D3 o D4). La metodologia suggerisce la realizzazione di centine in tubi e giunti e operazioni di ripristino della continuità muraria. Nel post-sisma 2012 non è stato realizzato alcun intervento sulle volte lasciando progredire il danno.

Fase 4: messa in sicurezza delle coperture

Infine, per la copertura dell'aula e dell'abside, entrambe con danno D1, si propone la revisione del manto di copertura e del sistema di smaltimento delle acque. Tale intervento è stato realizzato nel 2012.

11. CHIESA DI SAN BARTOLOMEO

FINALE EMILIA (MO)

Fase 1: messa in sicurezza del campanile

Il campanile ha riportato danni di lieve entità (D1) per cui non si ritiene necessario intervenire con urgenza sulla struttura.

Fase 2: messa in sicurezza dei setti murari

La facciata ha visto l'attivazione del meccanismo di ribaltamento (D2), in particolar modo per la parte sommitale (D3). La metodologia proposta individua come intervento maggiormente ottimizzato la cerchiatura con profili in acciaio o cavi metallici. Tuttavia, considerata la posizione inglobata della chiesa nella cortina edilizia, l'intervento post-sisma 2012 ha realizzato un ponteggio strutturale, il quale appare comunque una buona soluzione. Anche l'aula e l'abside presentano gravi lesioni da ribaltamento (rispettivamente, D3 e D4) nella parte emergente rispetto ai fabbricati adiacenti. La soluzione proposta dalla metodologia di scelta, cerchiatura in profili metallici o cavi d'acciaio, appare appropriata alle condizioni della struttura.

Fase 3: messa in sicurezza delle strutture voltate

Le volte della navata centrale sono completamente crollate. Dopo aver rimosso le parti pericolanti e le macerie, è possibile mettere in sicurezza l'arco trionfale e le volte dell'abside e delle cappelle, le quali hanno subito gravi dissesti (D3 e D4). La metodologia proposta suggerisce l'installazione di una centinatura in tubi e giunti e la risarcitura delle lesioni. L'intervento urgente ha invece realizzato delle cuciture armate nell'arco, e nessun presidio per le volte.

Fase 4: messa in sicurezza delle coperture

Infine, per la copertura dell'aula e dell'abside, entrambe con danno D2, si propone la revisione del manto di copertura e del sistema di smaltimento delle acque.

12. CHIESA DI SAN LUCA EVANGELISTA

MEDOLLA (MO)

.Vedi paragrafo 2.4.1 della presente Sezione

13. CHIESA DEI SS SENESIO E TEOPOMPO MARTIRI

MEDOLLA (MO)

Fase 1: messa in sicurezza del campanile

Il campanile ha subito gravi danni (D4 e D3) a causa dell'interazione con gli edifici adiacenti. L'intervento realizzato ha ritenuto rischioso avvicinarsi alla struttura per cui sono state svolte delle operazioni preliminari (smontaggio della cella e risarcitura delle lesioni mediante proiezione a distanza) atte ad incrementare le condizioni di sicurezza. Ripristinate condizioni minime di sicurezza è possibile applicare nuovamente la metodologia proposta, la quale individua come intervento efficace la cerchiatura con profili in acciaio o cavi metallici e l'installazione di un ponteggio in tubi e giunti, analogamente a quanto realizzato in fase emergenziale. Anche questo esempio ricorda l'importanza di non applicare in modo asettico il metodo di scelta ma di valutare attentamente le condizioni in cui esso viene applicato.

Fase 2: messa in sicurezza dei setti murari

I setti murari della facciata, dell'aula, dell'abside e delle cappelle hanno subito gravi danni (D3) a ribaltamento e taglio. La metodologia proposta riconosce una maggiore efficacia nella cerchiatura metallica della struttura. Tuttavia, in considerazione del danno diffuso e della conformazione architettonica del complesso (grandi dimensioni e irregolarità piano-altimetriche) l'intervento post-sisma è consistito nell'installazione di un ponteggio strutturale. Si ritiene che una combinazione delle due tecniche avrebbe potuto ottimizzare ulteriormente la messa in sicurezza della fabbrica.

Fase 3: messa in sicurezza delle strutture voltate

La maggior parte delle strutture voltate (navate laterali, abside e cappelle) sono crollate. L'arco trionfale e la volta della navata centrale hanno subito gravi dissesti (D3). La metodologia propone la realizzazione di una centinata in tubi e giunti e il ripristino delle lesioni. In fase emergenziale non è stato fatto alcun intervento all'interno della chiesa.

Fase 4: messa in sicurezza delle coperture

Infine, per la copertura dell'aula e dell'abside, entrambe con danno D1, si propone la revisione del manto di copertura e del sistema di smaltimento delle acque.

14. CHIESA DELLA BEATA VERGINE DELLA PORTA

MIRANDOLA (MO)

Fase 1: messa in sicurezza del campanile

La torre campanaria ha subito danni gravi (D3 e D4). La metodologia proposta suggerisce di intervenire mediante cerchiatura metallica e ripristino della continuità muraria. Non si hanno dettagli sull'intervento di consolidamento della muratura realizzato.

Fase 2: messa in sicurezza dei setti murari

Analogamente a quanto realizzato, la tecnica di messa in sicurezza più efficace proposta dalla metodologia è la cerchiatura del fabbricato con profili in acciaio o cavi metallici. Considerato il volume piccolo e compatto dell'edificio, tale presidio si presta ad essere utilizzato senza necessità di installare anche ponteggi strutturali, operazione tra l'altro non consentita per l'impossibilità di ingombrare la pubblica via.

Fase 3: messa in sicurezza delle strutture voltate

La cupola ha subito dissesti di grave entità (D3 e D4) in seguito al sisma 2012. La metodologia di scelta propone la realizzazione di una centinatura in tubi e giunti, eventualmente associata alla cerchiatura della cupola, la cerchiatura del tamburo e della lanterna con cavi in acciaio, la sbadacchiatura delle aperture e il ripristino della continuità muraria mediante sigillatura delle lesioni. L'intervento urgente post-sisma ha effettivamente realizzato le operazioni indicate, fatta eccezione per la centinatura.

Fase 4: messa in sicurezza delle coperture

Infine, per la copertura dell'aula e dell'abside, entrambe con danno D2, si propone la revisione del manto di copertura e del sistema di smaltimento delle acque.

15. CHIESA DEL GESÙ MIRANDOLA (MO)

Fase 1: messa in sicurezza del campanile

Non è presente il campanile.

Fase 2: messa in sicurezza dei setti murari

I setti murari hanno riportato danni da ribaltamento e taglio. I danni sono stati moderati in facciata (D2) e più gravi nell'aula, nel transetto e nell'abside (D3 e D4). La metodologia di scelta propone, come possibili soluzioni contro il ribaltamento, la realizzazione di cerchiature in profili d'acciaio o cavi metallici o, leggermente meno efficace, l'installazione di un ponteggio strutturale. Sbadacchiatura delle aperture e sigillatura delle lesioni sono invece suggerite contro i dissesti a taglio. L'intervento realizzato nel 2012 ha adottato queste tecniche, preferendo però l'installazione di un telaio a tubi e giunti alla realizzazione di cerchiature, limitata al solo transetto destro. La scelta è giustificata, come si vedrà in seguito, dalla necessità di realizzare una copertura provvisoria sulla prima campata.

Fase 3: messa in sicurezza delle strutture voltate

Le strutture voltate risultano fortemente danneggiate: la volta della navata centrale e dell'abside è completamente crollata, l'arco trionfale e la volta del transetto risultano gravemente danneggiate. La metodologia proposta consiglia l'installazione di una centinatura in tubi e giunti e la sigillatura delle lesioni. Tuttavia, la presenza della cripta complica l'intervento richiedendo la preliminare messa in sicurezza delle strutture voltate dello spazio sottostante. Per questo motivo l'intervento è stato svolto in un secondo momento, in seguito all'accurata progettazione delle fasi operative.

Fase 4: messa in sicurezza delle coperture

La copertura del transetto presenta lievi dissesti (D1) per cui si consiglia la revisione della struttura. Danni più gravi sono sopraggiunti nell'aula (D4) in cui il crollo parziale della copertura corrispondente alla prima campata richiede la realizzazione di una copertura provvisoria. La metodologia propone una copertura in PVC o in legno. Tuttavia, in considerazione della realizzazione di una struttura in tubi e giunti contro il ribaltamento appare opportuno realizzare una struttura portante in acciaio.

16. CHIESA DI SAN MICHELE ARCANGELO

NOVI DI MODENA (MO)

Fase 1: messa in sicurezza del campanile

La torre campanaria presenta gravi lesioni lungo il fuso (D4) mentre la cella ha subito dissesti moderati (D2). Analogamente a quanto realizzato dai VVF, la metodologia propone la cerchiatura con profili o cavi in acciaio e la sigillatura delle lesioni, previa sbadacchiatura delle aperture.

Fase 2: messa in sicurezza dei setti murari

La facciata e le pareti laterali dell'aula hanno subito dissesti gravi (D3 e D4) per ribaltamento. La metodologia proposta suggerisce di intervenire mediante cerchiatura in profili o cavi d'acciaio o, in alternativa, attraverso l'installazione di un ponteggio strutturale. Per quanto riguarda le lesioni a taglio sopraggiunte in facciata e nell'abside a seguito delle scosse sismiche, la procedura di scelta indirizza verso la sbadacchiatura delle aperture e la risarcitura delle lesioni. Nel 2012 non è stato preso alcun provvedimento per ostacolare i meccanismi attivati nei setti murari.

Fase 3: messa in sicurezza delle strutture voltate

La volta della navata centrale è completamente crollata e pertanto non può essere adottato alcun accorgimento per salvaguardare la struttura. L'arco trionfale, le volte delle navate laterali e dell'abside presentano invece dissesti di entità non trascurabile (rispettivamente D3, D4, D2 e D3). La metodologia proposta, analogamente con quanto realizzato, suggerisce di intervenire attraverso la realizzazione di centine in tubi e giunti e ripristino delle lesioni.

Fase 4: messa in sicurezza delle coperture

Infine, sebbene la scheda di rilievo del danno abbia segnalato un danno di modesta entità sulla copertura del transetto, è noto che la caduta della guglia del campanile ha causato un crollo localizzato nella stessa. Si propone pertanto la revisione del manto di copertura dell'aula (D3) e del transetto (D2) con installazione di una copertura provvisoria in PVC della parte crollata, in attesa di una rapida ricostruzione della stessa.

17. CHIESA DI SANTA CATERINA D'ALESSANDRIA NOVI DI MODENA (MO)

Fase 1: messa in sicurezza del campanile

I gravi dissesti del campanile (D4) generano condizioni di sicurezza molto precarie per cui non è possibile avvicinarsi alla struttura. La metodologia proposta, analogamente all'intervento urgente effettuato nel sisma 2012, propone la preliminare sigillatura delle lesioni a proiezione da distanza, mediante robot, e la cerchiatura della torre con fasce in poliester. Ciò permette di potersi avvicinare alla struttura in migliori condizioni di sicurezza: riapplicando la procedura di scelta, si consiglia la posa in opera di cerchiature in profili metallici o cavi d'acciaio e la sbadacchiatura delle aperture.

Fase 2: messa in sicurezza dei setti murari

La facciata, l'aula e l'abside della chiesa hanno subito danni da ribaltamento e taglio di entità non trascurabile (D3/D4). La metodologia proposta suggerisce di intervenire mediante cerchiatura con profili in acciaio o cavi metallici, sbadacchiatura delle aperture e risarcitura delle lesioni, soluzioni adottate in occasione dell'intervento urgente post-sisma. Tuttavia, come si vedrà in seguito, la copertura crollata richiede la realizzazione di una copertura provvisoria la quale, a sua volta, richiede una struttura di sostegno. A tal fine, tra le tre possibili tecniche, la metodologia concorda con quanto effettivamente realizzato ovvero la posa in opera di una struttura a telaio ligneo a contrasto del ribaltamento e a supporto della copertura di protezione. In questo caso il ponteggio strutturale viene escluso poiché limita la fruibilità degli spazi interni ed esterni.

Fase 3: messa in sicurezza delle strutture voltate

Le volte dell'aula sono crollate (D5) e pertanto non è possibile intervenire se non con la rimozione delle parti pericolanti. L'arco trionfale, e le volte dell'abside presentano invece gravi dissesti (D4) per i quali la metodologia di scelta propone l'installazione di centine in tubi e giunti e la sigillatura delle lesioni. Un'alternativa per l'arco trionfale è il confinamento dello stesso attraverso stralli in acciaio, secondo quanto indicato per la Chiesa di San Bartolomeo in Vigellio di Salussola a Biella (parte 4 capitolo 1). Tale soluzione può diventare vantaggiosa se combinata con l'installazione del telaio strutturale contro il ribaltamento delle pareti laterali al quale potrebbero essere collegati i cavi a V di supporto all'arco. In questo modo la centinatura sarebbe limitata all'abside, lasciando fruibile il resto dello spazio. L'intervento realizzato nel 2013, ha messo in sicurezza le volte con una soluzione (placcaggio dell'estradosso con materiale fibrorinforzato) che, secondo i punteggi attribuiti dalla metodologia proposta, appare meno efficace in fase emergenziale. Ciò trova motivazione nel carattere già definitivo dell'intervento, favorito dalla sua realizzazione a crisi sismica conclusa.

Fase 4: messa in sicurezza delle coperture

Infine, le coperture hanno subito gravi danni e crolli generalizzati (D5/D3). La metodologia proposta suggerisce la realizzazione di una copertura provvisoria in PVC o in legno. L'intervento del 2013, volendo restituire fruibilità agli spazi, rendendoli accoglienti, ha preferito impiegare il legno sfruttando anche la realizzazione della struttura portante per arginare il meccanismo di ribaltamento.

18. CHIESA DI SANTA MARIA ANNUNCIATA

REGGIOLO (RE)

Fase 1: messa in sicurezza del campanile

La torre campanaria non ha riportato danni.

Fase 2: messa in sicurezza dei setti murari

Meccanismi di ribaltamento hanno fortemente danneggiato la facciata (D3), le pareti laterali dell'aula (D3) e l'abside (D1). Contro questi meccanismi la metodologia proposta suggerisce di intervenire mediante cerchiatura in profili o cavi d'acciaio o attraverso l'installazione di strutture a telaio in tubi e giunti (questi ultimi esclusi per l'aula in quanto affacciata sulla pubblica via). L'intervento post-sisma ha in parte attuato tale soluzione: nella parte alta della facciata è stata realizzata una cerchiatura in cavi d'acciaio. Nella parte inferiore invece sono stati realizzati dei puntelli in legno, sconsigliati secondo la procedura di scelta in quanto collocati all'esterno risultano facilmente deteriorabili.

Fase 3: messa in sicurezza delle strutture voltate

L'arco trionfale e le volte delle navate laterali presentano dissesti rilevanti (D3) per i quali la metodologia proposta suggerisce l'installazione di centine a tubi e giunti, anche a supporto dei lavori di risarcitura delle lesioni.

Fase 4: messa in sicurezza delle coperture

Le coperture dell'aula hanno subito danni importanti. Nel 2012 è stata realizzata una copertura provvisoria in corrispondenza del crollo parziale verificatosi in prossimità del timpano. La metodologia proposta consiglia la revisione della struttura di copertura e la realizzazione di una copertura provvisoria in PVC o in legno. In questo caso, trattandosi di un crollo puntuale si preferisce la realizzazione di una copertura in legno a carattere definitivo.

19. CHIESA DI SANTA MARIA ASSUNTA

REGGIOLO (RE)

Fase 1: messa in sicurezza del campanile

La torre campanaria presenta dissesti moderati (D2) per i quali, in occasione del sisma 2012 non è sembrato necessario intervenire con urgenza. La torre campanaria invece ha riportato danni di maggiore entità (D4). La metodologia proposta riconosce come tecniche più efficaci la cerchiatura con profili o cavi in acciaio e l'installazione di una struttura a tubi e giunti. Quest'ultima soluzione è stata adottata in occasione della messa in sicurezza post-sisma 2012.

Fase 2: messa in sicurezza dei setti murari

La facciata e la cappella presentano danni gravi (D3) a taglio e ribaltamento. La metodologia proposta individua come interventi maggiormente efficaci, oltre alla sbadacchiatura e sigillatura delle lesioni, la cerchiatura con profili o cavi in acciaio o, in alternativa, la realizzazione di un ponteggio strutturale. L'abside ha riportato gravi lesioni a taglio (D3) per cui viene suggerita la sola sbadacchiatura delle aperture e sigillatura delle lesioni. L'intervento provvisorio ha cerchiato la cappella mentre non ha installato alcun presidio per la facciata e l'abside. L'aula ha riportato danni di minore entità (D2) per cui la messa in sicurezza di questo elemento non risulta di prioritaria urgenza.

Fase 3: messa in sicurezza delle strutture voltate

Le volte delle cappelle e la cupola hanno riportato danni di modesta entità (D1) per cui non si ritiene necessario intervenire con urgenza. Le volte della navata e dell'abside invece hanno subito danni di grave entità con crolli parziali (la scheda segnala D5 ma in realtà non si è verificato il crollo totale, per cui si considera un livello pari a D4). Anche l'arco trionfale ha subito gravi dissesti (D3). La soluzione suggerita dalla procedura di scelta corrisponde a quanto effettivamente realizzato, ovvero l'installazione di centinature in tubi e giunti e sigillatura delle lesioni.

Fase 4: messa in sicurezza delle coperture

Infine, per la copertura dell'aula e dell'abside, entrambe con danno D1, si propone la revisione del manto di copertura e del sistema di smaltimento delle acque.

3 LINEE D'INDIRIZZO

Alla fine del percorso di studio e analisi sviluppato nella presente Tesi, si propone una sintesi del metodo di intervento post-emergenza sismica, ponendo in rilievo gli elementi salienti cui prestare attenzione nel percorso che partendo dal rilievo del danno si sviluppa con la fase di messa in sicurezza per arrivare all'intervento di consolidamento e ripristino definitivo.

3.1 RILIEVO DEL DANNO

L'intervento post-sisma inizia dal rilievo del danno. Come si è visto, l'attuale *scheda per il rilievo del danno ai BBCC, Modello A-DC Chiese*, rappresenta un utile strumento per guidare l'operatore in questa attività. In considerazione del ruolo determinante che tale scheda ricopre nella scelta degli interventi successivi, si sottolinea l'importanza di una sua appropriata e meticolosa compilazione. I dati dimensionali devono essere corrispondenti alla realtà, evitando informazioni parziali o incorrette (come talvolta riscontrato); gli elementi non danneggiati o completamente crollati, che spesso sono stati segnalati come non presenti, devono invece essere segnalati come presenti con danno rispettivamente D0 o D5; il livello di danno verificatosi per ciascun meccanismo deve essere identificato correttamente in quanto strettamente correlato al successivo intervento. A tal fine, si propone di associare l'attuale classificazione del danno alla priorità di intervento richiesta, ponendo particolare attenzione alla differenza tra crollo parziale e crollo totale.²¹⁶

LIVELLO	DANNO	INTEVENTO
D0	Danno nullo	Nessun intervento
D1	Danno lieve	Intervento facoltativo
D2	Danno moderato	Intervento necessario ma non urgente
D3	Danno grave	Intervento necessario e urgente
D4	Danno molto grave e/o crollo parziale/localizzato	Intervento necessario e molto urgente
D5	Crollo totale o della maggior parte del macroelemento	Intervento di protezione

²¹⁶ L'associazione danno-intervento vuole anche ricordare che all'aumentare del danno aumenterà anche la complessità dell'intervento, operando in condizioni sempre più compromesse (macerie, rischi maggiori per gli operatori, ecc).

Inoltre, in considerazione del fatto che la scelta dell'intervento urgente risulta strettamente connessa al cinematismo attivato, si propone di meglio specificare alcuni meccanismi di collasso.

A tal proposito, si ricorda che il rischio di “*sbriciolamento*”, ovvero di disgregazione della compagine muraria è un fenomeno frequente nelle murature emiliane (e non solo) a causa delle loro caratteristiche costruttive.²¹⁷ Si propone dunque di inserire tale possibilità, al momento non contemplata nelle attuali schedature, all'interno dei meccanismi di collasso delle murature, al fine valutare tempestivamente l'eventuale necessità di un miglioramento diffuso delle caratteristiche meccaniche dei paramenti, senza il quale molti consolidamenti localizzati risulterebbero inefficaci, se non addirittura dannosi.

Inoltre, i meccanismi di collasso del campanile e della sua cella appaiono estremamente sintetici. Si ritiene necessario specificare le modalità di collasso possibili al fine di individuare le tecniche di messa in sicurezza più appropriate. Si propone dunque di individuare i seguenti meccanismi di collasso, in riferimento a quanto descritto nella parte iniziale:²¹⁸

- *Suddivisione della torre campanaria in macroelementi verticali*
- *Espulsione degli angoli della torre campanaria*
- *Martellamento tra la torre campanaria e gli edifici contigui*
- *Parzializzazione della sezione della torre campanaria*
- *Meccanismi di collasso nella cella*
- *Meccanismi di collasso nella guglia*²¹⁹

²¹⁷ Si veda sezione 1 – paragrafo 4.1

²¹⁸ Si veda Sezione 1 – paragrafo 4.3.4

²¹⁹ Di conseguenza, il meccanismo M26 - *Aggetti* sarebbe da riferirsi solo a pinnacoli, statue, campanili a vela ed altri elementi aggettanti escluse le guglie delle torri campanarie.

3.2 STIMA DEI COSTI

Alla luce di queste considerazioni, si procede al rilievo del danno (*Scheda Chiese – Modello A-DC*), acquisendo con cura anche i dati dimensionali. Queste informazioni (Volume e indice di danno *ID*) permettono di ottenere una prima e veloce stima dei costi di messa in sicurezza e dell'intervento definitivo, attraverso le formule proposte nel capitolo 1 della presente sezione, di seguito riportate.

Volume > 13.000 m³

Costo dell'intervento di messa in sicurezza [€/mc]: 32,90 ID – 3,55

Costo dell'intervento definitivo [€/mc]: 444,67 ID – 2,45

Volume > 3.200 mc e <13.000 m³

Costo dell'intervento di messa in sicurezza [€/mc]: 108,94 ID – 3,23

Costo dell'intervento definitivo [€/mc]: 668,20 ID – 24,78

Volume < 3.200 m³

Costo dell'intervento di messa in sicurezza [€/mc]: 205,39 ID – 3,12

Costo dell'intervento definitivo [€/mc]: 1063,70 ID – 6,67

3.3 INTERVENTO DI MESSA IN SICUREZZA

Dopodiché, seguendo la metodologia esposta nella presente Sezione (paragrafo 2.3), è possibile individuare le tipologie di messa in sicurezza più efficaci tra le diverse soluzioni possibili.

In tale sede si vuole porre l'attenzione su alcuni accorgimenti che, se adottati fin dall'inizio, permetteranno un'ulteriore ottimizzazione dell'intervento evitando sprechi di tempo e risorse. Di seguito vengono proposte alcune note riassuntive per ciascuna tecnica di messa in sicurezza con gli aspetti cui prestare particolare attenzione in fase di progettazione e realizzazione.

OPERAZIONI PRELIMINARI

TECNICA

Le operazioni preliminari racchiudono tutte le attività propedeutiche allo svolgimento dell'intervento di messa in sicurezza. In generale, operando sul patrimonio culturale, particolare attenzione deve essere dedicata alle superfici intonacate e affrescate. Prima di installare opere provvisorie, la superficie pittorica deve essere protetta con bendature o velature. Se presente, l'intonaco distaccato deve essere rinforzato mediante iniezioni e risarcimenti con calce. Se si ricorre all'uso dei presidi di sicurezza in acciaio, si deve provvedere all'interposizione di elementi in legno (es. tavolato) o altri materiali (es. neoprene ad alta densità o teflon) per la distribuzione dei carichi concentrati sulla superficie di contatto tra la superficie decorata e l'elemento metallico. In tale sede, appare opportuno sottolineare l'importanza della conoscenza dell'edificio danneggiato, propedeutica e necessaria alla progettazione del intervento di consolidamento. A tal proposito si evidenzia che alcune tecniche di messa in sicurezza (ad esempio le pannellature in legno) possono compromettere il successivo rilievo dello stato fessurativo e pertanto appare utile, in queste circostanze, effettuare un rilievo preliminare.

TIPOLOGIE

Prevenzione

Trasennamenti: sono indispensabili per demarcare aree rosse interdette al pubblico.

Monitoraggio: in caso di danni lievi o moderati, eventualmente anche preesistenti, può essere opportuno intervenire mediante monitoraggio dei dissesti prima per verificare l'effettiva necessità di intervenire per arginare un meccanismo in progressivo peggioramento.

Rimozione

In caso di danni più gravi si deve intervenire per fasi successive, per incrementare progressivamente le condizioni di sicurezza in cui operare. Per questo motivo prima di qualsiasi altro intervento è opportuno rimuovere le parti pericolanti partendo dalla sommità. Infine, se necessario, si deve procedere alla rimozione e catalogazione delle macerie per facilitare lo svolgimento delle successive lavorazioni, operazione indispensabile per l'installazione di presidi che richiedono l'appoggio a terra. Ogni rimozione dovrà essere preceduta da adeguata documentazione.

Rimozione delle parti pericolanti: rimozione e recupero di tutti i materiali in pericolo di crollo. L'operazione è propedeutica da un lato al recupero dei laterizi e degli elementi lignei che verranno reimpiegati nella fase di restauro e consolidamento e adeguamento sismico dell'immobile, dall'altro allo sgombero delle pavimentazioni sulle quali si dovranno installare eventuali puntellamenti. Si procederà ad un smontaggio controllato delle porzioni di muratura pericolanti, operato ad adeguata distanza per mezzo di autogrù dotata di cestello. Una volta smontate con la massima cura, le stesse saranno catalogate e accatastate.

Rimozione delle macerie: catalogazione e accatastamento delle macerie in luogo protetto (ad esempio all'interno di container, posizionati nelle immediate vicinanze dell'immobile). Una sistematica divisione dei materiali recuperati consentirà, in fase di restauro, di ricollocare i materiali nelle sedi originali. Tuttavia, è bene distinguere tra macerie di maggior e minor valore e organizzare tale operazione in funzione della tempestività con la quale occorre intervenire sull'edificio danneggiato.

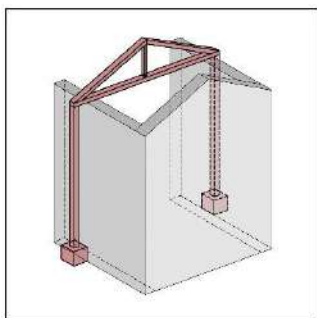
SISTEMI A TELAIO

TECNICA

Con il termine struttura a telaio si intende un sistema rigido e indeformabile, formato dalla ripetizione di elementi modulari, prefabbricati e assemblabili in loco secondo schemi autoportanti. La modularità delle strutture a telaio conferisce loro grande versatilità, rendendo possibile la definizione di configurazioni standard, potenzialmente implementabili in funzione delle esigenze specifiche. Tali strutture hanno lo scopo di contrastare le spinte orizzontali impedendo il ribaltamento fuori dal piano dei setti murari. Possono inoltre fungere da appoggio per elementi di protezione (copertura provvisoria) qualora la struttura in muratura abbia perso la sua funzione portante. È buona regola interporre tra la muratura e il presidio di puntellamento degli smorzatori respingenti in neoprene per scongiurare la possibilità di martellamento e per non modificare eccessivamente la rigidità della muratura. Le strutture a telaio sono classificabili in tre tipologie, in funzione del materiale e degli elementi modulari.

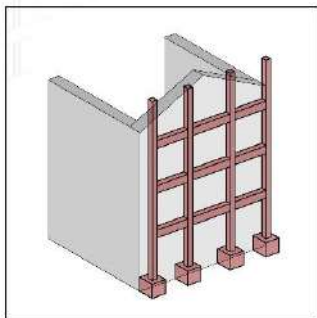
TIPOLOGIE

Tealio in legno



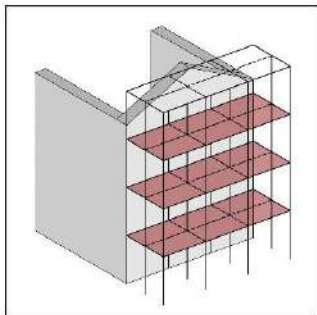
I telai lignei sono costituiti da portali in legno lamellare formati da elementi modulari, prefabbricati e assemblati in loco, previa realizzazione di apposita fondazione. Ciò permette di ridurre l'ingombro rispetto ai sistemi "spingenti" o al telaio in tubi e giunti, privo di fondazioni. L'utilizzo del legno rende tale sistema maggiormente idoneo per essere installato nello spazio interno, al riparo dagli agenti atmosferici. Per questo motivo è necessario disporre di adeguate condizioni di sicurezza e, pertanto, tale tecnica si presta ad essere impiegata a sciami sismico concluso. Dall'altro lato, se progettato con cura, il telaio ligneo offre la possibilità di realizzare un sistema di consolidamento definitivo, integrabile con l'intervento finale attraverso opportune finiture.

Tealio in acciaio



I telai metallici sono costituiti da strutture composte da profili in acciaio, assemblati in loco, previa realizzazione di apposita fondazione. Ciò permette di ridurre l'ingombro rispetto ai sistemi "spingenti" o al telaio in tubi e giunti, privo di fondazioni. Tuttavia i profili metallici risultano più costosi e non riutilizzabili, rispetto agli elementi modulari del sistema a tubi e giunti. Per questo motivo, si consiglia di limitare l'uso del telaio metallico alla parte inferiore, così da poter ridurre gli ingombri, e impiegare il sistema in tubi e giunti per la parte superiore, in modo da poterlo utilizzare anche come supporto per le successive operazioni di ripristino, nonché per altri interventi.

Tealio in tubi e giunti



Le strutture intelaiate, vincolate alla base, sono composte da elementi prefabbricati in acciaio (tubi e giunti), assemblati in loco. L'adozione del sistema "tubi-giunti" si presta a realizzare strutture anche complesse, caratterizzate da geometrie articolate, e in luoghi interni caratterizzati da esigua disponibilità di spazi operativi. Questa tecnica infatti si contraddistingue per l'impiego di elementi di piccole dimensioni, dal peso relativamente modesto. Ciò offre diversi vantaggi: facilità di trasporto e di movimentazione del materiale (è sufficiente ricorrere a mezzi poco ingombranti per effettuare movimentazione di carico-scarico, quali gru di piccola portata), possibilità di gestire la movimentazione in quota degli elementi, rapidità e facilità di montaggio e smontaggio, con recupero completo del materiale per un

successivo potenziale riutilizzo in altri interventi. Inoltre, se progettati nel rispetto dei requisiti di sicurezza richiesti in cantiere (primo tra tutti, il rispetto della giusta distanza dall'edificio presidiato), i ponteggi metallici possono essere impiegati come supporto allo svolgimento delle lavorazioni successive, con notevoli risparmi.

L'uso dell'acciaio offre un'ottima resistenza e durabilità, anche se esposti agli agenti atmosferici. Dall'altro lato, però, le strutture a tubo e giunto possono risultare ingombranti, impedendo talvolta l'accesso o la fruibilità degli spazi.²²⁰ Inoltre, nonostante sia possibile fare riferimento a schemi standard per scenari di riferimento, i ponteggi metallici richiedono una specifica progettazione, rivolta soprattutto a verificare la stabilità complessiva dell'opera.

Inoltre, è opportuno valutare attentamente la soluzione più conveniente tra l'acquisto e il noleggio delle strutture. Stimato il periodo in cui si prevede l'utilizzo delle strutture, deve essere calcolato il costo di noleggio e quello di acquisto, sottraendo a quest'ultimo il potenziale recupero che si avrebbe dalla successiva vendita (circa il 25% del costo iniziale).

Tale valutazione deve considerare il deperimento della struttura (maggiore se collocata all'esterno) e i costi di manutenzione. In media, a distanza di tre anni, si rende necessario un intervento di manutenzione della struttura con integrazione e sostituzione delle parti degradate per il ripristino dell'efficienza strutturale.

²²⁰ (Grimaz, 2010, p. 381) - Indicativamente, un sistema di ponteggi richiede in ingombro compreso tra 1/5 e 1/8 dell'altezza della facciata, in relazione alla rigidità che risulta necessario conferire all'opera provvisoria e alla possibilità di realizzare efficaci condizioni di vincolo alla base

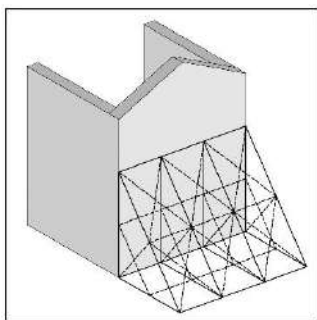
SISTEMI A COMPRESSIONE

TECNICA

I sistemi a compressione comprendono tutti quei presidi di sicurezza “spingenti” che, soggetti principalmente ad azioni di compressione, impediscono lo spostamento di una porzione dell’edificio danneggiato attraverso un’azione di contrasto orizzontale e/o verticale. È buona regola interporre tra la muratura e il presidio di puntellamento degli smorzatori respingenti in neoprene ad alta densità o altri materiali idonei (es. legno, teflon) per distribuire i carichi concentrati e scongiurare la possibilità di martellamento, senza modificare eccessivamente la rigidità della muratura.

TIPOLOGIE

Puntello di ritegno o contrasto



I puntelli di ritegno e i puntelli di contrasto sono strutture formate da aste sollecitate principalmente a compressione in grado di opporsi allo spostamento di parti strutturali dell’edificio danneggiato.

I *puntelli di ritegno* sono composti da aste inclinate che generano forze orizzontali in grado di opporsi alla rotazione del setto murario fuori dal proprio piano. Possono assumere diverse configurazioni in funzione del tipo di appoggio e dell’altezza della parete da presidiare.²²¹ Le connessioni e gli ancoraggi a terra richiedono particolare attenzione sia in fase di progettazione che in fase di realizzazione, al fine di evitare problematiche legate allo scalzamento, scivolamento o rotazione degli elementi. Sono caratterizzati da una grande versatilità ma possono risultare ingombranti e non sempre

consentono il libero accesso.

I *puntelli di contrasto* evitano il ribaltamento o lo spanciamento di pareti murarie fuori dal loro piano sfruttando la possibilità di trasferire i carichi orizzontali ad un edificio prospiciente in buone condizioni. Possono assumere diverse configurazioni in relazione alle altezze reciproche dei due edifici, alla loro distanza e al numero degli impalcati.²²²

²²¹ (Grimaz, 2010, p. 65-77) - In relazione al tipo di appoggio, si definisce “puntello su base d’appoggio” (a fasci paralleli o convergenti) la struttura che poggia direttamente a terra, alla quota di imposta della parete: se ciò non è possibile, si avrà un puntello multiplo “a stampella” (su punto d’appoggio o su zona d’appoggio). In relazione all’altezza della parete da presidiare varia invece il numero di puntoni (uno fino a 3 metri, due fino a 5 metri e tre fino a 7 metri). Si noti che ciascun puntone deve essere posto in prossimità del solaio di piano per meglio ripartire l’azione sismica e dovrebbe avere un’inclinazione tra 45° e 60°.

²²² (Grimaz, 2010, p. 84-90) – In merito all’altezza reciproca delle due strutture, si avrà un sistema di “contrasto alla pari” se la parete da sostenere ha un’altezza minore o uguale a quella di contrasto; se invece è maggiore l’altezza di quest’ultima si avrà un sistema di “contrasto con scarico”. Distanza tra gli edifici e numero degli impalcati influenzano la configurazione della struttura di puntellamento; larghezza della zona di passaggio e l’altezza di interpiano ne influenzano il dimensionamento.

Rispetto al puntello di ritegno, questa tecnica si presenta più vantaggiosa dal punto di vista dell'ingombro, in quanto consente di lasciare un passaggio. Tuttavia il sistema risulta alquanto precario, accettabile solo in una prima fase dell'intervento in previsione della sua sostituzione con presidi che non fanno affidamento a strutture limitrofe, rischiando tra l'altro di danneggiarle. Inoltre, i puntelli di contrasto possono innescare fenomeni di martellamento tra i fabbricati.

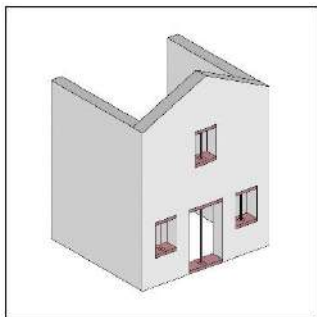
Sia per i puntelli di ritegno che per quelli di contrasto esistono due tipologie, in funzione del materiale.

Puntelli in legno: realizzati in loco attraverso l'assemblaggio di elementi lignei

Puntelli in acciaio: elementi singoli prefabbricati, installati in loco.

La scelta del materiale influisce principalmente sulle caratteristiche di durabilità. Il legno, esposto agli agenti atmosferici, risulta più facilmente deteriorabile, rischiando di perdere efficacia in caso di marcescenza o anche per effetto del ritiro, legato alla variazioni di umidità ambientale. Tuttavia, anche l'acciaio se non opportunamente trattato (acciaio inox) va incontro a fenomeni di deterioramento.

Puntello di sostegno



I puntelli di sostegno sono composti da aste verticali (o sub-verticali) che, contrastando l'azione dei carichi sovrastanti, impediscono la caduta o l'eccessiva deformazione di elementi costruttivi (conci, travi, architravi, balconi, solai). Possono assumere due configurazioni principali a seconda della modalità con cui convogliano i carichi a terra.²²³ La progettazione e la realizzazione delle connessioni e degli ancoraggi a terra richiedono particolare attenzione per evitare problematiche legate a fenomeni di instabilità, martellamento, carichi localizzati, sconnessione dei nodi, scivolamento o rotazioni degli elementi. Per svolgere correttamente la loro funzione devono essere elementi attivi, messi in tensione attraverso cunei o sistemi appositamente studiati. Esistono due tipologie, in funzione del materiale.

Puntelli in legno: realizzati in loco attraverso l'assemblaggio di elementi lignei.

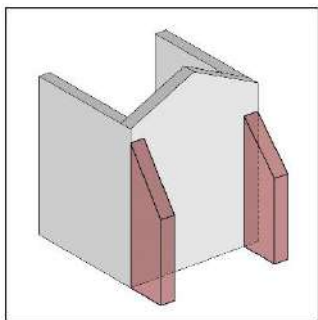
Puntelli in acciaio: elementi singoli prefabbricati, installati in loco.

Contrafforte

Speroni e contrafforti sono opere tradizionali di ritegno volte a impedire spostamenti e rotazioni di parti strutturali. Solitamente sono realizzati in muratura (anche a secco), talvolta in acciaio, più raramente in cemento armato.²²⁴

²²³ (Grimaz, 2010, p. 91-114) – I puntelli di sostegno assumono uno “schema a S” il sistema definisce un nuovo percorso delle tensioni dall'elemento puntellato fino a terra: questa tipologia è indicata di fronte a esigenze di rapida esecuzione e richiede la possibilità di puntellare tutti solai fino a terra I puntelli assumono un “schema a T” se, attraverso un telaio di piano sostengono l'elemento danneggiato e riportano il carico sugli elementi portanti esistenti: si tratta di una soluzione più laboriosa ma che consente di non occupare i piani sottostanti.

²²⁴ (Dolce, et al., 2004)



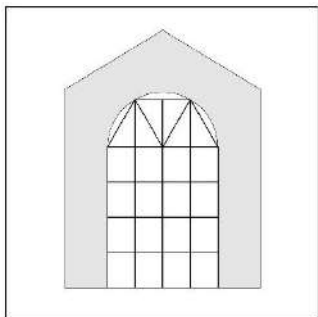
Questi sistemi svolgono la stessa funzione dei puntelli di ritegno/contrasto ma con ingombri ridotti, risultando particolarmente efficaci rispetto ad altri sistemi, nel rapporto massa, rigidità e forma. Per svolgere correttamente la loro funzione devono essere elementi attivi, messi in tensione attraverso cunei o sistemi appositamente studiati. Se opportunamente progettati e integrati con il contesto, questo intervento può diventare definitivo. Tuttavia, in considerazione del peso elevato, l'applicazione di questo intervento deve necessariamente insistere sulla quota di calpestio. A seconda del materiale usato si distinguono tre tipologie:

Contrafforti in muratura: la realizzazione di contrafforti in muratura richiede la permanenza in aree a rischio e pertanto non può essere realizzata in precarie condizioni di sicurezza.

Contrafforti in acciaio: I contrafforti in acciaio invece possono essere prefabbricati, riducendo i tempi di permanenza in aree a rischio per la loro installazione.

Contrafforti in cemento: I contrafforti in cemento possono essere realizzati in loco, richiedendo tempi lunghi oppure possono essere formati da elementi prefabbricati, riducendo i tempi di permanenza in aree a rischio per la loro installazione. Tuttavia il materiale non sempre risulta compatibile con la materia della fabbrica antica.

Centinatura



Le centinature sono strutture di sostegno, in grado di evitare il crollo di archi e volte in muratura trasferendo il carico verticale dalla struttura voltata alla superficie di appoggio a terra ed eliminando nel contempo la spinta orizzontale verso le spalle. Possono assumere diverse configurazioni a seconda delle esigenze funzionali e delle caratteristiche dimensionali.²²⁵ Di fondamentale importanza è la messa in forza della centinatura in modo tale convogliare su di essa – in tutto o in parte – i carichi sostenuti dalla struttura muraria. Esistono due tipologie di centinatura:

Centinature in legno: le centinature realizzate con elementi in legno si prestano ad essere impiegate per strutture di piccole dimensioni.

Centinature in tubi e giunti: l'impiego dei ponteggi permette di raggiungere altezze maggiori, tipiche delle strutture voltate su grandi volumi. È importante interporre nel punto di contatto elementi in materiale idoneo per evitare che gli elementi del ponteggio danneggino la muratura. Talvolta non è possibile appoggiare la centinatura a terra, per la presenza di macerie o per l'impossibilità di puntellare le strutture voltate di cripte sotterranee. In questi casi, le centinature possono essere appoggiate solo sulle reni delle volte sottostanti oppure si può ricorrere a strutture in tubolari metallici a tubo e giunto poggianti su mensole di acciaio ancorate alla muratura in corrispondenza dell'imposta dell'arco.

²²⁵ (Grimaz, 2010, p. 115-119) – Nei casi in cui vi sia la necessità di lasciare libero il passaggio sottostante l'arco o la volta, si realizzerà una “centinatura aperta”, altrimenti sarà sufficiente “una centinatura chiusa”. Inoltre, in funzione della luce dell'arco, varierà il numero di ritti da mettere in opera.

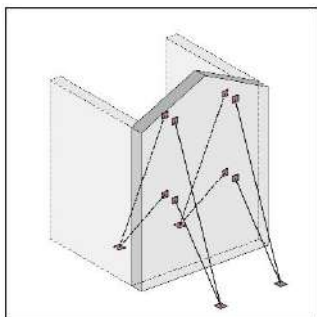
SISTEMI A TRAZIONE

TECNICA

I sistemi a trazione comprendono tutti quei presidi di sicurezza che, soggetti principalmente ad azioni di trazione, esercitano un'azione di tiro per impedire lo spostamento di una parte dell'edificio danneggiato attraverso un'azione di trattenuta o di confinamento.

TIPOLOGIE

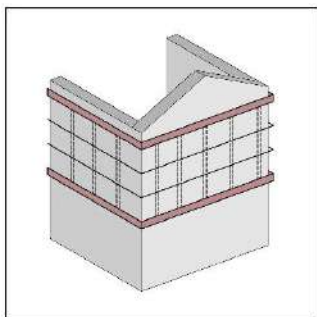
Stralli



Tecnica poco diffusa, per lo più limitata a pareti rimaste isolate, lo strallo è costituito da un cavo inclinato che, ancorandosi ad un elemento stabile (solitamente il terreno), trattiene con l'altra estremità un elemento instabile a rischio di ribaltamento. Solitamente si usano cavi in acciaio, talvolta fasce in poliestere (per elementi di dimensioni contenute). Tecnica leggera ed economica, pur non limitando la fruizione dei luoghi, richiede sufficiente spazio per la sua installazione a causa della sua configurazione inclinata rispetto al setto murario. Particolare attenzione va posta all'equilibrio delle forze. Il presidio deve essere simmetrico rispetto all'elemento presidiato: ciò comporta la necessità di accesso ad entrambi i lati della parete da consolidare.

In alternativa, l'azione di trattenuta esercitata dal tirante deve essere contrastata da un altro elemento a spingere, con la funzione di "puntone", posto dallo stesso lato del tirante. Se adeguatamente progettato, questo intervento può diventare definitivo.

Cerchiature



Le cerchiature sono presidi atti a contenere i movimenti relativi di pareti murarie: collegandole ad altre parti strutturali, le azioni orizzontali della parete da presidiare vengono trasferite al resto della struttura, evitando fenomeni di ribaltamento o spianamento. La tecnica della cerchiatura impedisce il collasso verso l'esterno ma non quello verso l'interno, specie in caso di crolli parziali che limitano il comportamento scatolare. Per questo bisogna assicurarsi che la muratura sia in grado di sopportare le sollecitazioni indotte dalla cerchiatura o, in caso contrario, provvedere all'installazione di elementi rigidi di contrasto che impediscano il ribaltamento verso l'interno. È inoltre necessario conferire alla struttura la rigidità necessaria per resistere all'azione di trazione esercitata su di essa attraverso la sbadacchiatura delle

aperture. Esistono tre tipologie di cerchiature in funzione del materiale impiegato.

Cerchiature in acciaio: Le cerchiature possono essere realizzate con funi d'acciaio o cavi a trefolo (dotati di tenditore e dei necessari elementi per l'assemblaggio), o con profili in acciaio. Solitamente morali in legno vengono interposti tra la tirantatura e la muratura per meglio ripartire le forze e per non danneggiare il substrato. I sistemi di cerchiatura in acciaio possono assumere diverse configurazioni in base alla qualità muraria dell'edificio e all'eventuale presenza di traversi.²²⁶ Particolare attenzione va posta alla progettazione e realizzazione dell'ancoraggio. Le cerchiature costituite da tiranti in acciaio ad alto limite elastico – tipo *Diwidag* ($\Phi 26$) – ancorate ad angolari in profilato di acciaio predisposti con tubi di ancoraggio e terminale per la messa in tensione. Ove possibile si raccomanda di utilizzare angolari continui tra almeno due ordini d'incatenamenti, al fine di garantire un migliore contenimento degli spigoli, e di interporre tavole in legno (o altro materiale idoneo) per meglio distribuire gli sforzi ed evitare il danneggiamento della muratura. La messa in tensione deve essere calibrata in loco con il concetto di "piccola tesatura" – in modo da rendere l'intervento attivo senza però danneggiare l'edificio – e le barre dovranno essere controllate e ri-tesate dopo 30 giorni dal loro primo tensionamento, per contrastare prevedibili allentamenti. Le operazioni possono essere svolte da cestelli aerei.

Cerchiatura in poliestere: Le cerchiature possono essere realizzate con fasce in poliestere. Solitamente morali in legno vengono interposti tra la tirantatura e la muratura per meglio ripartire le forze e per non danneggiare il substrato. Le cinghie in poliestere si contraddistinguono per un'eccellente tenuta a trazione, l'economicità, l'ingombro ridotto, la reversibilità e la rapidità e facilità di esecuzione. Il sistema può essere pre-teso mediante cricchetti rendendolo attivo l'intervento. I materiali polimerici sono validi per leggerezza e rapidità di posa in opera e buona efficienza strutturale ma presentano il problema dell'allentamento (soprattutto sulle grandi lunghezze come quelle delle facciate di una chiesa), perdendo efficacia a temperature elevate e all'esposizione agli agenti atmosferici. Di conseguenza, nonostante la "leggerezza" di intervento, l'intervento ha un carattere esclusivamente temporaneo.

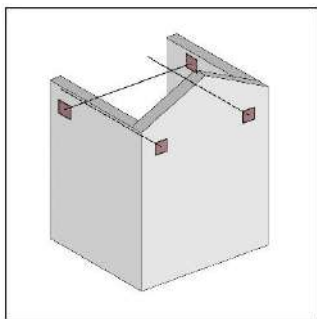
Cerchiature con materiali fibro-rinforzati: le cerchiature con materiali compositi consistono nell'applicazione di strisce di tessuto fibro-rinforzato (solitamente con fibre di carbonio, vetro, microtrefoli in acciaio, PBO) per mezzo di una matrice (malta o resina) aderente al substrato. La rapidità di applicazione permette di risolvere condizioni di pericolo in brevissimo tempo. L'installazione offre la possibilità di operare dall'esterno eliminando necessità di accedere all'interno degli immobili pericolanti, permettendo di operare in sicurezza. Inoltre la tecnica si contraddistingue per l'adattabilità delle fasce ai profili irregolari quali quelli di edifici in muratura danneggiati. Tuttavia, si verifica spesso il problema delle spinte a vuoto ed inoltre il sistema risulta difficile da rendere attivo. Ad oggi, solo il sistema SRG (steel reinforced grout) permette di pretensionare la fasciatura, attraverso un apposito dispositivo, rendendo l'intervento attivo con un conseguente incremento del livello di sicurezza.²²⁷ Non richiede manutenzione o fasi di ritesatura stagionale come nel

²²⁶ (Grimaz, 2010, p. 139-147) - Se la muratura è di buona qualità, i cavi possono essere ancorati direttamente ai muri portanti ortogonali alla parete da presidiare; se invece l'edificio presenta una scarsa qualità muraria, la tirantatura deve coinvolgere l'intera struttura o, per lo meno, la parete portante opposta a quella da presidiare. Un altro elemento distintivo è la presenza di traversi (elementi rigidi, in acciaio o legno, disposti orizzontalmente): essa permette di ridurre il numero dei ritegni, in quanto i traversi possono essere disposti con un passo verticale più ampio, ma la posa in opera degli stessi traversi comporta maggiori difficoltà operative. Nel caso di tirantature con traversi si distinguono due tipologie a seconda che l'elemento strutturale che contrasta l'azione del tirante sia orizzontale (solaio) o verticale (parete).

²²⁷ (Borri, Castori, Grazini, & Giannantoni, 2007)

caso di tiranti e cavi metallici posti all'esterno fortemente sensibili alla variazione di temperatura. Tuttavia, il sistema non può essere calibrato successivamente in funzione dell'assestamento dell'edificio. L'introduzione di nuovi materiali compositi e la loro progressiva diffusione ha reso l'intervento relativamente economico. Il trasporto dei materiali necessari al consolidamento è semplice, permettendo l'accessibilità anche in zone di difficile logistica. L'applicazione può avvenire attraverso l'uso di ponteggi o cestelli di macchine elevatrici, a seconda delle disponibilità. Intervento privo di ingombro, non ostacola l'accessibilità e la fruibilità degli spazi. Resiste bene al passare del tempo, non essendo sensibile alle variazioni di umidità e temperatura ma deve essere opportunamente protetto dai raggi UVA.²²⁸ Presenta invece problemi di applicazione con raggi di curvatura troppo piccoli, come ad esempio agli spigoli delle murature. Inoltre, la tecnica non può essere considerata del tutto reversibile in quanto la sua rimozione, di non semplice esecuzione, genera delle alterazioni sulla materia originaria. L'intervento può diventare però definitivo se applicato su murature originariamente intonacate in quanto può essere ricoperto da intonaco. Se invece viene applicato su superfici già intonacate o muratura a vista, bisogna prestare particolare attenzione alla conservazione del substrato.

Catene e tiranti



Tra i presidi di sicurezza più antichi, le catene sollecitate a trazione esercitano un'azione di tiro/trattenuta per impedire lo spostamento di una parte dell'edificio danneggiato rispetto ad un'altra. Leggere e di facile installazione, le catene costituiscono un sistema attivo grazie alla possibilità di mettere in tensione il sistema, anche a posteriori. Questa tecnica, economica e non ingombrante, presenta notevoli vantaggi.

La possibilità di sostituire l'ancoraggio, permette di integrare il presidio installato in fase emergenziale con il contesto anche a posteriori. Tuttavia, spesso l'installazione di catene richiede l'accesso all'interno dell'edificio, operazione spesso non consentita dalle precarie condizioni di sicurezza in emergenza sismica. Per questo a volte le catene esterne sono sostituite da trefoli iniettati nella muratura, che lavorano per aderenza. Si tratta di una tecnica più invasiva sulla materia antica, il cui stato di tesatura non può essere modificato in seguito all'installazione in funzione di eventuali modifiche dello stato di sollecitazione. Aspetto positivo di questa tecnica è il conferimento di uno stato di confinamento trasversale alla muratura aumentandone la resistenza a taglio.

²²⁸ (Borri & Vetturini, 2009)

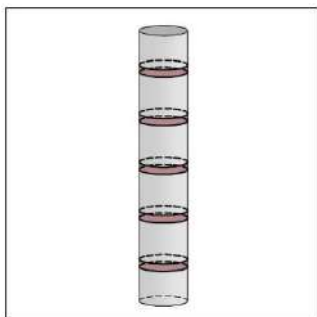
SISTEMI DI CONFINAMENTO

TECNICA

I sistemi di confinamento comprendono gli interventi atti a confinare la muratura disgregata per incrementare le capacità di resistenza del materiale.

TIPOLOGIE

Confinamento di colonna



La cerchiatura di confinamento di pilastri e colonne consiste nella fasciatura di tali elementi in modo da imprimere uno stato di coazione in grado di incrementare la resistenza e la duttilità (capacità deformativa in campo plastico) dell'elemento strutturale.

Lo scopo è quello di ripristinare la capacità portante dell'elemento dissestato che evidenzia segni di sofferenza a compressione (lesioni diffuse ad andamento verticale o "a ragnatela", solitamente nella parte bassa del fusto).

Le fasciature possono essere realizzate secondo tre diverse tipologie:

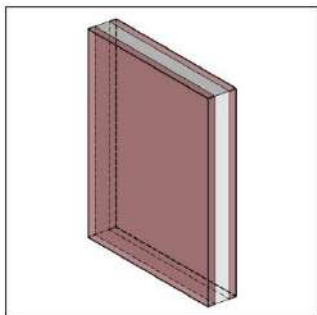
Cerchiature con nastri di poliestere: le fasce sono avvolte su ripartitori longitudinali e chiuse con cricchetti. L'intervento si contraddistingue per la facilità di applicazione e rimozione, ma risulta estremamente temporaneo sia per l'allentamento delle cinghie nel tempo, sia per l'impossibilità di integrazione con la costruzione.

Cerchiature con elementi in acciaio: in quest'ultimo caso si possono usare dei profili metallici (talvolta preriscaldati per indurre una benefica azione di precompressione trasversale) o dei nastri pretesi in acciaio inossidabile chiusi a spirale (estensione del sistema CAM – Cucitura Attiva della Muratura o Cerchiaggio Attivo dei Manufatti). Il presidio può assumere diverse configurazioni in funzione della forma e della dimensione delle colonne.²²⁹ L'intervento si contraddistingue per reversibilità, limitata invasività, durabilità nel tempo (se acciaio) e flessibilità di applicazione.

Cerchiature con materiale fibrorinforzato: l'applicazione di strisce di tessuto fibrorinforzato si presta ad essere integrato in caso di pilastri intonacati mentre può risultare molto impattante e scarsamente reversibile nel caso di muratura faccia a vista, se non limitato ad un intervento (meno efficace) di ristilatura armata. La difficoltà ad applicare una pre-tensione a questi elementi li rende meno efficaci nell'immediato, in particolare in casi di dissesto già avanzati.

²²⁹ (Grimaz, 2010, p. 154-156) – La dimensione del nucleo confinato dalle fasce influenza notevolmente l'efficacia dell'intervento.

Confinamento di parete



Incamiciatura in legno e acciaio: l'incamiciatura di pareti in muratura è un sistema di confinamento in grado di migliorare le caratteristiche resistenti della muratura. Il presidio è realizzato mediante due graticci in legno posti sui lati opposti del paramento e vincolati tra loro da tiranti in acciaio passanti. Si tratta di una tecnica particolarmente indicata per pannelli murari spancati a causa di carichi eccessivi o in caso di separazione dei due paramenti costituenti l'involucro di murature a sacco.²³⁰ L'intervento presenta notevoli difficoltà realizzative dei fori.

Placcaggio in materiale fibrorinforzato o in cemento armato: l'applicazione di tessuto fibrorinforzato o di uno strato esterno in cemento armato, per quanto sia molto impattante e scarsamente reversibile, si presta ad essere integrato in caso di superfici intonacate mentre non è applicabile nel caso di muratura faccia a vista o affrescata.

²³⁰ (Grimaz, 2010, p. 167)

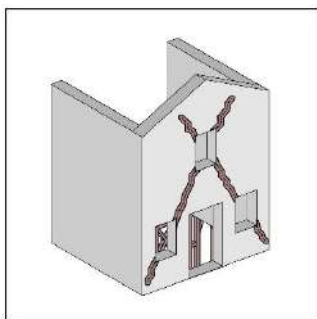
SISTEMI DI IRRIGIDIMENTO

TECNICA

I sistemi di irrigidimento comprendono tutte quelle operazioni che irrigidiscono la struttura muraria danneggiata, aumentandone la resistenza a fronte di nuove sollecitazioni sismiche.

TIPOLOGIE

Risarcitura delle lesioni



Il ripristino della continuità muraria, attraverso la risarcitura delle lesioni restituisce resistenza alla struttura.

La scelta della malta è molto importante in quanto deve essere compatibile con la materia originaria.

Per questo si dovrebbe evitare l'uso di schiume poliuretatiche che, seppur di facile applicazione, risultano estremamente impattanti sull'architettura e di difficile rimozione, oltre che di scarsa efficacia strutturale.

La risarcitura può essere effettuata attraverso diversi sistemi in funzione delle condizioni di sicurezza e dello stato di danno.

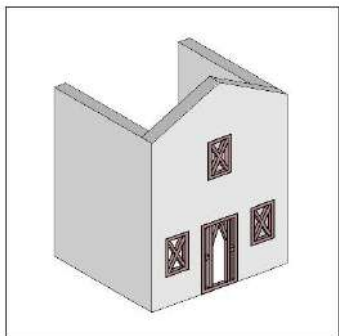
Scuci e cucì, stuccatura e/o iniezioni: se sussistono opportune condizioni di sicurezza si può operare sulla muratura a distanza ravvicinata. In questo caso, se il paramento risulta parzialmente crollato e/o fortemente disgregato in alcune aree, si può ricorrere alla tecnica della scuci e cucì; se invece la muratura risulta fratturata si ricorre alla risarcitura delle lesioni mediante stuccatura con malta di calce delle lesioni sui paramenti esterni, eventualmente accompagnata da iniezioni di malta fluida adesiva a base di calce, premiscelata, a rapida presa e a ritiro compensato per ricompattare anche il nucleo. Il ripristino delle lesioni su archi e volte deve essere preceduto dall'inserimento di cunei in acciaio o legno essiccato al fine di rimettere in tensione il sistema. L'operazione può essere svolta da cestello aereo.

Sigillatura a proiezione mediante robot: ove lo stato di danno non permette di avvicinarsi alla struttura si può ricorrere alla risarcitura delle lesioni da distanza attraverso la proiezione a spruzzo della miscela mediante lancia meccanica. In tal caso si ricorre a malta premiscelata a base di calce e pozzolana a ritiro compensato, sufficientemente fluida da consentire la penetrazione nelle fessure aperte esistenti. Per effettuare queste operazioni da una distanza di sicurezza sufficiente si rende necessario l'uso di una pompa con braccio meccanico comandata a distanza dall'operatore. Con l'uso di un macchinario idraulico opportunamente fissato all'estremità del braccio meccanico è possibile direzionare lo spruzzo della malta nelle direzioni maggiormente interessate dal danno. L'applicazione deve essere eseguita con un cannello ristretto, in modo da confinare lo spruzzo alle zone interessate dal danno, e a pressione medio - bassa in modo tale da non aggravare la situazione precaria della muratura. Particolare attenzione dovrà essere posta alla sigillatura della lesione in corrispondenza di elementi in distacco: in questi casi si dovrà procedere con iniezioni a bassissima pressione. E' comunque richiesto un lavoro di precisione lungo tutta la superficie interessata, che può anche avvalersi di aria compressa e sabbiatura secondo le esigenze. Le modalità esecutive prevedono l'individuazione delle aperture dominanti

da sigillare e la proiezione di malta in pressione nelle fessure e loro intorno, con applicazione dal basso verso l'alto in passate successive.

Cuciture armate: l'inserimento di barre in acciaio, iniettate in resine epossidiche, a cavallo di porzioni di muratura non ammassate (anche a causa di una lesione passante) permette di ricollegarle. Si tratta però di un intervento invasivo e non reversibile, che può generare concentrazioni di tensione all'interno della muratura in caso di ulteriori sollecitazioni. Pertanto, è bene ricorrervi in misura limitata e localizzata, in caso di piccole porzioni murarie o elementi distaccati, in quanto la tecnica non è in grado di garantire il collegamento tra macroelementi di grandi dimensioni. In tal caso si può ricorrere anche all'applicazione di tessuto in fibra di carbonio a cavallo delle lesioni.

Sbadacchiatura delle aperture



Tale intervento permette di ristabilire la continuità della struttura, eliminando le debolezze presenti in corrispondenza delle aperture. In particolare, irrigidisce la struttura conferendole maggiore resistenza a taglio e a compressione. Inoltre, può offrire appoggio alla porzione di muratura superiore, nel caso in cui abbia perso stabilità in seguito alla rottura delle piattabande o degli architrave. Esistono due tipologie:

Sbadacchiature in legno: le sbadacchiature in legno svolgono il duplice compito di sostenere la parte superiore dell'apertura, trasferendo i carichi alla muratura sottostante, e di contrastare l'eccessiva deformazione dei maschi murari posti lateralmente, bloccando possibili espulsioni di materiale. L'intervento consiste nella riquadratura della finestra mediante

inserimento di puntelli, traversi e ritti, irrigiditi da saettoni obliqui incrociati. Le sbadacchiature possono assumere diverse configurazioni a seconda delle esigenze funzionali e delle caratteristiche dimensionali dell'apertura.²³¹ È fondamentale la convergenza delle aste nei nodi, al fine di realizzare una struttura reticolare. Le estremità degli elementi convergenti devono essere bloccate con tavole chiodate, fascette metalliche o grapponi da impalcatura, in modo da tenerli solidali. Particolare cura andrà inoltre riservata alla messa in carico della struttura, mediante inserimento di cunei, considerata l'irregolarità dei lati superiori e inferiori delle aperture. In previsione del possibile inserimento delle cerchiature metalliche, oltre che elementi di controvento, andrà in ogni caso previsto un elemento orizzontale intermedio, per incrementare la resistenza in questa direzione. È bene associare questo intervento con la chiusura completa del varco al fine di proteggere l'ambiente interni dagli agenti di deterioramento esterni e dall'ingresso di animali.

Tamponature in muratura: le tamponature in muratura permettono di chiudere un'apertura conferendo rigidità alla parete muraria e bloccando cedimenti in atto. L'intervento consiste nell'ostruzione del vano mediante realizzazione di una nuova

²³¹ (Grimaz, 2010, p. 91-93) – Le diverse tipologie di sbadacchiature dipendono da ruolo che deve svolgere, solo di sostegno o anche confinamento, e dalla dimensione dell'apertura, stretta (fino a 1,5 metri) o larga (da 1,5 a 3 metri).

porzione muraria. Queste erano le tecniche più utilizzate e ritenute efficaci ad inizio secolo²³² ma la loro applicabilità va innanzitutto valutata in termini di compatibilità con le esigenze funzionali. Per eseguire l'intervento a regola d'arte si dovrebbe provvedere all'ammorsamento della tamponatura con la muratura esistente al fine di evitare il pericolo di ribaltamento della sola porzione ricostruita.

Telaio in acciaio: cerchiatura metallica dell'apertura che va opportunamente attivata attraverso sistemi di messa in carico per garantire l'efficacia. In un secondo momento, tale telaio potrà essere diventare parte del serramento se opportunamente integrata al contesto architettonico (meglio se arretrata rispetto al filo esterno delle murature). Il telaio fisso del serramento diventa elemento strutturale di confinamento e la vetratura viene studiata per consentire lo sfiato dell'aria calda, attraverso una piccola intercapedine, il cui accumulo nella calotta accelera i degni degli apparati pittorici interni.²³³

²³² (Dolce, et al., 2004)

²³³ La stessa tecnica di messa in sicurezza è stata usata nella cupola della Chiesa dei SS. Pietro e Prospero a Reggio Emilia.

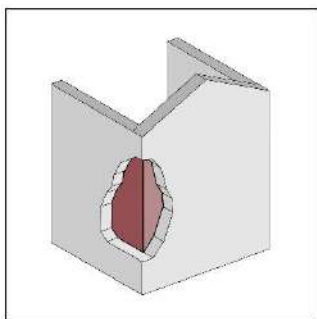
SISTEMI DI PROTEZIONE

TECNICA

Al fine di evitare il peggioramento dello stato di conservazione dell'edificio, è necessario proteggere al più presto gli spazi interni rimasti esposti agli agenti esterni a causa del crollo parziale o totale dei setti murari o della copertura. La realizzazione di sistemi di tamponamento verticali o di una copertura provvisoria, a chiusura degli ambienti interni, permette di ridurre i costi di pulitura e rimozione del degrado, spesso molto elevati.

TIPOLOGIE

Chiusura dei setti murari

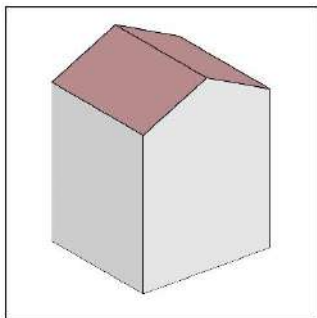


Se si è verificato il crollo di pareti verticali, è possibile installare:

Tamponamento in legno: permette di arginare l'apertura in modo rapido e veloce, seppure temporaneo.

Tamponamento in muratura: se le condizioni di sicurezza lo permettono e il crollo non è esteso, è possibile ripristinare definitivamente la muratura mediante ricostruzioni di porzioni murarie.

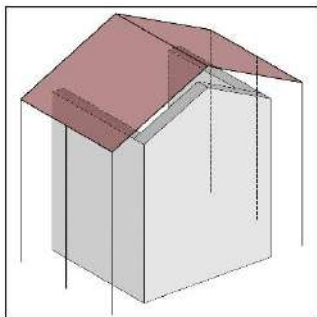
Revisione della copertura



Anche se la struttura sembra apparentemente indenne, si consiglia di verificare che le coperture esistenti abbiano preservato la loro funzione, non solo strutturale ma anche di chiusura, ad esempio con un sopralluogo mirato in occasione di un evento piovoso significativo. Nel caso siano stati rilevati dissesti moderati, un tempestivo intervento di revisione permette di risolvere in modo definitivo il problema evitando la formazione di patologie di deterioramento. L'intervento è volto alla sistemazione del manto di copertura dissestato e al ripristino del sistema di smaltimento delle acque piovane per eliminare alterazioni che impediscono il corretto deflusso delle acque meteoriche, innescando il deterioramento della struttura nel tempo. Si consiglia di provvedere anche al miglioramento delle connessioni, previa

verifica dei nodi tra elementi lignei e dei collegamenti tra la struttura di copertura e la muratura, al consolidamento delle teste delle travi, previa verifica dello stato di conservazione (marcescenza) e al rinforzo delle travi deteriorate o sovraccaricate.

Copertura provvisoria



La realizzazione di una struttura di copertura, a sostituzione di quella parzialmente o totalmente crollata, è di fondamentale importanza per garantire la preservazione della fabbrica. Per ottimizzare i costi, si deve valutare la possibilità di realizzare in modo definitivo la struttura portante, prevedendone il completamento (aggiunta o sostituzione delle sole finiture) durante l'intervento di ripristino finale. Altro fattore da valutare attentamente è il tipo di appoggio. Se le murature d'ambito sono ancora in grado di svolgere la loro funzione portante, la copertura provvisoria potrà poggiare direttamente su di esse, previo consolidamento della parte sommitale. In caso di murature gravemente danneggiate invece sarà necessario realizzare strutture autoportanti a supporto del sistema di chiusura. Spesso, in questi casi, i

paramenti saranno soggetti anche a fenomeni di ribaltamento: l'intervento può allora essere ottimizzato sfruttando il presidio opportunamente scelto contro i meccanismi di primo modo per appoggiarvi la copertura provvisoria.

Copertura provvisoria in legno: questo tipo di copertura, formata da un'orditura portante lignea, un tavolato di irrigidimento in legno e guaina protettiva impermeabilizzante, è quella che più di tutte si presta ad assumere un carattere definitivo. I suoi elementi possono poggiare direttamente sulle murature oppure, se impostata su telai in legno, possono formare un sistema di consolidamento a vista integrabile con il bene nella fase di restauro complessivo.

Copertura provvisoria in acciaio: la copertura in lamiera grecata è la tipologia maggiormente compatibile con i telai in acciaio o in tubi e giunti.

Copertura provvisoria in PVC: l'impiego di teli in PVC permette di coprire in modo rapido e veloce strutture di piccole dimensioni, ma è molto deteriorabile nel tempo, necessita di controlli periodici e manutenzione ed è applicabile solo in caso di crolli parziali e non totali.

3.4 INTERVENTO DI RIPRISTINO E MIGLIORAMENTO SISMICO

Il progetto definitivo dovrebbe perseguire l'obiettivo di consolidare le strutture cercando di alterare il meno possibile il comportamento sismico globale dell'edificio, utilizzando tecniche e presidi compatibili con il mantenimento della consistenza materiale dell'edificio e dei suoi elementi architettonici e strutturali.

In tale sede non vengono approfondite le diverse tipologie di interventi strutturali adottate o adottabili nella fase definitiva dell'intervento, ma si vogliono indagare i concetti alla base dell'approvazione dei progetti attraverso l'analisi dei pareri espressi dalla *Commissione Congiunta*.

L'intervento di ripristino e miglioramento sismico deve scaturire dall'approfondita conoscenza del bene. Gli elaborati di progetto devono quindi mostrare tutti gli elementi di valutazione in possesso dei progettisti, ottenuti attraverso approfondimenti diagnostici e ricerche d'archivio: evoluzione della conformazione architettonica e dello schema strutturale, analisi del quadro fessurativo (anche pregresso), stato di conservazione delle strutture e caratteristiche di resistenza, interventi di consolidamento realizzati in passato, analisi delle vulnerabilità e delle problematiche strutturali locali e/o globali. Le scelte progettuali devono essere adeguatamente motivate sulla base della conoscenza acquisita, evidenziando consapevolezza dell'oggetto specifico su cui si interviene.

Aspetti relativi alla tutela

Gli interventi di consolidamento devono essere compatibili con la tutela del bene. Gli interventi proposti devono essere rispettosi del valore culturale. Si devono preferire interventi non invasivi per non alterare la materia storicizzata. I presidi antisismici dovranno essere inseriti nella struttura integrandoli al contesto storico senza interferire con la partitura architettonica del complesso (modanature, elementi decorativi ecc.).²³⁴

²³⁴ A tal proposito, un punto particolarmente delicato sono gli ancoraggi delle catene. Mantenere questi elementi di contrasto all'esterno delle murature è comunque preferibile agli ancoraggi iniettati in quanto questi ultimi sono meno efficaci dal punto di vista strutturale. Tuttavia, se visibili in facciata, dovranno essere opportunamente integrati con la fabbrica scegliendo capochiave di tipo tradizionale (tipo bolzone a paletto in ferro battuto) e posizionandoli in modo da non interferire con gli elementi decorativi e con la partitura architettonica. Se possibile, si preferisce occultare alla vista tali elementi, nascondendoli sopra a cornicioni sporgenti o sotto l'intonaco (si veda cap.4).

L'intervento di restauro dell'esistente non deve snaturare la tipologia costruttiva tradizionale.²³⁵ In generale, la commissione ritiene più opportuno ricorrere a finiture e tecniche costruttive di tipo tradizionale, riproponendo geometrie e materiali simili all'originale, rese distinguibili attraverso la semplificazione delle forme o una leggera alterazione delle cromie.²³⁶ Soluzioni non tradizionali devono essere adeguatamente motivate e verranno attentamente valutate per il singolo caso in considerazione delle sue specifiche caratteristiche. Tuttavia, in considerazione di quanto detto nella Sezione 4, si ritiene di particolare interesse ricercare soluzioni innovative, attentamente curate nel loro dialogo con l'esistente.

Aspetti relativi al miglioramento sismico

L'efficacia strutturale dell'intervento proposto deve essere correlata alla gravità del quadro fessurativo e della conformazione architettonica. Gli obiettivi perseguiti devono essere specificati e supportati da valutazioni di tipo numerico.

In generale, si richiede omogeneità d'azione, uniformando le scelte progettuali e calibrando la distribuzione degli interventi in modo da rinforzare soprattutto le parti più danneggiate senza però generare brusche variazioni di rigidezza e di resistenza tra le parti rinforzate e non.

L'intervento proposto deve perseguire il principio di minimo intervento²³⁷, non solo per motivi di tutela, ma anche per non creare nelle strutture murarie perturbazioni tali da alterarne il comportamento strutturale globale.²³⁸ Pertanto, in linea con quanto suggerito dalla *Direttiva DPCM 09/02/2011*, si preferiscono interventi di tipo locale. Inoltre, al fine di ridurre gli interventi di rinforzo si chiede di valutare l'opportunità di integrazione tra elementi di consolidamento ed elementi funzionali (si veda cap.4).

²³⁵ Nelle coperture, ad esempio, si consiglia di mantenere le travi lignee, piattelle in cotto e il manto in coppi originario, operando con consolidamenti localizzati ove presente deterioramento o dissesti.

²³⁶ Le murature interessate da crolli parziali potranno essere ricostruite con mattoni pieni, se possibile di recupero dalle macerie, semplificando le forme, variando la geometria dei giunti di malta, arretrando la parte ricostruita rispetto al filo esterno.

²³⁷ Si consiglia di ridurre il più possibile le alterazioni delle murature storiche ed evitando operazioni eccessivamente invasive e/o ridondanti. Inoltre, i presidi antisismici già presenti non devono essere trascurati ma, una volta verificata la loro efficacia, possono essere integrati nella definizione del nuovo intervento di consolidamento.

²³⁸ (Coisson, 2019)

Aspetti relativi alla finanziabilità

Per ottenere il finanziamento deve essere dimostrata la correlazione tra gli interventi proposti e il danno causato dal sisma. Gli interventi in fondazione non sono stati ammessi a finanziamento²³⁹ in quanto non vi è correlazione con l'evento sismico, fatta eccezione per i casi in cui è avvenuto il fenomeno della liquefazione. In generale, se proposto, si chiede di valutare l'effettiva opportunità di tale intervento spesso costoso, invasivo e di scarsa efficacia sul piano del miglioramento sismico.

²³⁹ L'intervento in fondazione non è finanziabile poiché in contrasto con quanto contenuto all'interno delle NTC e relativa Circolare, in cui vengono sconsigliati interventi all'apparato fondale oltre che non in linea con quanto contenuto all'interno dei Pareri del CTS regionale.

PARTE 6

CONCLUSIONI

1 RISULTATI OTTENUTI

La ricerca ha indagato gli interventi di messa in sicurezza su chiese e campanili con l'obiettivo di ottimizzare le tecniche impiegate e i costi degli interventi.

Le ricerche bibliografiche a livello nazionale e internazionale e l'approfondimento dell'esperienza emiliana, attraverso l'analisi tecnico-economica degli interventi attuati, hanno permesso di giungere alla formulazione di strumenti che si spera possano supportare l'attività di stima dei costi e di scelta dell'intervento di messa in sicurezza, rendendole più rapide, omogenee ed efficaci.

In passato, le ricerche hanno riguardato le tecniche di intervento, trascurando gli aspetti economici: senza criteri di stima, le valutazioni economiche sono state molto disomogenee e poco veritiere, alla prova dei fatti. In quest'occasione, analizzando a posteriori i costi degli interventi post-sisma 2012 e la loro efficacia, si è giunti alla formulazione di una procedura, semplice e veloce, per individuare un range di spesa per il ripristino dei danni sismici. Nello specifico, sono state ottenute tre curve di costo che permettono di individuare un range di spesa in funzione dell'indice di danno e del volume dell'edificio. Le curve sono applicabili alla tipologia architettonica studiata nel contesto emiliano. La scelta del valore nell'intervallo di costo individuato andrà fatta sulla base di alcuni fattori che influiscono nella definizione degli importi, quali il pregio dell'edificio, in termini di presenza di elementi decorativi (statue, stucchi, affreschi e dipinti), o la tipologia di messa in sicurezza prevista.

L'analisi trasversale dei temi trattati (economici, strutturali, di tutela e conservazione) ha portato alla definizione di una procedura per valutare l'efficacia di ciascuna tipologia di messa in sicurezza al fine di guidare l'operatore nella rapida scelta dell'intervento urgente tenendo in considerazione tutti gli aspetti coinvolti (operativi, strutturali, conservativi ed economici). Approfondimenti sull'applicazione delle diverse soluzioni possibili hanno inoltre permesso di individuare accorgimenti tecnici, operativi e ai fini della tutela in grado di ottimizzare l'impostazione dell'opera provvisoria. Sono state proposte soluzioni progettuali in grado di sfruttare le potenzialità intrinseche dell'intervento di messa in sicurezza che, se impostato correttamente fin dalla fase emergenziale, può diventare supporto alla progettazione o realizzazione delle lavorazioni successive, se non direttamente elemento di consolidamento definitivo.

Ciò avviene raramente poiché il consolidamento viene di solito considerato come un puro intervento tecnico, finalizzato a garantire la sola sicurezza della struttura. Tale tema è stato approfondito proponendo alcuni spunti di riflessione, a dimostrazione di come

CONCLUSIONI

l'elemento di consolidamento possa oltrepassare il confine di semplice mezzo tecnico per la sicurezza, diventando elemento figurativo in grado di valorizzare la costruzione. I rari esempi in cui aspetti tecnici funzionali e formali sono stati integrati tra loro lasciano sperare che un nuovo approccio, guidato dagli stessi principi che sono alla base della conservazione del patrimonio architettonico, possa permettere anche al consolidamento di creare un valore aggiunto per l'edificio.

2 SVILUPPI FUTURI

A conclusione della ricerca svolta, la possibile informatizzazione sia dell'attuale scheda di rilievo del danno, sia della procedura di stima del costo e di scelta dell'intervento provvisorio, proposte nella presente Tesi, appare una prospettiva di particolare utilità per velocizzare e omogeneizzare le operazioni di rilievo e ordinare le attività di scambio e archiviazione dei dati. Inoltre, l'uso di un applicativo ridurrebbe la possibilità di errori legati alla compilazione manuale della scheda.

Un'ulteriore possibilità di ampliamento del presente studio è l'estensione della metodologia ad altre zone sismiche del territorio nazionale e internazionale. Al di fuori dei confini emiliani, le caratteristiche costruttive e tipologiche degli edifici di culto variano (prevalenza della pietra rispetto al mattone, presenza di campanili a vela ecc.) modificando la risposta sismica di queste costruzioni e influenzando l'efficacia delle tecniche di intervento e, di conseguenza, i costi.

Allo stesso modo si vorrebbe estendere lo studio ad altre tipologie architettoniche, diverse da chiese e campanili. L'applicazione del metodo proposto alle altre costruzioni richiede studi specifici. Per le tipologie castelli, cimiteri e teatri sono già in corso ricerche – finanziate dalla Regione Emilia Romagna – atte all'individuazione dei meccanismi di collasso caratteristici. Lo studio andrebbe esteso all'individuazione dei costi di intervento e dell'efficacia delle diverse tecniche.

Infine, la metodologia proposta potrebbe essere migliorata attraverso uno studio sulle tecniche di consolidamento impiegate in passato e sottoposte a successivi eventi sismici.²⁴⁰ Ciò permetterebbe di verificare sul campo l'efficacia effettiva degli interventi e di individuare eventuali problematiche emerse dall'applicazione pratica. Ad esempio, alla fine del XX secolo sono stati fatti interventi di consolidamento antisismico in alcune chiese emiliane, in particolare a seguito del terremoto del 1996: nel 2012, alcune di queste chiese hanno subito un danno tale da renderle inagibili, altre invece hanno risposto bene all'evento. Approfondire questi casi permetterebbe di individuare ulteriori fattori influenti nell'efficacia e quindi nella scelta futura delle diverse tecniche.²⁴¹

²⁴⁰ (Doglioni, Moretti, & Petrini, 1994, p. 272-280)

²⁴¹ (Como, Iori, & Ottoni, 2019)



Ringraziamenti

A conclusione di questo lavoro vorrei ringraziare tutti coloro che l'hanno reso possibile. Un primo ringraziamento è per la Prof.ssa Eva Coïsson, relatore di questa Tesi, che mi ha accompagnata alla scoperta del “favoloso mondo della ricerca”, indicandomi la strada con spunti e suggerimenti concisi, mirati e pragmatici. Ringrazio l'Arch. Antonino Libro, correlatore di questa Tesi, che mi ha “adottata” e ha sostenuto questo progetto con grande entusiasmo, interesse e passione.

Insieme a lui, ringrazio anche l'Ing. Davide Parisi e tutto il gruppo dell'Agenzia per avermi accolta tra loro con grande disponibilità e gentilezza.

Ringrazio, inoltre, l'Agenzia Regionale per la Ricostruzione sisma 2012 della Regione Emilia-Romagna, la Soprintendenza Archeologica Belle Arti e Paesaggio per la città metropolitana di Bologna e le province di Modena, Reggio e Ferrara, il Segretariato Regionale del Ministero dei Beni e delle Attività Culturali e del Turismo per l'Emilia Romagna e l'Agenzia per la sicurezza territoriale e la protezione civile per aver messo a disposizione il materiale consultato.

Ringrazio il Prof. Faccio e il Prof. Di Tommaso per le occasioni di confronto.

Ringrazio il gruppo di ricerca di Restauro (e non solo) dell'Università di Parma; in particolare, la Prof.ssa Federica Ottoni per le sue idee appassionate ed Elena Zanazzi, che non ha potuto sottrarsi alle mie richieste “di collaborazione”.

Infine ringrazio Andrea e i miei genitori, per avermi aiutato in questo lavoro e per tantissimi altri motivi.

PARTE 7

RIFERIMENTI

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- Baggio, C., Bernardini, A., Colozza, R., et al. (2002). *Manuale di istruzioni per la compilazione della scheda di 1° livello di rilevamento del danno, pronto intervento ed agibilità nell'emergenza post-sismica AeDES*.
- Bartolomucci, C. (2013). Structure and architecture: the illogical results of considering them two separates entities, after the 2009 earthquake in L'Aquila. In P. Cruz (A cura di), *Structures and Architecture: Concepts, Applications and Challenges (2nd International Conference on Structure and Architecture)* (p. 1621-1628). Londra: Taylor & Francis Group.
- Bellizzi, M. (2001). *Le opere provvisionali nell'emergenza sismica*. Roma: Adel Grafica srl, Supema srl.
- Benvenuto, E. (1981). *La scienza delle costruzioni e il suo sviluppo storico*. Firenze: Sansoni Editore.
- Blasi, C. (2013). *Architettura storica e terremoti - Protocolli operativi per la conoscenza e la tutela*. Milano, Italia: Wolters Kluwer.
- Blasi, C. (2014). Il consolidamento dei campanili danneggiati dal sisma: riflessioni su conservazione e sicurezza. In C. D. Francesco (A cura di), *A sei mesi dal sisma - Rapporto sui Beni Culturali in Emilia-Romagna* (p. 222-237). Bologna: Minerva Soluzioni Editoriali srl.
- Blasi, C. (2017). Alcune note su conservazione, sicurezza e responsabilità negli interventi di restauro. In A. Aveta, *Ricerca Restauro Sezione 3B - Progetto e cantiere: problematiche strutturali* (p. 740-747). Roma: Edizioni Quasar.
- Blasi, C. (2019). Problemi di ricostruzione e restauro del patrimonio storico architettonico. In P. Ventura, A. Montepara, & M. Zazzi, *La città storica post-sisma. Memorie, piani e prassi della ricostruzione di Navelli e Civitaretenga*. (p. 55-66). Parma: Grafiche Step.
- Borri, A., & Vetturini, R. (2009). Messa in sicurezza di edifici pericolanti mediante l'impegno di presidi in FRP/FRG. *IV Convegno su Crolli, Affidabilità Strutturale, Consolidamento - IF CRASC'09*. Napoli.
- Borri, A., Castori, G., Grazini, A., & Giannantoni, A. (2007). Miglioramento di un edificio storico con nastri SRG pretensionati. *XII Conferenza Nazionale L'Ingegneria Sismica in Italia (ANIDIS)*. Pisa.
- Brandi, C. (1977). *Teoria del restauro*. Torino: Einaudi Editore.

- Calderini, C., Carocci, C., Da Porto, F., Dall'Asta, A., De Santis, S., Fiorentino, G., . . . Sorrentino, L. (2019). Usability and damage assessment of public buildings and churches after the 2016 Central Italy earthquake: The ReLUIS experience. *Earthquake Geotechnical Engineering for Protection and Development of Environment and Constructions*, 915-924.
- Candigliota, E., Carpani, B., Immordino, F., & Poggianti, A. (2012). Damage to religious buildings due to the Pianura Padana Emiliana earthquake. *Energia, Ambiente e Innovazione*, 58-68.
- Castellucci, A., Cifani, G., Di Girolamo, G., Lemme, et al (2011). SISMA ABRUZZO 2009 – messa in sicurezza degli edifici monumentali : percorso metodologia e tecniche di intervento. *XIV Convegno ANIDIS "L'Ingegneria Sismica in Italia"*. Bari.
- Ceniccola, G. (2019). Terremoto e torri nella bassa modenese. In C. Belmonte, E. Scirocco, & G. Wolf, *Storia dell'arte e catastrofi: spazio, tempi, società* (p. 327-341). Marsilio.
- Cescatti, E., Salzano, P., Casapulla, C., Ceroni, F., Da Porto, F., & Porta, A. (2020). Damages to masonry churches after 2016–2017 Central Italy seismic sequence and definition of fragility curves. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 297-329.
- Cicchello, P. (2010). *La messa in sicurezza e l'adeguamento sismico degli edifici esistenti*. Santarcangelo di Romagna (RN): Maggioli editore.
- Cifani, G., Lemme, A., & Miozzi, C. (2019). Verso una legge organica sulla prevenzione, emergenza e ricostruzione. *XVIII Convegno ANIDIS "L'ingegneria sismica in Italia"*. Ascoli Piceno.
- Cifani, G., Lemme, A., & Podestà, S. (2005). *Beni monumentali e terremoto. Dall'emergenza alla ricostruzione*. (A. L. Giandomenico Cifani, A cura di) Roma: DEI - tipografia del Genio Civile.
- Civerra, C., Lemme, A., & Cifani, G. (2007). *Strumenti per il rilievo del danno e della vulnerabilità sismica dei Beni Culturali*. Campobasso: Tipografia Lampo.
- Coisson, E. (2019). *Riduzione del rischio sismico negli edifici storici in muratura*. Santarcangelo di Romagna: Maggioli Editori.
- Coisson, E. (2017). Consolidamento strutturale, terra di confine: alcuni casi esemplificativi dei diversi approcci disciplinari. In A. Aveta, *Ricerca&Restauro Sezione 3B - Progetto e cantiere: problematiche strutturali* (p. 748-757). Roma: Edizioni Quasar.

- Coisson, E., & Ferrari, L. (2019). Predisposizione e studio di modelli specifici ad implementazione degli strumenti esistenti: scheda per la valutazione dei primi interventi di messa in sicurezza e rilievo del danno per tipologie architettoniche specifiche (teatri, castelli, cimiteri). *Paesaggio Urbano*, 152-159.
- Coisson, E., Ferrari, L., & Manara, S. (2018). The Role of knowledge in defining strategies for conservation and strengthening: a case study from the 2012 Emilia earthquake. *VI Conferenza Internazionale ReUSO. L'intreccio dei saperi per rispettare il passato, interpretare il presente, salvaguardare il futuro.* (p. 1571-1582). Roma: Gangemi Editore.
- Coisson, E., Ferretti, D., Lorenzelli, A., & Zanazzi, E. (2019). Masonry Spires: 3D Models to Understand their Seismic Vulnerability. *Key Engineering Materials (Vol. 817)*, 317-324.
- Como, M., Iori, I., & Ottoni, F. (2019). *Scientia abscondita. Arte e scienza del costruire nelle architetture del passato.* Venezia: Marsilio Editori.
- Curtaz, M., & De Capitani, L. (A.A. 2014/2015). *Sovrapposizioni di segni per una nuova identità aggregativa del tessuto sociale. Gli interventi sulla chiesa abbandonata di San Bartolomeo in Vigellio.* Milano: (Tesi di laurea specialistica) Politecnico di Milano.
- Dal Cin, A., & Russo, S. (2014). Influence of the annex on seismic behavior of historic churches. *Engineering Failure Analysis*, 300-313.
- Dandoulaki, M. (1998). An overview of post-earthquake building inspection practices in Greece and the introduction of a rapid building usability evaluation procedure after the 1996 Konitsa earthquake. *11th European Conference on Earthquake Engineering* (p. 1-11). Rotterdam: Balkema.
- D'Antonio, M. (2013). *Ita terraemotus damna impedire. Note sulle tecniche antisismiche storiche in Abruzzo.* Pescara: Carsa Edizioni.
- De Matteis, G., Brando, G., & Corlito, V. (2019). Predictive model for seismic vulnerability assessment of churches based on the 2009 L'Aquila earthquake. *Bullettin of Earthquake Engineering*.
- Di Francesco, C. (2014). A sei mesi dal sisma. In C. Di Francesco (A cura di), *A sei mesi dal sisma. Rapporto sui Beni Culturali in Emilia-Romagna* (p. 17-50). Bologna: Minerva Soluzioni Editoriali.
- Di Giacomo, M. (2014). *I costi dei terremoti in Italia.* Roma.
- Di Giacomo, M., & Pilli, A. (2013). *Verso un piano nazionale per la messa in sicurezza delle abitazioni e dei territori dal rischio sismico e idrogeologico.* Roma.

- Di Pasquale, G., & Papa, S. (2014). *Manuale per la compilazione della scheda per il rilievo del danno ai beni culturali, Chiese MODELLO A-DC*.
- Di Tommaso, A. (2011). *Post-sisma aquilano: analisi di crolli, di interventi provvisionali e prospettive tecniche di ricostruzione*.
- Di Tommaso, A., & Casacci, S. (2013). *Sopravvivenza di Torri e Campanili*. CIAS. Creta.
- Di Tommaso, A., Lancellotta, R., Focacci, F., & Romaro, F. (2010). Uno studio sulla stabilità della torre Ghirlandina. In R. Cadignani, *La torre Ghirlandina - storia e restauro* (p. 204-217). Roma: Luca Sossella Editore srl.
- Dogliani, F. (2008). *Nel restauro. Progetti per le architetture del passato*. Venezia: Marsilio Editori.
- Dogliani, F., Moretti, A., & Petrini, V. (1994). *Le chiese e il terremoto. Dalla vulnerabilità constatata nel terremoto del friuli al miglioramento antisismico nel restauro, verso una politica di prevenzione*. Trieste: Edizioni LINT.
- Dolce, M., Liberatore, D., Moroni, C., Perillo, G., Spera, G., & Cacosso, A. (2004). *OPUS - Manuale delle opere provvisionali urgenti post-sisma*.
- Dolce, M., Papa, F., & Pizza, A. (2014). *Manuale di istruzioni per la compilazione della scheda di 1° livello di rilevamento del danno, pronto intervento ed agibilità nell'emergenza post-sismica AeDES*.
- Fabi, V. (A.A. 2013/2014). *Crevalcore chilometro zero*. (Tesi di Laurea Magistrale) Università degli Studi di Parma.
- Falsini, L., Michelin, A., & Vinci, M. (1994). *Ponteggi*. Roma: DEI tipografia del Genio Civile.
- Ferrari, L. (2017). Strengthening historic structures: not only a matter of techniques. *XXXIII Convegno Internazionale Scienza e Beni Culturali* (p. 353-362). Venezia: Edizioni Arcadia Ricerche.
- Fiorani, D. (2009). *Restauro e tecnologia in architettura*. Roma: Carocci Editore.
- Fontana, G., Mannella, A., Marchetti, L., Marsili, C., Milano, L., & Nola, F. (2011). Prime analisi dei costi di ripristino post-sisma del 6 aprile 2009 in Abruzzo e problematiche connesse ai rilievi di agibilità e danno. *XIV Convegno ANIDIS "L'Ingegneria Sismica in Italia"*. Bari.
- Giacomo Di Pasquale, M. D. (1999). *Raccomandazioni per le opere di messa in sicurezza*.

- Giresini, L., Andreini, M., De Falco, A., & Sassu, M. (2014). Bull Earthquake Eng Structural damage in the cities of Reggiolo and Carpi after the earthquake on May 2012 in Emilia Romagna. *Bull Earthquake Eng.*
- Giuffrè, A. (1986). *La meccanica nell'architettura. La statica*. Roma: La Nuova Italia Scientifica.
- Giuffrè, A. (1991). *Lecture sulla meccanica delle murature storiche*. Roma.
- Grifoni, P. (2014). Tradizione e territorio: l'architettura religiosa come testimonianza diffusa dei paesi colpiti dal sisma. *A sei mesi dal sisma. Rapporto sui Beni Culturali in Emilia-Romagna*. (p. 51-56). Bologna: Minerva Soluzioni Editoriali.
- Grimaz, S. (. (2010). *Manuale Opere Provvisionali: l'intervento tecnico urgente in emergenza sismica*. (G. d. NCP, & S. Grimaz, A cura di) Roma: INAIL.
- Guidoboni, E. (2005). *Libro di diversi terremoti (Vol. 28)*. Roma.
- Heyman, J. (1996). *Arches, vaults and Buttresses*. Norfolk: Galliard Ltd.
- International Council on Monument and Sites. (2003). ICOMOS CHARTER- principles for the analysis, conservation and structural restoration of architectural heritage (2003). *ICOMOS 14th General Assembly*. Victoria Falls, Zimbabwe.
- Jurina, L. (2002). Consolidamento strutturale e reversibilità. *Convegno Reversibilità? Concezione ed interpretazione nel restauro*. Torino.
- Jurina, L. (2013). Forte Fuentes a Colico. Un consolidamento in itinere. *Structural*.
- Jurina, L., & Radelli, E. (2016). Messa in sicurezza provvisoria degli edifici a rischio di crollo. *IV Convegno Internazionale sulla documentazione, conservazione e recupero del patrimonio architettonico e sulla tutela paesaggistica - Reuso*. Pavia.
- Jurina, L., Radelli, E., & De Capitani, L. (2017). Messa in sicurezza e proposte di consolidamento per la Chiesa di San Bartolomeo a Salussola (Biella - Italia). *V Congresso Internazionale sulla documentazione, conservazione e recupero del patrimonio architettonico e paesaggistico - Reuso 2017*. Valencia.
- La Rosa, R. (2009). Lo splendore metafisico della Cattedrale di Noto. *Tetto & pareti*, 42-61.
- Lemme, A., & Podestà, S. (2004). *La messa in sicurezza degli edifici monumentali in Molise a seguito della crisi sismica iniziata il 31.12.2002: valutazione della permanenza nel tempo delle puntellature alle chiese*. Report Regione Molise, Isernia.

- Libro, A. (2019). Il rilievo del danno al patrimonio storico-artistico e i primi interventi di messa in sicurezza. *Paesaggio Urbano*, 146-151.
- Lionello, A. (2011). *Tecniche costruttive, dissesti e consolidamenti dei campanili di Venezia*. Venezia: MiBACT, SABAP Venezia e Laguna, Corbo e Fiore.
- Lizzi, F. (1981). *Restauro statico dei Monumenti. Criteri di intervento e casistica. Rafforzamento di edifici danneggiati da azioni sismiche*. Genova: Sagep Editore.
- Mariani, M. (2016). *Sisma Emilia 2012. Dall'evento alla gestione tecnica dell'emergenza*. Bologna: Pendragon.
- Mariani, M. (s.d.). *Sito web: Studio di Architettura e Ingegneria Massimo Mariani*. Tratto da Norcia, Ex Chiesa di San Francesco Auditorium - Progettazione e Direzione Lavori: <http://www.massimomarianistudio.com/it/norcia-ex-chiesa-di-san-francesco-auditorium-progettazione-e-direzione-dei-lavori/>
- Marmo, F. (2007). *L'innovazione nel consolidamento. Indagini e verifiche per la conservazione del patrimonio architettonico*. Roma: Gangemi Editore.
- Mastrodicasa, S. (1993). *Dissesti statici delle strutture edilizie*. Milano: Hoepli.
- Milizia, F. (1781). *Principi di architettura civile*.
- Modena, C. (2005). Design approaches of interventions for the safety and conservation of historic buildings. *Structural Analysis of Historical Constructions* (p. 75-83). Londra: Taylor & Francis Group.
- Modena, C., & Binda, L. (2009). Edilizia storica monumentale. Salvaguardia degli edifici di interesse storico-artistico nell'emergenza post-sisma. *Progettazione Sismica*(3), 107-115.
- Modena, C., Da Porto, F., & Valluzzi, M. (2012). Conservazione del patrimonio architettonico e sicurezza strutturale in zona sismica: insegnamenti dalle recenti esperienze italiane. *Materiali e strutture. Problemi di conservazione*.
- Modena, C., Da Porto, F., Bettiol, G., & Giaretton, M. (2012). Edilizia storica monumentale. Salvaguardia degli edifici di interesse storico-artistico nell'emergenza post-sisma. *Progettazione Sismica*(3), 211-221.
- Modena, C., Da Porto, F., Casarin, F., Munari, M., Bruno, S., & Bettiol, G. (2010). Emergency actions and definitive intervention criteria for the preservation of cultural heritage constructions subjected to seismic actions - Abruzzo 2009. *Congresso Patrimonio 2010*, (p. 1-12). Porto, Portugal.
- Poluzzi, R. (2019). Dome's Reconstruction of Santa Maria Maggiore in Pieve di Cento (Bo). *ICD2018 Italian Concrete Days 2018. Il calcestruzzo strutturale oggi*.

- Rocco, M. (A.A. 2013-2014). *Il consolidamento delle strutture murarie mediante l'uso di catene metalliche*. Tesi di laurea specialistica, Politecnico di Milano: Relatore: Marco Andrea Pisani.
- Rondelet, J. (1832). *Trattato teorico e pratico dell'arte di edificare*.
- Ruskin, J. (1849). *Le sette lampade dell'architettura*. Milano.
- Serlio, S. (1584). *I sette libri dell'architettura*.
- Tandon, A. (2018). *First aid to cultural heritage in times of crisis*.
- Traykova, M., Giarlelis, C., Lampropoulos, A., Dritsos, S., & Moseley, J. (2018). Simple strengthening techniques for Non-Engineered buildings. *40th IABSE Symposium Tomorrow's Megastructures*, (p. 1-9). Nantes, France.
- Vidal, F., Feriche, M., & Ontiveros, A. (2009). Basic techniques for quick and rapid post-earthquake assessments of building safety. *8th International Workshop on Seismic Microzoning and Risk Reduction*, (p. 1-10). Almería, Spain.
- Viollet-le-Duc, E., & Colombini Mantovani, A. (2002). *L'architettura ragionata. Estratti dal Dizionario*. (A. Colombini Mantovani, Trad.) Milano: Jaca Book.
- Zanazzi, E. (A.A. 2016-2017). *In equilibrio sulle punte. Panoramica sulle guglie colpite dal sisma del 2012, analisi georeferenziata e proposte di consolidamento*. Tesi di laurea magistrale, Università degli Studi di Parma: Relatore: Eva Coisson, Correlatore: Barbara Caselli, Daniele Ferretti.

RIFERIMENTI NORMATIVI

- D.L. 22/01/2004 n.42, G.U. 24/02/2004, n.45 - suppl. ord. n.28 (Codice dei Beni Culturali e del Paesaggio (ai sensi dell'articolo 10 della legge 6 luglio 2002, n. 137)).
- D.M. 14/01/2008, G.U. 04/02/2008, n.29 - suppl. ord. n.30 (Nuove Norme Tecniche per le costruzioni).
- D.M. 14/09/2005, G.U. 23/09/2005, n.222 (Norme Tecniche per le Costruzioni).
- D.M. 17/01/2018, G.U. 20/02/2018, n.42 - suppl. ord. n.8 (Aggiornamento delle "Norme Tecniche per le Costruzioni").
- D.M. 24/01/1986, G.U. 12/05/1986, n.108 (Norme tecniche relative alle costruzioni antisismiche).
- D.P.C.M. 05/05/2011, G.U. 17/05/2011, n.113 - suppl. ord. n. 123 (Approvazione del modello per il rilevamento dei danni, pronto intervento e agibilità per edifici ordinari nell'emergenza post-sismica e del relativo manuale di compilazione).
- D.P.C.M. 09/02/2011, G.U. 26/02/2011, n.47 - suppl. ord. n.54 (Valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14/01/2008).
- D.P.C.M. 23/02/2006, G.U. 07/03/2006, n.55 (Approvazione dei modelli per il rilevamento dei danni a seguito di eventi calamitosi, ai beni appartenenti al patrimonio culturale).
- D.P.R. 06/06/2001, n.380, G.U. n.245 del 20/10/2001 (Testo Unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia).
- Decreto 09/03/2004, n.26, B.U.R.M. 01/09/2004, n.17 - suppl. ord. n.1 (Approvazione "Linee guida preliminari per gli interventi di riparazione del danno e miglioramento sismico per gli edifici di culto e monumentali – Edifici di culto (Parte prima)).
- Decreto interministeriale 03/05/2001, G.U. 21/05/2001, 116 (Approvazione dei modelli per il rilevamento dei danni alle chiese ed ai beni mobili).
- DPCM 08/07/2014, GU n.243, Serie Generale del 18 ottobre 2014 (Istituzione del Nucleo Tecnico Nazionale (NTN) per il rilievo del danno e Approvazione dell'aggiornamento del modello per il rilevamento dei danni, pronto intervento e agibilità per edifici ordinari nell'emergenza post-sismica e del relativo manuale).

- L. 02/02/1974, n. 64 (Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche).
- O.C.D.P.C. 10/11/2016, n.405 (Ulteriori interventi urgenti di protezione civile conseguenti agli eventi sismici che hanno colpito il territorio delle Regioni Lazio, Marche, Umbria e Abruzzo a partire dal giorno 24 agosto 2016).
- O.P.C.M. 20/03/2003, G.U. 08/05/2003, n.108 (Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica).

SITI WEB

Il dopo terremoto: attività in corso. (2019).

Tratto da <http://www.parrocchiapievedicento.it/Terremoto.htm>

La Repubblica Bologna.it . (2012, 05 29). Muore per salvare la statua della Madonna. Rovereto sul Secchia piange il suo parroco

Tratto da <https://bologna.repubblica.it/cronaca/2012/05/29/news>

Le Chiese delle Diocesi Italiane. (2019).

Tratto da <http://www.chieseitaliane.chiesacattolica.it/chieseitaliane/>

Open Ricostruzione. (2019, 10).

Tratto da <https://openricostruzione.regione.emilia-romagna.it/>

Protezione Civile. (s.d.).

Tratto da <http://www.protezionecivile-imbersago.com/rischio-sismico.html>

PARTE 8

ALLEGATI

ALLEGATO A

Nel presente allegato sono riportati i dati relativi all'analisi economica svolta nella Sezione 2. In particolare, per ogni chiesa analizzata, identificata univocamente con la provincia e il capoluogo di appartenenza, viene indicato l'indice di danno, il volume, i costi stimati ed effettivi per l'intervento di messa in sicurezza e di consolidamento definitivo..

PROV.	COMUNE	DENOMINAZIONE EDIFICIO	DANNO	VOLUME	COSTO STIMATO		COSTO EFFETTIVO	
					MS	DEF	MS	DEF
			ID	[mc]	€/mc	€/mc	€/mc	€/mc
1	BO	Castello d'Argile	0,21	10688,00		71,11	3,66	32,97
2	BO	Crevalcore	0,26	7164,00	1,40	31,41	45,19	107,26
3	BO	Crevalcore	0,28	1695,75		190,48	62,80	548,43
4	BO	Crevalcore	0,30	10285,00	2,92	131,75	63,00	254,11
5	BO	Crevalcore (loc. Ronchi)	0,77	708,82		1382,58	48,36	1704,71
6	BO	Crevalcore	0,63	1320,00		571,97	36,89	558,54
7	BO	Crevalcore (loc. Caselle)	0,48	2300,55		310,80	19,85	503,14
8	BO	Crevalcore (loc. Sammartini)	0,54	1782,00	39,28	409,65	27,53	546,09
9	BO	Galliera	0,25	14155,00		82,49	3,41	126,48
10	BO	Galliera (loc. Bastardini)	0,18	1200,00		108,75		103,13
11	BO	Galliera	0,60	1200,00			93,75	
12	BO	San Giovanni in Persiceto	0,40	3758,91	7,98	220,81	30,32	237,58
13	BO	San Giovanni in Persiceto	0,14	1537,59		53,98	7,61	129,38
14	BO	San Giovanni in Persiceto	0,09	11259,23	1,33	26,64	3,26	23,07
15	BO	San Giovanni in Persiceto	0,16	7527,38		34,54	0,59	86,51
16	BO	Pieve di Cento	0,11	4185,60	4,78	43,29	6,09	59,73
17	FE	Argenta	0,26	15327,50		167,67	24,42	182,85
18	FE	Bondeno (loc. Santa Bianca)	0,06	3077,60		36,72	39,05	210,86
19	FE	Bondeno (loc. Burana)	0,38	2623,75	28,59	202,00	44,51	343,02
20	FE	Bondeno (loc. Ospitale)	0,35	1741,22	14,36	304,38	28,05	352,38
21	FE	Bondeno (loc. Stellata)	0,21	1976,00	12,65	123,99	28,43	201,20
22	FE	Bondeno	0,12	2345,90		66,07	3,51	667,08
23	FE	Bondeno (loc. Borgo San Giovanni)	0,38	13862,24		144,06	23,92	46,05
24	FE	Bondeno (loc. Stellata)	0,15	4090,80		89,96	0,49	210,67
25	FE	Bondeno	0,41	1313,20	38,07	316,02	2,69	583,50
26	FE	Cento (loc. Buonacompria)	0,13	1575,50		71,72	42,73	89,65
27	FE	Cento	0,80	5128,00			112,62	491,42
28	FE	Cento (loc. Casumaro)	0,36	5620,00	4,09	214,41	2,44	324,11
29	FE	Cento	0,34	2863,18		185,11	69,87	295,13
30	FE	Cento (loc. Penzate)	0,24	6149,60	1,63	92,69	13,05	
31	FE	Cento	0,26	2180,00	13,76	250,00	2,22	285,73
32	FE	Cento	0,33	2020,00		222,77	49,04	278,47
33	FE	Cento (loc. Reno Ceniese)	0,24	3465,00	5,77	112,55	4,13	246,72
34	FE	Cento	0,21	3133,20		159,58	8,88	395,11
35	FE	Ferrara	0,28	7015,50	9,98	135,13	13,46	221,83
			0,07	40340,10		24,07	0,99	29,10

ALLEGATI

PROV.	COMUNE	DENOMINAZIONE EDIFICIO	DANNO	VOLUME [mc]	COSTO STIMATO		COSTO EFFETTIVO	
					MS	DEF	MS	DEF
		ID			€/mc	€/mc	€/mc	€/mc
36	FE Ferrara	Chiesa di Santo Spirito	0,08	37680,00		19,90	1,06	32,95
37	FE Ferrara	Chiesa di San Domenico	0,13	26241,77	0,76	47,10	2,50	93,67
38	FE Ferrara (loc. Francolino)	Chiesa di Sant'Antonio Abate	0,04	889,00		28,12	13,27	33,86
39	FE Ferrara	Chiesa di San Benedetto Abate	0,13	28157,80		77,31	15,97	62,21
40	FE Ferrara	Chiesa di Sant'Antonio in Polesine	0,10	5395,00	3,71	84,34	0,26	297,60
41	FE Ferrara	Chiesa di San Giorgio Martire (Duomo)	0,10	96452,52	0,10	14,93	2,66	93,31
42	FE Terre del Reno (loc. Mirabello)	Chiesa di San Paolo	0,68	22496,00		428,97	14,48	256,05
43	FE Poggio Renatico	Ex Chiesa di San Michele	0,74	3416,00	5,85	175,64	72,19	226,87
44	FE Poggio Renatico	Chiesa di San Michele Arcangelo	0,48	15052,50	4,65	186,02	37,65	286,10
45	FE Poggio Renatico	Chiesa di Santa Maria dei Boschi	0,52	1199,50	12,51	230,93	7,14	499,18
46	FE Sant'Agostino (loc. Dosso)	Chiesa di San Giovanni Battista	0,09	3884,05	2,57	32,96	23,54	98,52
47	FE Sant'Agostino	Chiesa di Sant'Agostino	0,48	7241,00		236,43	25,54	299,02
48	MO Bastiglia (loc. San Clemente)	Chiesa della Madonna delle Grazie	0,14	4002,00		36,73	11,02	22,49
49	MO Bomporto	Chiesa di San Nicolò di Bari	0,27	6505,00	6,15	114,07	9,88	24,14
50	MO Bomporto (loc. Solara)	Chiesa di San Michele Arcangelo	0,38	3353,60	2,98	238,55	15,10	223,64
51	MO Bomporto (loc. Solara)	Oratorio di San Rocco	0,20	528,00	18,94	303,03	75,34	378,79
52	MO Camposanto (loc. Cadeccoppi)	Chiesa di San Girolamo	0,46	2135,00		489,46	9,49	611,83
53	MO Camposanto	Chiesa di San Nicola di Bari	0,66	3848,00	12,99	484,15	6,49	641,89
54	MO Carpi	Chiesa di San Nicolò	0,38	25996,00	1,92	34,21	6,35	107,71
55	MO Carpi	Santuario della Madonna di Ponticelli	0,44	901,23		423,87	123,95	492,62
57	MO Carpi	Chiesa di Santa Maria Assunta (Duomo)	0,24	75600,00		43,00	28,29	38,60
58	MO Carpi	Chiesa di Sant'ignazio di Loyola	0,22	14938,50	1,34	85,02	2,18	57,67
59	MO Carpi (loc. Fossoli)	Chiesa della Natività della Beata Vergine Maria	0,58	3188,00	94,10	350,06	104,49	903,39
60	MO Carpi (loc. Budrione/Migliarina)	Chiesa di Santa Giulia Vergine e Martire	0,24	4029,12	4,96	100,07	26,76	240,75
61	MO Carpi	Chiesa di San Francesco d'Assisi	0,21	35876,00	0,47	103,13	8,43	50,17
62	MO Carpi (loc. San Martino Secchia)	Chiesa di San Martino Vescovo	0,53	2617,00	114,64	397,78	139,85	363,01
64	MO Carpi	Chiesa di Santa Chiara	0,20	4224,20	9,47	171,39	10,99	591,83
66	MO Cavezzo (loc. Motta)	Chiesa di Santa Maria ad Nives	0,74	2662,00	112,70	537,19	142,73	1126,97
67	MO Cavezzo	Sant'Egidio Abate	0,55	9820,00	40,73	407,33	36,32	337,31
68	MO Cavezzo (loc. Disvelto)	Chiesa di San Giovanni Battista	0,86	3103,16		228,31	228,31	644,50
69	MO Concordia sulla Secchia	Chiesa della Conversione di San Paolo Apostolo (Duomo)	0,67	10915,00	43,98	440,68	61,07	595,51
70	MO Concordia sulla Secchia (loc. Fossa)	Chiesa di San Pietro Apostolo	0,85	9853,00	5,07	425,25	70,71	424,54

PROV.	COMUNE	DENOMINAZIONE EDIFICIO	DANNO		VOLUME [mc]	COSTO STIMATO		COSTO EFFETTIVO	
			ID	[mc]		MS	DEF	MS	DEF
						€/mc	€/mc	€/mc	€/mc
71	MO	Concordia sulla Secchia (loc. San Giovanni)	0,75	4143,00	12,07	427,23	76,63	523,17	
72	MO	Concordia sulla Secchia (loc. Vallata)	0,22	3369,00	29,68	412,59	25,84	110,60	
73	MO	Concordia sulla Secchia (loc. Santa Caterina)	0,65	3564,00	78,56	579,41	82,93	519,08	
74	MO	Finale Emilia	0,57	4470,00	6,71	256,15	61,96	343,68	
75	MO	Finale Emilia (loc. Massa Finalese)	0,55	3935,00	20,33	609,91	9,10	762,39	
76	MO	Finale Emilia	0,63	14428,00		370,81	7,21	329,22	
77	MO	Finale Emilia	0,34	3348,00	8,96	171,45	19,14	195,17	
78	MO	Finale Emilia (loc. Reno Finalese)	0,78	4402,70	34,07	377,04	65,92	432,20	
80	MO	Finale Emilia	0,54	6160,00	17,53	334,74	98,33	313,16	
81	MO	Finale Emilia	0,60	4112,14	21,89	449,89	45,48	486,36	
82	MO	Medolla (loc. Camurana)	0,34	7100,00	4,23	174,65	23,22	178,87	
83	MO	Medolla (loc. Camurana)	0,71	3573,00		587,74	250,94	839,63	
84	MO	Medolla	0,46	3195,12		435,04	156,74	700,29	
85	MO	Medolla (loc. Villafianca)	0,77	3088,00		615,28	137,05	582,90	
86	MO	Mirandola (loc. San Martino Spino)	0,37	2185,75	22,88	274,51	69,85	306,53	
87	MO	Mirandola	0,53	15896,00	23,91	264,22	45,12	283,09	
88	MO	Mirandola	0,88	16290,00		368,32	9,76	368,32	
89	MO	Mirandola	0,53	1084,50	59,01	405,72	113,18	527,92	
90	MO	Mirandola	0,53	17959,50	15,59	261,70	45,36	300,56	
91	MO	Mirandola (loc. Gavello)	0,67	4704,00	21,26	423,04	31,27	446,43	
92	MO	Mirandola (loc. Mortuzuolo)	0,68	2667,75	74,97	449,82	142,57	899,63	
93	MO	Mirandola (loc. Quarantoli)	0,63	3505,00	91,30	567,76	28,96	684,74	
94	MO	Mirandola (loc. Cividale)	0,55	1866,00	106,04	906,68	40,85	617,55	
95	MO	Mirandola (loc. Tramuschio)	0,54	3525,00	8,51	317,73	63,95	333,22	
96	MO	Mirandola (loc. San Giacomo Roncole)	0,56	5883,75	33,99	237,94	52,18	305,93	
97	MO	Mirandola (loc. Santa Giustina Vigona)	0,74	3630,00	8,26	191,46	91,98	154,41	
98	MO	Modena	0,06	8353,00		29,57	19,31	47,89	
99	MO	Modena	0,09	13515,10		27,75	14,19	14,29	
100	MO	Modena	0,14	20250,00	10,32	75,11	1,57	127,41	
101	MO	Modena (loc. Ganacchio)	0,09	8832,00		43,03	4,41	25,48	
102	MO	Modena (loc. Santa Maria di Mugnano)	0,15	2993,90	1,67	81,17	12,46	70,14	
103	MO	Modena (loc. Albaretto)	0,35	1047,58		96,41	18,01	125,24	
104	MO	Modena	0,10	61125,00	0,16	5,24	1,24	25,93	
105	MO	Modena	0,16	26376,00			6,83	53,04	

ALLEGATI

PROV.	COMUNE	DENOMINAZIONE EDIFICIO	DANNO	VOLUME [mc]	COSTO STIMATO		COSTO EFFETTIVO	
					MS €/mc	DEF €/mc	MS €/mc	DEF €/mc
106	MO Nonantola	Abbazia di San Silvestro	0,20	19550,00	1,02	102,56	4,10	97,49
107	MO Nonantola	Chiesa di San Michele Arcangelo	0,13	12264,00		64,42	5,60	34,49
108	MO Novi di Modena	Chiesa di San Michele Arcangelo	0,52	11120,00	22,48	312,05	42,94	377,70
109	MO Novi di Modena	Chiesa di Santa Caterina Vergine e Martire	0,65	6751,50	37,03	355,48	77,02	825,35
110	MO Novi di Modena	Oratorio della SS. Trinità	0,29	433,83		161,35	62,82	111,74
111	MO Ravarino	Chiesa di San Giovanni Battista	0,29	3211,92	9,34	165,32	40,87	105,35
112	MO Ravarino (loc. Sturlifone)	Santuario della Beata Vergine delle Grazie	0,52	6170,00	4,86	225,28	111,97	255,63
113	MO San Felice sul Panaro	Chiesa di San Felice Vescovo e Martire	0,82	15600,00		535,15	20,55	307,69
114	MO San Felice sul Panaro	Chiesa di San Giuseppe (o della Madonna del Mulino)	0,82	2205,00			33,44	1360,54
115	MO San Felice sul Panaro	Chiesa di San Biagio Vescovo e Martire	0,77	6867,00			92,13	553,37
116	MO San Possidonio	Chiesa di San Possidonio Vescovo	0,89	13368,00	35,91	513,91	49,16	428,85
117	MO San Prospero	Chiesa di San Prospero Vescovo	0,33	3670,00		149,86	32,80	187,33
118	MO San Prospero (loc. Staggia)	Chiesa del SS. Nome di Maria	0,51	4282,00		224,19	47,04	291,92
119	MO Soliera	Chiesa di San Michele Arcangelo	0,25	1759,50		119,35	25,34	184,71
120	RE Correggio (loc. Centro)	Chiesa di Santa Maria della Misericordia	0,49	1315,20		218,22	5,20	456,20
121	RE Fabbrico	Chiesa di Santa Maria Assunta	0,21	21900,75		43,38	3,85	43,37
122	RE Guastalla	Chiesa dei Servi o della SS. Annunziata	0,11	11830,00		33,81	0,14	13,15
123	RE Luzzara (loc. Codisotto)	Chiesa di Sant'Antonio Abate	0,30	2540,00		224,41	1,65	280,51
124	RE Luzzara (loc. Casoni)	Chiesa di San Carlo Borromeo	0,51	4717,92		218,32	31,29	249,23
125	RE Reggiolo (loc. Brugneto)	Chiesa di Santa Maria Annunziata	0,27	6540,00		165,29	11,69	152,89
126	RE Reggiolo	Chiesa di Santa Maria Assunta	0,47	6140,00		269,71	67,08	530,64
127	RE Rolo	Chiesa di San Zenone	0,27	7250,00		115,86	67,78	30,02
128	RE San Martino in Rio	Chiesa di San Martino Vescovo	0,13	6711,92		46,19	1,57	75,26

ALLEGATO B

Nel presente allegato sono riportate le schede di inquadramento storico-architettonico dei casi studio trattati nella sezione 3 della presente Tesi, comprensive di descrizione generale dell'intervento di messa in sicurezza e definitivo relativo alla struttura in oggetto.

B1. COLLEGIATA DI SANTA MARIA MAGGIORE

PIEVE DI CENTO (BO)

La Chiesa di Santa Maria Maggiore, di proprietà dell'Arcidiocesi di Bologna, si trova in Via Gramsci 19, all'angolo di Piazza Andrea Costa, a Pieve di Cento, in provincia di Bologna.

Inquadramento



Cenni storici

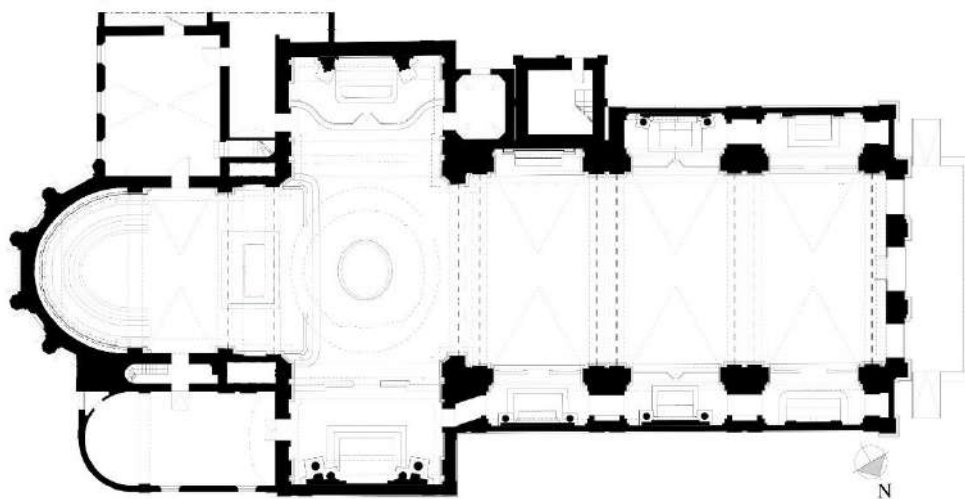
La chiesa vecchia, la più antica del territorio centopievese, compare per la prima volta in un documento del 1207 con il nome di Pieve di "Santa Maria Maggiore". Nel 1702 la struttura antica viene demolita per costruire la chiesa attuale: della costruzione precedente resta solo l'abside risalente al periodo aureo del gotico bolognese (seconda metà del Trecento). Il campanile, come attesta la lapide sul lato ovest, risale invece al 1487.

Conformazione architettonica

La chiesa presenta una pianta a croce latina con una bassa cupola in corrispondenza della crociera. La costruzione è in laterizio intonacato. La facciata baroccheggianti, in contrasto con la sobrietà dello stile classico del '600 all'interno, è

divisa in due ordini, ripartiti da lesene (cinque parti nel primo e tre in quello superiore) ed è ornata da sei statue ed un bassorilievo. Nella parte posteriore si trova l'abside originario in stile gotico, a pianta semi-decagonale con costoloni ottagonali agli angoli e quattro finestroni ad arco acuto poi tamponati, ornati da formelle in cotto. La struttura della cupola, in muratura di laterizi a una testa (spessore 14 cm), presenta una a doppia curvatura e si discosta dalla forma perfettamente sferica essendo impostata su una pianta ellittica i cui diametri hanno lunghezza leggermente diversa (10,30 metri e 9,30 metri). Al di sopra della cupola svetta una lanterna dalle grandi aperture, anch'essa a forma leggermente ellittica. La cupola appoggia su quattro pennacchi che si diramano da quattro archi sovrastanti altrettante colonne poste all'incrocio tra navata, abside e transetto. Il tamburo cilindrico in muratura, con spessore a due teste, funge da sostegno alla lanterna superiore e alla copertura in legno di forma troncoconica.

Planimetria



Messa in sicurezza

Nelle settimane successive al sisma, i VF hanno provveduto alla messa in sicurezza del campanile, della facciata e della cupola. Ciò ha consentito di evitare nuovi possibili crolli e di rimuovere dall'interno della chiesa le opere d'arte, tra cui il crocifisso di Pieve di Cento, elemento identitario della comunità pievese. Resta però un'ampia lacuna nella struttura di copertura della cupola e il rischio di ribaltamento dell'abside. Per poter ripristinare l'agibilità delle abitazioni circostanti, a novembre 2012, lo studio di Ingegneria Diotallevi viene incaricato della progettazione della copertura provvisoria a chiusura della cupola crollata e della messa in sicurezza dell'abside, con la finalità di proteggere dalle intemperie l'interno della chiesa e le opere non rimovibili oltre che per consentire l'agibilità durante le successive operazioni di ripristino. Il progetto esecutivo dell'intervento provvisorio è stato approvato (con prescrizioni) a giugno 2013 e i lavori iniziano il mese successivo, ad opera dell'impresa Montanari di Bologna, concludendosi il 13 dicembre dello stesso anno.

Intervento definitivo

In data 25/07/2014 è stato presentato in Regione il progetto preliminare per “*Interventi di riparazione e rafforzamento locale con miglioramento sismico della Collegiata di Santa Maria Maggiore*”, redatto dagli architetti Guido Cavina e Roberto Terra. In seguito alla valutazione da parte del Servizio Geologico-sismico della Regione e della *Soprintendenza*, il progetto è stato approvato (con prescrizioni) a settembre. A febbraio 2015 viene presentato in Regione il progetto esecutivo che ha tenuto conto delle osservazioni mosse in fase preliminare ed è stato realizzato successivamente ad approfondimenti diagnostici, in particolare sulle fondazioni e sul terreno. Tale progetto viene approvato dalla *Commissione Congiunta* a giugno 2015 mentre la *Soprintendenza*, dopo aver richiesto approfondimenti relativi ai rafforzamenti strutturali, rilascia la sua autorizzazione in data 16/12/2015 prescrivendo di ricostruire la lanterna in muratura, similmente a quanto previsto per la cupola, e non in cemento come ipotizzato dal progetto. Conclusa la gara d'appalto con l'aggiudicazione dei lavori da parte della ditta Leonardo di Bologna. Il cantiere. Il cantiere del campanile e della chiesa, iniziato il 13 luglio 2016, è oggi completato (fonte sito Open ricostruzione – ottobre 2019) e la collegiata è stata riaperta al pubblico il 25 novembre 2018.

Fonti disponibili per la consultazione	
Rilievo	
Schede di rilievo del danno	✓
Valutazione economica	✓
Messa in sicurezza	
Scheda provvisoria urgente (Allegato 3)	
Tavole e relazioni di progetto	✓
Computo metrico	✓
Intervento definitivo – progetto preliminare	
Tavole e relazioni di progetto	✓
Computo metrico	
Pareri della Commissione Congiunta	
Intervento definitivo – progetto esecutivo	
Tavole e relazioni di progetto	
Computo metrico	
Pareri della Commissione Congiunta	
Altre fonti	
Sito web: (Open Ricostruzione, 2019)	✓
Sito web: (Il dopo terremoto: attività in corso, 2019)	✓
Atti di Convegno: (Poluzzi, 2019)	✓

B2. CHIESA DI SAN LORENZO MARTIRE CASUMARO DI CENTO (FE)

La Chiesa di San Lorenzo, di proprietà della Parrocchia di San Lorenzo, si trova in Via Correggio, 6 a Casumaro di Cento, in Provincia di Ferrara.

Inquadramento



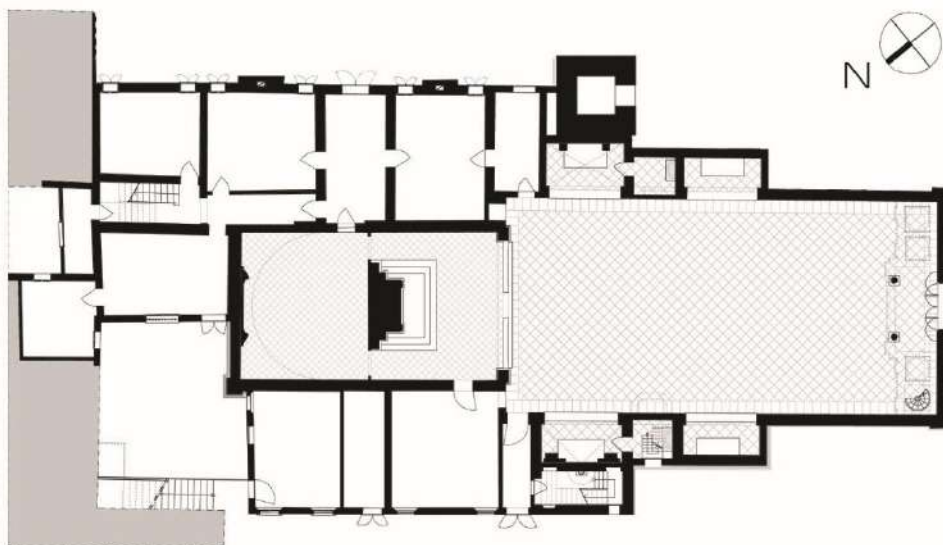
Cenni storici

La costruzione trova le sue origini nella chiesetta denominata Oratorio di San Lorenzo costruito all'inizio del XV secolo. All'inizio del Cinquecento viene costruita una nuova chiesa, accostata al fabbricato esistente, e la torre di guardia che nel 1835 verrà alzata e trasformata nell'attuale campanile. Nel 1605 viene costruita l'attuale navata, in continuazione alla precedente costruzione che ne diventa il presbiterio, decorata con un prezioso soffitto ligneo a lacunari ellittici. Dal 1970 diversi restauri hanno interessato le finiture (intonaci, pavimenti, soffitto a lacunari) e le opere d'arte presenti all'interno e la canonica.

Conformazione architettonica

Oggi il complesso si compone di chiesa, campanile e canonica. La chiesa, in muratura portante, è costituita da un'unica aula con cappelle laterali e dal presbiterio. L'aula presenta un soffitto in legno a cassettoni mentre nelle cappelle e nel presbiterio si trovano volte in muratura. La copertura è costituita da capriate lignee. La facciata, realizzata nella prima metà del '700, ad intonaco e priva di decorazioni (solo geometrie architettoniche dipinte), si contraddistingue per il contorno sagomato di esplicito profilo barocco e per il grande oculo centrale. Il campanile, innalzato nel 1835 a partire dalla cinquecentesca torre di guardia, era in origine isolato mentre oggi si trova in adiacenza alla canonica su due lati. La struttura in muratura è costituita da un basamento, da un fusto con un orologio e da una cella campanaria sormontata da un basso tamburo e da una guglia conica.

Planimetria



Messa in sicurezza

I primi interventi di messa in sicurezza sulla facciata, realizzati nell'immediato post-sisma dai VVF e finalizzati al ripristino della pubblica incolumità, sono consistiti in operazioni di puntellamento e tirantatura per prevenire il possibile ribaltamento del paramento murario sul prospiciente sagrato. La particolare preoccupazione suscitata dalle condizioni del campanile ha poi portato a considerare l'ipotesi di demolizione dello stesso per garantire la sicurezza delle strutture circostanti. Nella scheda di rilievo del danno, in nota, si legge: *"Il campanile è in fase di schiacciamento da sforzo normale, deformazione trasversale e spanciatura con conseguente possibilità di ribaltamento e crollo sulla*

ALLEGATI

chiesa/canonica/strada/case. Molto pericolosa risulterebbe la messa in sicurezza. Si consiglia urgentemente la valutazione dell'eventuale messa in sicurezza oppure della demolizione (VVF ritengono quest'ultima soluzione la più opportuna)".

Per evitare la perdita del bene, la commissione tecnica ha proposto, ancor prima della compilazione della scheda di rilievo del danno, una soluzione che impedisse il possibile ribaltamento della torre campanaria. Il primo intervento provvisorio di puntellamento della torre campanaria, progettato da uno studio professionale e realizzato da una ditta specializzata con estrema urgenza, è stato successivamente autorizzato con l'ordinanza commissariale n.37 del 10/09/2012, per la salvaguardia della pubblica incolumità e per consentire il rientro della popolazione nelle abitazioni agibili. Successivamente, un secondo intervento provvisorio di messa in sicurezza del campanile, finalizzato alla riapertura della viabilità e della zona rossa, è stato autorizzato dall'ordinanza n.137 del 06/11/2013. Infine, a distanza di quattro anni dall'installazione, il ponteggio a tubi e giunti ha richiesto un intervento di manutenzione autorizzato con l'ordinanza n.21 del 08/04/2016.

Intervento definitivo

Il progetto esecutivo dell'intervento di ripristino strutturale della Chiesa di S. Lorenzo di Casumaro e canonica, elaborato a novembre 2015, è stato approvato il 17/01/2019. Il 14/05/2019 è avvenuta l'aggiudicazione dei lavori all'impresa Cooperativa Edile Artigiana. Ad oggi, la pratica per l'avvio del cantiere della chiesa è in fase istruttoria (fonte sito Open ricostruzione – ottobre 2019).

Fonti disponibili per la consultazione	
Rilievo	
Schede di rilievo del danno	✓
Valutazione economica	✓
Messa in sicurezza	
Scheda provvisoria urgente (Allegato 3)	✓
Tavole e relazioni di progetto	✓
Computo metrico	
Intervento definitivo – progetto preliminare	
Tavole e relazioni di progetto	
Computo metrico	
Pareri della Commissione Congiunta	
Intervento definitivo – progetto esecutivo	
Tavole e relazioni di progetto	✓
Computo metrico	✓
Pareri della Commissione Congiunta	
Altre fonti	
Sito web: (Open Ricostruzione, 2019)	✓

B3. AUDITORIUM EX-CHIESA DI SAN LORENZO CENTO (FE)

L'Ex-Chiesa di San Lorenzo, di proprietà della Fondazione Patrimonio degli Studi di Cento, è ubicata in Piazza Cardinale Albertini, a Cento in provincia di Ferrara.

Inquadramento



Cenni storici

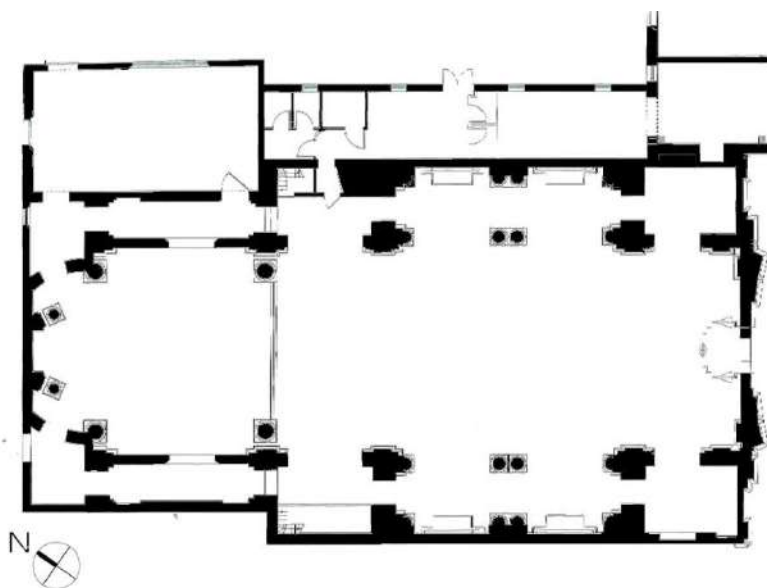
La chiesa di San Lorenzo è opera dell'Architetto Alberto Cavalieri che ne iniziò la costruzione nel 1764 per conto dei Padri della Compagnia di Gesù. I lavori si conclusero nel 1773 ma la prematura soppressione dell'ordine portò velocemente la chiesa in stato di degrado per la mancanza di manutenzione. Nel 1860 fu innalzata la torre su disegno dell'Ingegnere Luigi Bertuzzi. Nel 1914 la chiesa fu chiusa al culto, adibita ad alloggio di truppe nelle due guerre, a deposito militare, magazzino e laboratorio per artigiani, a palestra per le scuole e ad altri usi non consoni al valore del bene. Nel 1962 il crollo del soffitto dovuto allo stato di abbandono del manufatto portò a chiederne la demolizione, negata dalla *Soprintendenza*. Nel 1968 il Patrimonio Studi intraprese una consistente opera di restauro, al termine della quale l'edificio è stato destinato ad Auditorium dedicato a iniziative culturali e rassegne artistiche. In occasione del restauro, concluso nel 1973, fu ricostruita la volta a vela crollata in cemento armato e laterizi e si restaurarono la facciata, le statue

e le decorazioni interne. A partire dal 1996, l'edificio è stato oggetto di altri importanti interventi di restauro con il rifacimento del manto di copertura, la deumidificazione delle murature e il ripristino delle finiture, oltre ad adeguare l'edificio alle vigenti normative per la sicurezza in luoghi di spettacolo. Nel 2009 è diventata sede del MARCS Museo di Arte Religiosa, Sacra e Contemporanea.

Conformazione architettonica

La chiesa è una delle più pregevoli espressioni del barocco bolognese. L'impianto architettonico è costituito da un'ampia sala rettangolare fiancheggiata da cappelle (due per parte) delimitate da colonne binate da cui spiccano due archi a tutto centro, da un presbiterio a pianta quadrata rialzato di tre gradini rispetto al piano della sala, da un'abside curvilinea sormontata da un'ancona riccamente decorata. Il presbiterio è sormontato da una grande cupola emisferica, sul cui culmine è posta una lanterna su pianta circolare ha sei aperture aventi geometria rettangolare. L'interno dell'edificio è ampiamente illuminato da cinque grandi finestroni che conferiscono al complesso un'intensa luminosità naturale. Il campanile si caratterizza per la cella campanaria, a pianta ottagonale, con quattro colonne circolari, leggermente rastremate, posizionate nei vertici del quadrato che circoscrive l'ottagono. Sui lati paralleli insistono quattro grandi aperture aventi geometria ad arco a tutto sesto. La struttura è stata realizzata in muratura di mattoni pieni, dalla tessitura muraria fatta di corsi irregolari e mattoni tagliati. La trabeazione della cella campanaria ha funzione di appoggio per la copertura: all'interno della trabeazione è inserita una catena di cerchiaggio in acciaio a sezione rettangolare, collegata ai sottostanti capitelli e colonne. I capitelli sono in stile ionico, realizzati in malta cementizia.

Planimetria



Messa in sicurezza

L'incombenza del campanile, alto 34 metri, sul vicino edificio scolastico, rendeva la situazione alquanto pericolosa e delicata. Era dunque necessario intervenire immediatamente per mitigare il rischio di crollo della cella campanaria. Per prima cosa, si è cercato di restituire solidità e compattezza alla cella collegando murature, colonne e copertura. Con l'ausilio del manuale STOP dei VVF è stata eseguita, previa controventatura dei vani finestra, la cerchiatura dell'intera cella campanaria con cavi ed angolari di acciaio mentre le colonne su cui poggiava la copertura sono state opportunamente ancorate alle pareti della cella con fasce di tessuto. In seguito alla scossa del 29 maggio è poi stato necessario mettere in sicurezza l'intero campanile mediante l'installazione di un ponteggio strutturale che fungesse da struttura di sostegno ma che potesse essere utilizzato anche per i lavori di consolidamento e restauro. La seconda scossa ha reso necessario anche un secondo intervento rivolto alla messa in sicurezza della lanterna attraverso la realizzazione di opportune cerchiature alle finestre e la messa in opera di piastre e tiranti d'acciaio per evitare che le murature si aprissero.

Intervento definitivo

Passata l'emergenza, vengono avanzate le prime proposte progettuali per il restauro e il miglioramento sismico dell'intero complesso. In prima istanza, la *Soprintendenza* ha autorizzato gli interventi sulla lanterna mentre ha ritenendo però troppo invasivi quelli sul campanile. Per questo motivo ha rilasciato il nulla osta autorizzando solo lo smontaggio della cella campanaria con accantonamento in cantiere del materiale smontato in attesa di trovare la soluzione più opportuna sia dal punto di vista strutturale che di conservazione. Con Prot. 111 del 13/11/2012, recepito con PC 21055 del 14/11/2012, la fondazione comunicava al MIBACT l'avvenuta consegna dei lavori in data 13/11/2012 e con Prot. 4/2013, recepito con PC 403 del 10/01/2013, la fondazione comunicava al MIBACT la previsione di iniziare i lavori il 18/01/2013. Gli interventi sulla lanterna e sulla torre campanaria sono stati eseguiti dalla stessa ditta Restauri Innovativi Tecnologici S.r.l. sotto la direzione ancora dell'Ingegnere Pellegrino Dolgetta, l'assistenza del prof. Ingegnere Andrea Benedetti (Università di Bologna) e la supervisione della *Soprintendenza*.

Fonti disponibili per la consultazione	
Rilievo	
Schede di rilievo del danno	✓
Valutazione economica	✓
Messa in sicurezza	
Scheda provvisoria urgente (Allegato 3)	✓
Tavole e relazioni di progetto	✓
Computo metrico	✓
Intervento definitivo – progetto preliminare	
Tavole e relazioni di progetto	✓
Computo metrico	✓
Pareri della Commissione Congiunta	✓

ALLEGATI

Intervento definitivo – progetto esecutivo	
Tavole e relazioni di progetto	
Computo metrico	
Pareri della Commissione Congiunta	
Altre fonti	

B4. CHIESA DI SAN FILIPPO NERI CENTO (FE)

La Chiesa di San Filippo Neri, di proprietà ecclesiastica (Arcidiocesi di Bologna), è ubicata in Corso del Guercino n.21, a Cento in provincia di Ferrara.

Inquadramento



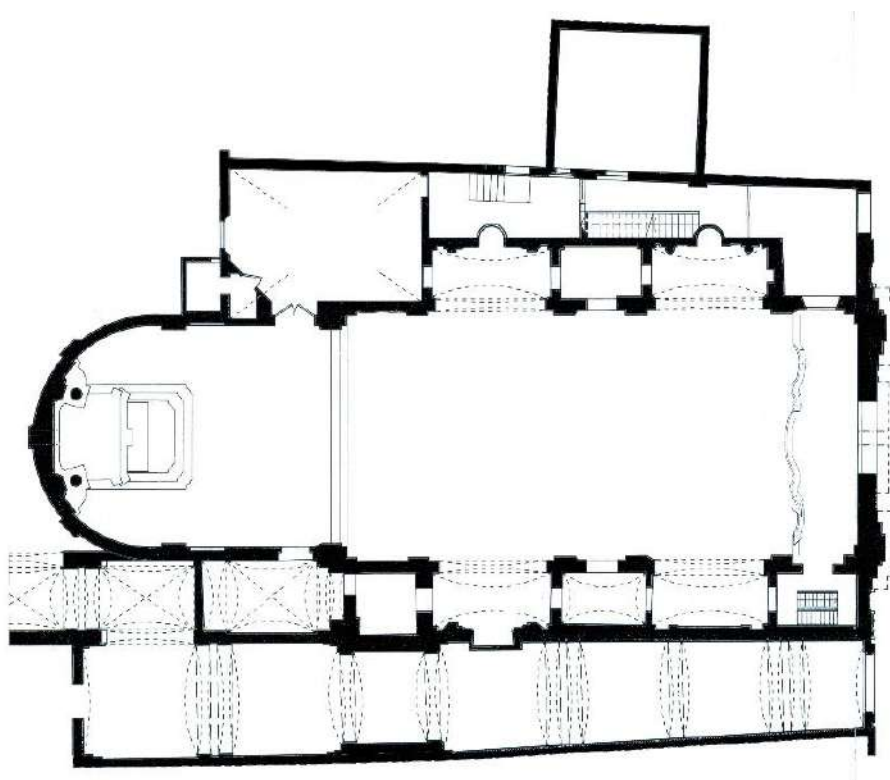
Cenni storici

Nel 1683 la Congregazione degli Oratoriani di Cento fece costruire una prima chiesa intitolata a San Filippo. La chiesetta divenne ben presto insufficiente per accogliere i fedeli e pertanto già nel 1686 padre Floriano Troni la fece ampliare. Contestualmente fece erigere il convento che sarà completato nel 1768. Il campanile venne progettato dall'architetto centese Girolamo Guidicini e costruito tra il 1687 e il 1778. Alla fine del XVII secolo l'interno venne ristrutturato dall'architetto Giuseppe Antonio Torri, su modello della Chiesa della Madonna di Galliera di Bologna. L'attuale facciata venne realizzata nel 1760 su progetto dell'architetto centese Pietro Alberto Cavalieri. Fra il 1836 e il 1846 si realizzò un importante restauro che portò alla trasformazione degli altari laterali. Dal 1861, con la soppressione degli Oratoriani la chiesa venne usata per l'acquartieramento delle truppe. Nel 1866 il convento divenne di proprietà demaniale. L'ultimo restauro risale al 1981.

Conformazione architettonica

La chiesa dedicata a San Filippo Neri si inserisce all'intero lungo il profilo degli edifici adiacenti, svettando rispetto alle abitazioni vicine per il suo sontuoso timpano. Il complesso è costituito dalla chiesa, nell'angolo nord-est il campanile e l'ex convento, a sud-ovest altri edifici adibiti ad uso pubblico e commerciale. La struttura è in mattoni pieni rivestiti, lungo la facciata, da pietra bianca vicentina mentre la parte superiore e il resto della chiesa è intonacato. In pianta, l'edificio ad aula presenta un'unica navata con due cappelle per lato, privo di transetto (con la cantoria che occupa la controfacciata). La navata centrale è sormontata da volte a crociera e a botte, intervallate da archi con catene metalliche. Le cappelle sono ricoperte da volte in muratura in foglio. L'abside semicircolare è coperto da un catino absidale semi-cupolare costruito da volte in muratura intervallate da frenellature radiali. Al di sopra, la copertura è costituita da capriate lignee e da due ordini di travi e tavelloni di riempimento. Il campanile, addossato a lato del copro principale della chiesa, si trova in posizione arretrata. Si riconosce la torre campanaria a cui si accede mediante delle scale lignee. La parte iniziale risulta coeva alla chiesa mentre la cella campanaria risale a epoca successiva.

Planimetria



Messa in sicurezza

Con estrema urgenza (nelle 72 ore successive all'evento sismico) i VVF hanno realizzato una cerchiatura in cavi di acciaio della parte superiore della facciata e una centinatura in legno degli archi dell'aula.

Intervento definitivo

Espresso parere favorevole in data 26/05/2015, la *Commissione Congiunta* ha approvato il progetto preliminare. Nel 2017 viene presentato il progetto esecutivo per "Lavori di riparazione e ripristino con miglioramento sismico a seguito del sisma del maggio 2012". Ad oggi, il cantiere della chiesa è ancora da avviare, ma il contributo economico è già stato assegnato (fonte sito Open ricostruzione – ottobre 2019).

Fonti disponibili per la consultazione	
Rilievo	
Schede di rilievo del danno	✓
Valutazione economica	✓
Messa in sicurezza	
Scheda provvisoria urgente (Allegato 3)	✓
Tavole e relazioni di progetto	
Computo metrico	✓
Intervento definitivo – progetto preliminare	
Tavole e relazioni di progetto	
Computo metrico	
Pareri della Commissione Congiunta	
Intervento definitivo – progetto esecutivo	
Tavole e relazioni di progetto	✓
Computo metrico	✓
Pareri della Commissione Congiunta	
Altre fonti	
Sito web: (Open Ricostruzione, 2019)	✓
Sito web: (Le Chiese delle Diocesi Italiane, 2019)	✓

B5. CHIESA DI SANT'ANNA RENO CENTESE (FE)

La Chiesa di Sant'Anna, di proprietà dell'Arcidiocesi di Bologna, è ubicata in Via Chiesa 89, nel centro dell'abitato di Reno Centese, in provincia di Ferrara.

Inquadramento



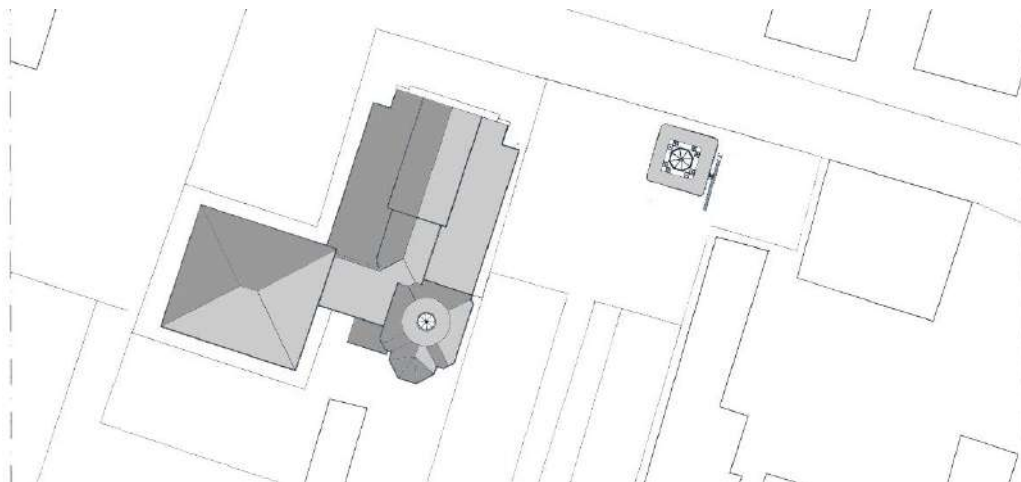
Cenni storici

La costruzione della chiesa parrocchiale risale alla fine del XVIII secolo, poi ampliata tra il 1849 e il 1851 per la crescente importanza che andava acquisendo la parrocchia di Reno Centese. Tra il 1866 e il 1871 venne aggiunto il fabbricato della canonica, nel 1880 quello della sagrestia e nel 1884 una nuova cappella. Nel 1874 il campanile, allora inglobato nella chiesa, fu colpito da un fulmine e gravemente danneggiato: otto anni dopo si avviarono i lavori per edificare una nuova torre campanaria, distaccata dalla chiesa per evitare simili eventi. Tra il 1980 e il 2010 vengono fatti alcuni lavori di manutenzione sulle coperture, sulla facciata e viene aggiunto un piccolo corpo di fabbrica sul retro. Nel 2011 vengono avviati lavori di ritinteggiatura del campanile, per i quali viene installato il ponteggio presente al momento dell'evento sismico.

Conformazione architettonica

La chiesa parrocchiale di Sant'Anna è parte di una aggregazione di volumi che comprende la chiesa e la canonica. La chiesa presenta un impianto longitudinale, a tre navate, orientata a sud. La facciata a salienti è in muratura intonacata e tinteggiata in colore ocra rossa. Il prospetto centrale è connotato dalla presenza di quattro lesene, con capitello tuscanico, che sorreggono un cornicione modanato e il timpano. Ai lati sbordano i volumi delle navate laterali, raccordate al prospetto centrale mediante salienti. Il presbiterio è sormontato da una cupola con lanterna e termina con un abside poligonale. A est della chiesa sorge, staccato, il campanile. L'attuale torre si colloca nel centro della piazza e presenta una struttura a pianta quadrata, alta circa 29 metri, in muratura piena a tre teste, con tessitura regolare e orizzontale. Dal basamento troncoconico si innalza il fusto con cornici aggettanti e lesene angolari a formare riquadrature in cui si aprono aperture circolari. La cella, ospitante al suo interno quattro campane, presenta quattro grandi aperture ad arco e si conclude con una guglia conica.

Planimetria



Messa in sicurezza

Nell'immediato post-sisma, considerato il rischio elevato di collasso della struttura, è stata delimitata un'ampia zona rossa all'interno della quale è stata inibita ogni attività, compresa l'agibilità delle abitazioni. Ostaggi del loro campanile, gli abitanti di Reno Centese premevano per il rapido ripristino delle caratteristiche statiche della struttura in modo da poter garantire la sicurezza e l'incolumità pubblica soprattutto in caso di successive scosse sismiche. Nel mese di giugno, la Direzione Regionale per i Beni Culturali e Paesaggistici dell'Emilia Romagna ha approvato gli interventi

preliminari proposti dalla Commissione Tecnica: le operazioni sono state svolte in estrema urgenza con il supporto dei VVF. L'Ordinanza Commissariale n.37 del 10/09/2012 ha autorizzato i lavori di messa in sicurezza del campanile.

Intervento definitivo

Nel 2016, il progetto preliminare ha proposto due possibili alternative per il consolidamento strutturale del campanile. La prima ipotesi mantiene la struttura nell'attuale configurazione dislocata, realizzando dei contrafforti di sostegno, per ripristinare la corretta distribuzione dei carichi a terra, e una struttura metallica interna, per migliorare il comportamento rispetto alle azioni sismiche. La seconda ipotesi mira al ripristino della verticalità del campanile mediante rototraslazione della parte superiore e successivo rinforzo con materiali compositi.

Sebbene inizialmente fosse stata preferita la prima alternativa, in occasione della *Commissione Congiunta* del 14/12/2016 sono emerse notevoli difficoltà realizzative che hanno fatto propendere per la seconda soluzione, sulla base della quale è stato elaborato il progetto definitivo.

A marzo 2017, il progetto viene sottoposto alla *Commissione Congiunta* che richiede integrazioni su aspetti strutturali e di tutela al fine di calibrare opportunamente il consolidamento per evitare eccessive perturbazioni della muratura originale e concentrazioni locali di tensioni.

Ad ottobre del 2019, la pratica per l'avvio del cantiere del campanile risulta in fase istruttoria, mentre il cantiere della

Fonti disponibili per la consultazione	
Rilievo	
Schede di rilievo del danno	✓
Valutazione economica	✓
Messa in sicurezza	
Scheda provvisoria urgente (Allegato 3)	✓
Tavole e relazioni di progetto	✓
Computo metrico	✓
Intervento definitivo – progetto preliminare	
Tavole e relazioni di progetto	
Computo metrico	
Pareri della Commissione Congiunta	
Intervento definitivo – progetto esecutivo	
Tavole e relazioni di progetto	✓
Computo metrico	✓
Pareri della Commissione Congiunta	
Altre fonti	
Sito web: (Open Ricostruzione, 2019)	✓
Sito web: (Le Chiese delle Diocesi Italiane, 2019)	✓

B6. CHIESA DI SAN MICHELE ARCANGELO

BOMPORTO (MO)

La Chiesa di San Michele Arcangelo, di proprietà dell'Arcidiocesi di Modena-Nonantola, si trova in via Panaria Bassa 50, a Bomporto (MO), località Solara, in provincia di Modena.

Inquadramento



Cenni storici

Chiesa e campanile risalgono al XVI secolo, mentre successivi sono la canonica e il fabbricato accessorio, costruito sul retro, risalenti XIX secolo.

Conformazione architettonica

Il complesso è composto dalla chiesa, ad un'unica navata con cappelle laterali aggettanti rispetto al corpo longitudinale. Sul lato nord del catino absidale si erge l'esile campanile. La canonica sorge accostata al corpo della chiesa, sempre sul lato nord.

Planimetria

Non è stato possibile reperire la planimetria del complesso.

Messa in sicurezza

Dopo l'iniziale messa in sicurezza della facciata, operato dai VVF nell'immediato post-sisma (05/12/2012), a giugno 2013 viene richiesta l'autorizzazione alla spesa per un secondo intervento di messa in sicurezza, al fine di salvaguardare la pubblica incolumità. Nello specifico, sono state eseguite delle opere di somma urgenza sul campanile della chiesa.

Intervento definitivo

Non è stato possibile reperire informazioni relative al progetto di consolidamento definitivo. La pratica per l'avvio del cantiere della chiesa e del campanile è in fase istruttoria (fonte sito Open ricostruzione – ottobre 2019).

Fonti disponibili per la consultazione	
Rilievo	
Schede di rilievo del danno	✓
Valutazione economica	✓
Messa in sicurezza	
Scheda provvisoria urgente (Allegato 3)	✓
Tavole e relazioni di progetto	
Computo metrico	✓
Intervento definitivo – progetto preliminare	
Tavole e relazioni di progetto	
Computo metrico	
Pareri della Commissione Congiunta	
Intervento definitivo – progetto esecutivo	
Tavole e relazioni di progetto	
Computo metrico	
Pareri della Commissione Congiunta	
Altre fonti	
Sito web: (Open Ricostruzione, 2019)	✓

B7. ORATORIO DI SAN ROCCO BOMPORTO (MO)

L'oratorio di San Rocco, di proprietà dell'Arcidiocesi di Modena-Nonantola, è situato in via G. Borsari, 156, a Bomporto, località Solara, in provincia di Modena.

Inquadramento



Cenni storici

Chiesa e campanile risalgono al XVIII secolo.

Conformazione architettonica

L'oratorio di modeste dimensioni sorge isolato ed è costituito da un impianto semplice. Il campanile, sormontato da una copertura a guglia, si erge sul fianco Sud dell'oratorio.

ALLEGATI

Planimetria

Non è stato possibile reperire la planimetria del complesso.

Messa in sicurezza

A giugno 2013 vien richiesta l'autorizzazione, al fine di salvaguardare la pubblica incolumità per opere di somma urgenza sul campanile dell'Oratorio.

Intervento definitivo

Non è stato possibile reperire informazioni relative al progetto di consolidamento definitivo. La pratica per l'avvio del cantiere della chiesa deve essere ancora richiesta (fonte sito Open ricostruzione – ottobre 2019).

Fonti disponibili per la consultazione	
Rilievo	
Schede di rilievo del danno	✓
Valutazione economica	✓
Messa in sicurezza	
Scheda provvisoria urgente (Allegato 3)	✓
Tavole e relazioni di progetto	
Computo metrico	✓
Intervento definitivo – progetto preliminare	
Tavole e relazioni di progetto	
Computo metrico	
Pareri della Commissione Congiunta	
Intervento definitivo – progetto esecutivo	
Tavole e relazioni di progetto	
Computo metrico	
Pareri della Commissione Congiunta	
Altre fonti	
Sito web: (Open Ricostruzione, 2019)	✓

B8. CHIESA DI SAN NICOLÒ DA BARI BOMPORTO (MO)

La Chiesa di San Nicolò da Bari, di proprietà dell'Arcidiocesi di Modena-Nonantola, si affaccia su Piazza Roma a Bomporto, in provincia di Modena.

Inquadramento



Cenni storici

La chiesa risale al 1609 e sorge non lontano dalla casa detta la *conventina*, sede della comunità di Padri Serviti fino al 1769. Nella prima metà dell'ottocento la chiesa venne restaurata e, in quell'occasione, fu aggiunto il vestibolo neoclassico. Il vestibolo fu infatti costruito nel 1837 su progetto di Gusmano Soli, esponente di rilievo della cultura architettonica della Restaurazione austro-estense.

Conformazione architettonica

La fabbrica presenta una suddivisione interna a tre navate. La facciata della chiesa è caratterizzata da un vestibolo a colonne coronato da timpano di linee neoclassiche. La navata centrale presenta una copertura con volte a crociera. Il

ALLEGATI

campanile è stato costruito affiancato alla zona absidale. La struttura della chiesa è costruita in adiacenza ad altri edifici in muratura.

Planimetria

Non è stato possibile reperire la planimetria del complesso.

Messa in sicurezza

Chiesa, canonica e campanile sono stati resi inagibili per i danni riportati in conseguenza degli eventi sismici e la zona è stata interclusa per pubblica incolumità. Solo dopo le prime opere di messa in sicurezza della chiesa è stato possibile accedere in sicurezza a parte del campanile e valutare le possibili soluzioni di intervento. Una volta rimosso il pericolo esterno indotto dal campanile è stato possibile ripristinare l'agibilità anche sull'adiacente chiesa.

Intervento definitivo

Non è stato possibile reperire informazioni relative al progetto di consolidamento definitivo. Ad oggi, il cantiere della chiesa è stato completato (fonte sito Open ricostruzione – ottobre 2019).

Fonti disponibili per la consultazione	
Rilievo	
Schede di rilievo del danno	✓
Valutazione economica	✓
Messa in sicurezza	
Scheda provvisoria urgente (Allegato 3)	✓
Tavole e relazioni di progetto	
Computo metrico	✓
Intervento definitivo – progetto preliminare	
Tavole e relazioni di progetto	
Computo metrico	
Pareri della Commissione Congiunta	
Intervento definitivo – progetto esecutivo	
Tavole e relazioni di progetto	
Computo metrico	
Pareri della Commissione Congiunta	
Altre fonti	
Sito web: (Open Ricostruzione, 2019)	✓

B9. CHIESA DI SANT'EGIDIO ABATE CAVEZZO (MO)

La Chiesa di Sant'Egidio Abate, di proprietà dell'Arcidiocesi di Modena-Nonantola, si trova in Piazza Don G. Zucchi a Cavezzo, in provincia di Modena.

Inquadramento



Cenni storici

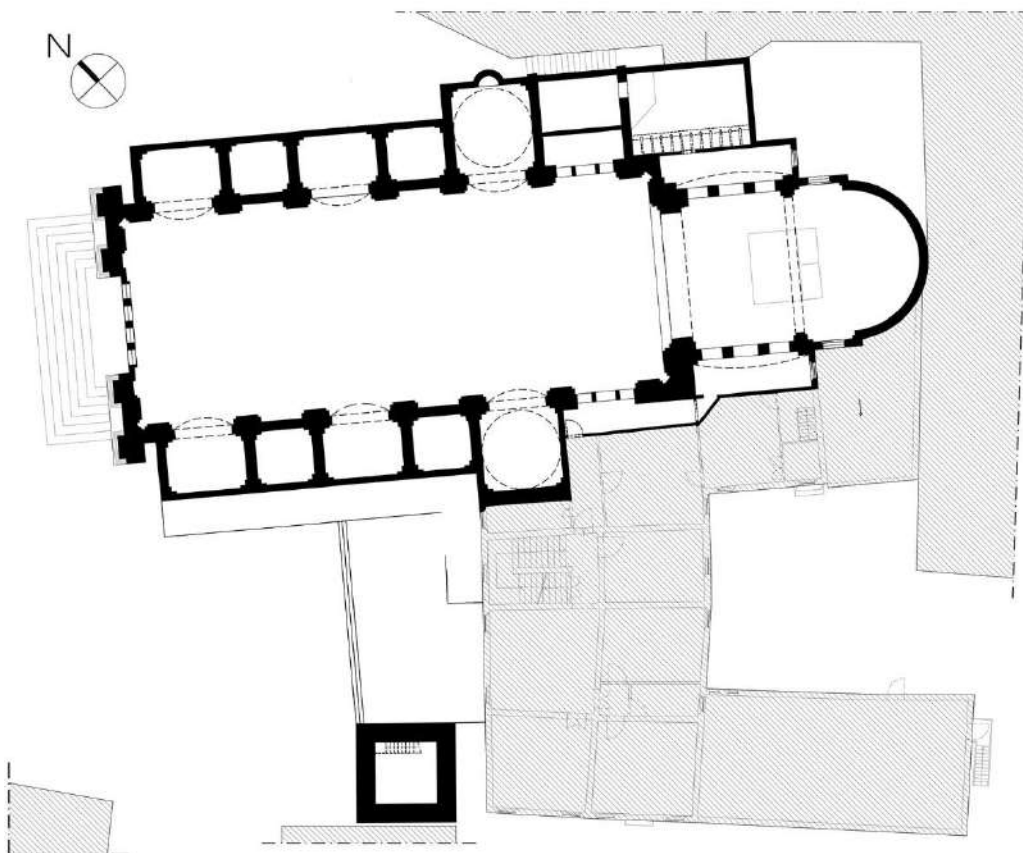
La chiesa di Cavezzo ha le sue origini in un antico oratorio risalente al XII secolo. Nel 1352 viene elevata a rettoria con fonte battesimale e, nel 1641, ad arcipretura. Già ricostruita nel 1620 e nel 1748, agli inizi del '900 la struttura originaria versava in condizioni tali da rendere necessaria la demolizione. Tra il 1909 e il 1912 viene costruita la nuova parrocchia con forme eclettiche neorinascimentali.

Conformazione architettonica

La chiesa nuova è caratterizzata dalla maestosa facciata ad arco trionfale in laterizio scandita da quattro lesene di ordine gigante impostate al di sopra di un alto basamento, che sorreggono un timpano con cornicione di notevole aggetto.

All'interno, sulla navata centrale, voltata a botte, si affacciano tre cappelle per lato, alternate ad una travata ritmica di lesene. L'ultimo radicale restauro risale all'inizio degli anni '80. La torre campanaria, a base quadrata e in mattoni faccia a vista, è stata ricostruita nel 1781 e risanata nel 1921. La cella campanaria è interamente costruita a mattoni, ad un'unica arcata con balaustra. Nel 1830 la cupola è stata sostituita dall'attuale guglia conica a base ottaedrica.

Planimetria



Messa in sicurezza

A giugno 2016 la Commissione tecnica propone una soluzione per la messa in sicurezza del campanile in modo da poter procedere rapidamente con la stesura, da parte di professionisti incaricati, di un progetto esecutivo e di un piano della sicurezza congruenti e con l'appalto e l'esecuzione dei lavori, al fine di rendere agibili nel minor tempo possibile le aree

circostanti all'edificio. In contemporanea, lo studio modenese Architetture s.r.l. viene incaricato di redigere il progetto di messa in sicurezza della facciata e del campanile al fine di fronteggiare nuove possibili scosse scongiurando nuovi danni e impedendo il crollo delle parti già danneggiate. In data 25/06/2012, l'Unità Pastorale di Cavezzo comunica alla *Soprintendenza* l'avvio dei lavori per la realizzazione delle opere provvisionali.

Intervento definitivo

Ad aprile 2014 viene consegnato il progetto preliminare per i "lavori di ripristino con miglioramento sismico della chiesa parrocchiale di S. Egidio Abate". Il 6 agosto 2014, la *Commissione Congiunta* esprime parere favorevole con prescrizioni, mostrando perplessità sull'efficacia dell'intervento con fibre per il rinforzo del campanile in considerazione della gravità del quadro fessurativo e degli elevati spessori murari. Il cantiere risulta ad oggi completato (fonte sito Open ricostruzione – ottobre 2019).

Fonti disponibili per la consultazione	
Rilievo	
Schede di rilievo del danno	✓
Valutazione economica	✓
Messa in sicurezza	
Scheda provvisoria urgente (Allegato 3)	✓
Tavole e relazioni di progetto	✓
Computo metrico	✓
Intervento definitivo – progetto preliminare	
Tavole e relazioni di progetto	✓
Computo metrico	✓
Pareri della Commissione Congiunta	✓
Intervento definitivo – progetto esecutivo	
Tavole e relazioni di progetto	
Computo metrico	
Pareri della Commissione Congiunta	
Altre fonti	
Sito web: (Open Ricostruzione, 2019)	✓

B10. CHIESA DELLA BEATA VERGINE DEL ROSARIO

FINALE EMILIA (MO)

La Chiesa della Beata Vergine del Rosario, di proprietà del Demanio Pubblico dello Stato, è ubicata in Via Oberdan (Angolo Costa/Ventura), sul margine nord-occidentale del centro antico di Finale Emilia in provincia di Modena.

Inquadramento



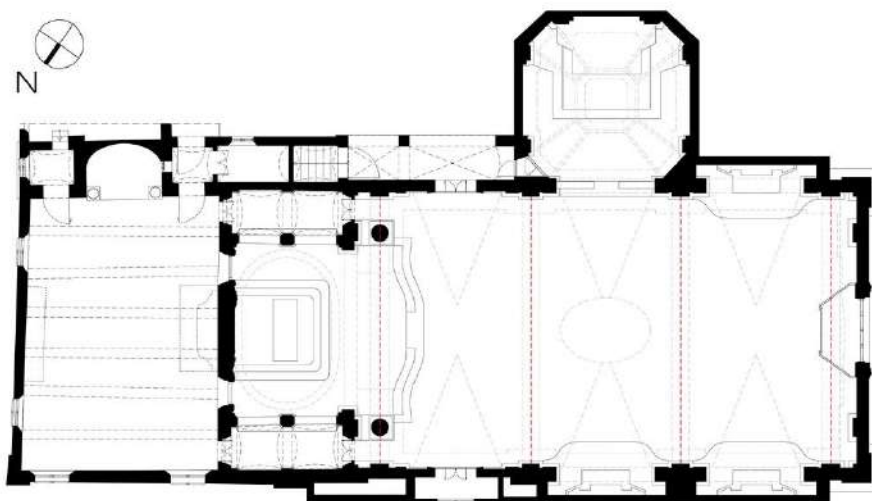
Cenni storici

Il corpo di fabbrica principale risale al 1580, edificato sui bordi della cinta fortificata secondo le giaciture del tessuto del nucleo antico. Verso la metà del XVII la chiesa subisce un allungamento, che trasla l'altare di circa una campata. Risalgono a questo periodo anche l'edificazione del volume retrostante su due livelli (Sagrestia e la sala della Confraternita) ed il corpo di servizio con le abitazioni per il sagrestano, il maestro di cappella, l'organista e il custode. Nel 1799, durante l'invasione napoleonica, la chiesa viene destinata a caserma e, successivamente, a stalla per cavalli. Nei primi decenni dell'Ottocento (1828-1838) inizia così un nuovo ciclo di restauri, in cui viene rifatta anche la facciata (che sarà successivamente rimaneggiata nel 1890). Nel 1856 viene edificato l'attuale campanile sull'angolo nord-orientale del complesso compreso l'impianto di campane poi sarà poi asportato durante l'ultima guerra.

Conformazione architettonica

La chiesa ha forma planimetrica regolare (rettangolare, nello specifico) con l'unica eccezione morfologica costituita dalla Cappella del Carmine, ottenuta in un volume autonomo a pianta ottagonale che fuoriesce dal perimetro murario sul fronte rivolto ad est. L'aula, coperta da volta a botte in arellato, è affiancata da quattro cappelle disposte simmetricamente, mentre il fondo è occupato dal presbitero e dall'Altare maggiore. La facciata principale ha un impaginato architettonico piuttosto modesto di evidente derivazione neorinascimentale che cela un allestimento interno scenografico di gusto e teatralità barocca. Il campanile è stato edificato nel 1856, sull'angolo nord-orientale del complesso compreso l'impianto di campane poi sarà poi asportato durante l'ultima guerra. La torre campanaria a pianta quadrata, inglobata nella struttura della chiesa, è alta 24 metri e si conclude con una cuspidi piramidale.

Planimetria



Messa in sicurezza

Nell'immediato post-sisma, ancor prima della compilazione delle schede di rilievo del danno, il Comune di Finale Emilia, in collaborazione con la Protezione Civile, ha progettato e avviato i lavori di pronto intervento per la messa in sicurezza delle strutture in elevazione (facciata e campanile) della Chiesa del Rosario, al fine di impedirne il crollo e ripristinare la viabilità del centro storico. Successivamente, l'ordinanza commissariale n.27 del 23/08/2012 ha autorizzato i lavori di messa in sicurezza del campanile e della facciata della chiesa, permettendo il rientro nelle abitazioni delle aree circostanti.

ALLEGATI

Successivamente, il 14/10/2013 è stato approvato il progetto definitivo-esecutivo per l'intervento provvisorio di messa in sicurezza definitiva della copertura, al fine di ripristinare la funzione pubblica dell'edificio e ad evitare la compromissione del Bene stesso.

Intervento definitivo

Il progetto preliminare è stato valutato dalla *Commissione Congiunta*, in data 03/06/2015, la quale ha richiesto alcune integrazioni “*in quanto gli elaborati presenti non consentono una conoscenza dell'immobile tale da permettere l'espressione completa del parere*”. Si denota infatti una scarsa considerazione dello stato di fatto del manufatto e degli interventi già realizzati in fase di messa in sicurezza. Il progetto viene ripresentato con gli opportuni approfondimenti e, in data 15/07/2015, la *Commissione Congiunta* esprime parere favorevole con indicazioni relative ad alcuni interventi sulla chiesa.

A febbraio 2016 viene presentato il progetto definitivo che riceve l'autorizzazione della *Soprintendenza* ma anche la richiesta di integrazioni relative all'intervento sul campanile da parte della *Commissione Congiunta*. Nello specifico si rende necessario presentare un maggior dettaglio dei particolari costruttivi relativi ai punti di raccordo tra le varie parti del telaio metallico che verrà inserito all'interno della struttura. Le integrazioni al progetto vengono presentate nel mese di agosto 2017 e ricevono parere favorevole da parte della *Soprintendenza* e della *Commissione*. Il cantiere della chiesa è da avviare, ma il contributo economico è stato assegnato (fonte sito Open ricostruzione – ottobre 2019).

Fonti disponibili per la consultazione	
Rilievo	
Schede di rilievo del danno	✓
Valutazione economica	✓
Messa in sicurezza	
Scheda provvisoria urgente (Allegato 3)	✓
Tavole e relazioni di progetto	✓
Computo metrico	✓
Intervento definitivo – progetto preliminare	
Tavole e relazioni di progetto	
Computo metrico	
Pareri della Commissione Congiunta	✓
Intervento definitivo – progetto esecutivo	
Tavole e relazioni di progetto	
Computo metrico	
Pareri della Commissione Congiunta	
Altre fonti	
Sito web: (Open Ricostruzione, 2019)	✓

B11. CHIESA DI SAN BARTOLOMEO

FINALE EMILIA (MO)

La Chiesa di San Bartolomeo, di proprietà demaniale, è situata in Piazza Garibaldi a Finale Emilia, in provincia di Modena.

Inquadramento



Cenni storici

La chiesa fu realizzata nel 1504 per volere della Confraternita della Morte, che aveva il compito di assistere gli infermi e accogliere i pellegrini. Fu consacrata dal cardinale Ippolito d'Este il 26 agosto 1518, come riportato su un'epigrafe incisa su una pietra nella sagrestia. L'impianto odierno risale alla metà del Settecento. La facciata è costituita da un portico formato da quattro colonne in stile dorico. La nicchia che lo sovrasta ospita una statua in terracotta di San Bartolomeo a tutto tondo, risalente al 1750. Il campanile, che si eleva di pochi metri al sopra dell'edificio, è di epoca cinquecentesca.

Conformazione architettonica

ALLEGATI

La chiesa sorge in adiacenza ad altri fabbricati. L'impianto della chiesa è costituito da un'unica navata centrale, terminate con abside semicircolare, e da quattro cappelle laterali, sporgenti rispetto al corpo longitudinale. La facciata è costituita da un ampio quadriportico. Il campanile si innesta a lato della zona absidale della chiesa.

Planimetria

Non è stato possibile reperire la planimetria del complesso.

Messa in sicurezza

Nell'immediato post-sisma, i VVF hanno provveduto alla realizzazione di opere di sostegno alla facciata e dell'arco trionfale.

Intervento definitivo

Non è stato possibile reperire informazioni relative al progetto di consolidamento definitivo.

Fonti disponibili per la consultazione	
Rilievo	
Schede di rilievo del danno	✓
Valutazione economica	✓
Messa in sicurezza	
Scheda provvisoria urgente (Allegato 3)	✓
Tavole e relazioni di progetto	✓
Computo metrico	✓
Intervento definitivo – progetto preliminare	
Tavole e relazioni di progetto	
Computo metrico	
Pareri della Commissione Congiunta	
Intervento definitivo – progetto esecutivo	
Tavole e relazioni di progetto	
Computo metrico	
Pareri della Commissione Congiunta	
Altre fonti	

B12. CHIESA DI SAN LUCA EVANGELISTA MEDOLLA (MO)

L'edificio, di proprietà dell'Arcidiocesi di Modena e Nonantola, è situato in Via Camurana 29, nel Comune di Medolla, località Camurana, in provincia di Modena.

Inquadramento



Cenni storici

La chiesa di Camurana è probabilmente una delle più antiche della *Bassa* modenese; gli storici fanno risalire il primo insediamento già al VI secolo d.C., cioè all'epoca della dominazione Longobarda. L'edificio religioso fu intitolato all'Evangelista San Luca a partire dal 1439, come confermato da una Carta dell'Epoca. Nel corso dei secoli la chiesa fu ricostruita più volte, l'ultima delle quali nella seconda metà del Settecento, con solenne inaugurazione avvenuta nel 1783, quando fu consacrata da Monsignor Francesco Maria d'Este, Abate di Nonantola. Tale è l'assetto della chiesa quale è giunto fino ai giorni nostri.

Conformazione architettonica

L'architettura è settecentesca, piuttosto elegante e slanciata nella facciata a timpano e paraste. L'interno si presenta ampio, ad un'unica navata con quattro cappelle per lato, coro semicircolare e decori in stucco, che comprendono pure altari ed ancone in scagliola. Un alto cornicione percorre tutto il perimetro interno, oltre il quale vi è la copertura a volta con gli archi ribassati che si allineano con le paraste in aggetto delle cappelle sottostanti. L'interno della chiesa presenta una ricca decorazione pittorica parietale che riveste tutte le superfici interne, verticali e orizzontali. Entro una nicchia nell'abside, in posizione centrale far le due finestre, è collocata una statua policroma raffigurante l'Evangelista San Luca.

Planimetria

Non è stato possibile reperire la planimetria del complesso.

Messa in sicurezza

Il 17/12/2012, viene chiesta l'autorizzazione, approvata con le Ordinanze Commissariali n.32 del 19/03/2013 e n.137 del 06/11/2013, per l'intervento provvisorio urgente di messa in sicurezza dell'edificio della chiesa, consistente nell'esecuzione di strutture prefabbricate finalizzate alla tutela del Bene storico-artistico. Il 15/07/2014 viene chiesta l'autorizzazione, approvato con Ordinanza Commissariale n.80 del 2014, per un nuovo intervento provvisorio per portare a termine l'intervento di impacchettamento.

Intervento definitivo

In data 19/06/2014, esaminata la documentazione del progetto preliminare, ritengono che gli interventi proposti non siano condivisibili e pertanto convocano i progettisti incaricati per un incontro.

Il 17/02/2015, l'esame della nuova documentazione, opportunamente integrata alla luce delle considerazioni emerse durante l'incontro, ottiene parere favorevole da parte della Commissione.

Il 24/01/2017, La *Commissione Congiunta* esprime parere negativo al progetto esecutivo in quanto una parte importante degli interventi previsti (soprattutto quelli proposti in copertura e sul campanile) "*risultano eccessivi, non ottimali in termini di rapporto costi/benefici e non improntati al criterio del minimo intervento*". Il 24/07/2017, il nuovo progetto esecutivo viene sottoposto al parere della Commissione, ottenendo ancora esito negativo: i progettisti vengono nuovamente invitati al confronto con i membri della Commissione. La pratica per l'avvio del cantiere della chiesa è tuttora in fase istruttoria (fonte sito Open ricostruzione – ottobre 2019).

Fonti disponibili per la consultazione	
Rilievo	
Schede di rilievo del danno	✓
Valutazione economica	✓

Messa in sicurezza	
Scheda provvisoria urgente (Allegato 3)	✓
Tavole e relazioni di progetto	
Computo metrico	
Intervento definitivo – progetto preliminare	
Tavole e relazioni di progetto	
Computo metrico	
Pareri della Commissione Congiunta	
Intervento definitivo – progetto esecutivo	
Tavole e relazioni di progetto	
Computo metrico	
Pareri della Commissione Congiunta	
Altre fonti	
Sito web: (Open Ricostruzione, 2019)	✓

B13. CHIESA DEI SS SENESIO E TEOPOMPO MARTIRI MEDOLLA (MO)

La Chiesa dei Santi Senesio e Teopompo martiri, di proprietà dell'Arcidiocesi di Modena-Nonantola, si trova in Piazza S. D'Acquisto a Medolla, in provincia di Modena.

Inquadramento



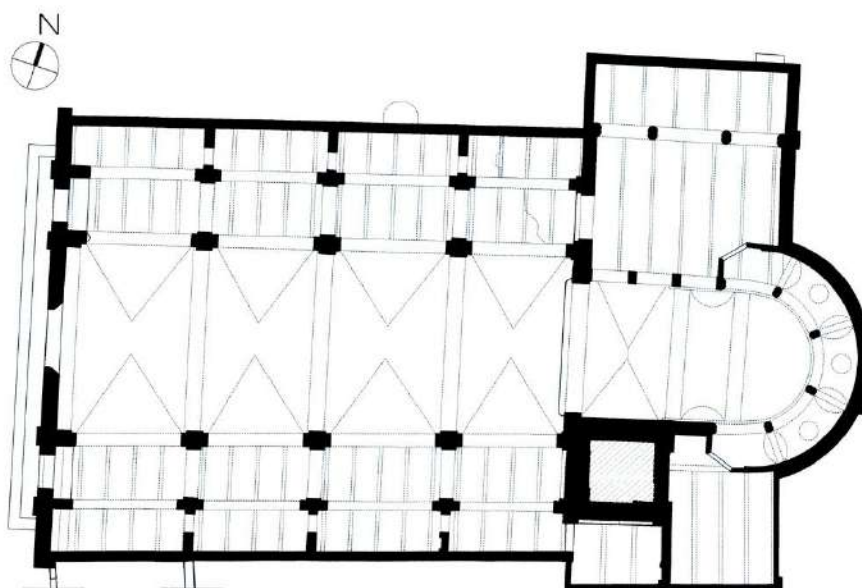
Cenni storici

Nella seconda metà del XVIII secolo, la chiesa di Medolla si sviluppa a partire da un piccolo fabbricato con portico risalente alla fine del XII secolo. Le notizie più antiche sul campanile risalgono invece al 1520. Nel '700 e '800 vengono fatti lavori di consolidamento e ampliamento: in particolare, nel 1853 venne abbattuta e ricostruita una cappella e la facciata fu completamente ridisegnata. Nel 1887 fu ampliata e creata una nuova abside circolare e sul finire del secolo vennero eseguiti diversi lavori di restauro (pavimentazione, impianto elettrico, tinteggiatura interna e affreschi). Gli ultimi restauri risalgono al 1938 e hanno riguardato la facciata e il campanile.

Conformazione architettonica

La chiesa è a tre navate, lunga 27 metri e larga 15, terminante con un abside circolare, dove sei colonne, sorreggono le volte che sostengono la parte superiore del coro. Il campanile spicca dalla parte absidale: il basamento è infatti strutturalmente integrato alle murature della chiesa, da cui è circondato su tutti i lati con altezze differenti. La struttura visibile dall'esterno, in muratura di mattoni pieni faccia a vista, si compone di un fusto e di una cella campanaria coperta da una guglia piramidale. Quest'ultima, con il relativo cornicione, e il cornicione alla base della cella campanaria, sono stati ricostruiti in cemento negli anni Ottanta del Novecento, in occasione dei generali restauri della chiesa, che hanno compreso il rifacimento di alcune coperture con travetti in c.a. tipo "Varese" e tavelloni.

Planimetria



Messa in sicurezza

Diventato un rischio per le strutture limitrofe, il campanile ha richiesto un intervento urgente di messa in sicurezza dei luoghi. Tuttavia, l'entità del danno e la presenza di fabbricati addossati rendevano impossibile agli operatori l'avvicinamento in sicurezza: la commissione tecnica ha reputato indispensabile procedere con lo smontaggio parziale e controllato dello spiccatto del campanile, prevedendone la successiva ricostruzione. L'intervento provvisorio urgente è stato poi autorizzato con l'Ordinanza Commissariale n.37 del 10/09/2012 per permettere il rientro nelle abitazioni di 200 persone e la riduzione della zona rossa. Successivamente, l'Ordinanza Commissariale n.115 del 03/10/2013 ha

autorizzato l'intervento provvisorio sulla chiesa e sulla canonica adiacente mediante puntellamento e tirantatura dei fronti esterni, realizzato dai VVF, finalizzato alla rimozione del pericolo di crollo sulla viabilità limitrofa.

Intervento definitivo

A dicembre 2018 è stato presentato il *progetto architettonico preliminare per il miglioramento sismico della Chiesa parrocchiale dei Santi Senesio e Teopompo*. Ad oggi, la pratica per l'avvio del cantiere della chiesa è in fase istruttoria (fonte sito Open ricostruzione – ottobre 2019).

Fonti disponibili per la consultazione	
Rilievo	
Schede di rilievo del danno	✓
Valutazione economica	✓
Messa in sicurezza	
Scheda provvisoria urgente (Allegato 3)	✓
Tavole e relazioni di progetto	✓
Computo metrico	✓
Intervento definitivo – progetto preliminare	
Tavole e relazioni di progetto	✓
Computo metrico	✓
Pareri della Commissione Congiunta	
Intervento definitivo – progetto esecutivo	
Tavole e relazioni di progetto	
Computo metrico	
Pareri della Commissione Congiunta	
Altre fonti	
Sito web: (Open Ricostruzione, 2019)	✓

B14. CHIESA DELLA BEATA VERGINE DELLA PORTA MIRANDOLA (MO)

La Chiesa della Beata Vergine della Porta, di proprietà della Diocesi di Carpi, è collocata nella zona settentrionale di Piazza della Costituente, nel centro storico di Mirandola, in provincia di Modena.

Inquadramento



Cenni storici

L'oratorio venne fatto edificare da Federico II Pico nel 1602. La costruzione venne terminata dopo un paio d'anni da Alessandro I Pico, nel 1604 in stile baroccheggianti classico. Nel 1763 venne profondamente rimaneggiata e i lavori portarono alla luce un affresco, di cui non si conosceva l'esistenza. Tra il 1861 e il 1862 l'interno della chiesa venne ristrutturato, mentre la facciata venne ricostruita nell'attuale foggia neoclassica nel 1868. Nel 1869 venne installata sul timpano della facciata la statua della *Madonna della Piazza*, protettrice della città, che fino alla fine del XVIII secolo era posta in una nicchia del palazzo comunale, posto nella parte opposta di piazza della Costituente, e successivamente ospitata nel duomo di Mirandola a seguito della traslazione del 10 luglio 1798. I restauri più recenti risalgono al 2000/2001.

Conformazione architettonica

Si accede all'interno salendo alcuni gradini e ci si trova davanti ad un unico vano, a pianta quadra, in stile ionico, sormontato dal tamburo e dalla cupola ottagonale, lastricata esternamente in piombo, che sorregge una torretta cilindrica sormontata da una banderuola. In facciata un rosone riprende l'immagine della Madonnina. La pianta dell'oratorio è articolata da tre cappelle e quattro altari.

Planimetria

Non è stato possibile reperire la planimetria del complesso.

Messa in sicurezza

Il primo intervento urgente sulla chiesa, realizzato dai VVF, è stato autorizzato con Ordinanza Commissariale n.9 del 2013. Successivamente, l'Ordinanza Commissariale n.16 del 2013, ha autorizzato l'incatenamento della cupola e il consolidamento delle murature del campanile, già in parte cerchiato dai VVFF, per riaprire le via d'accesso limitrofe.

Intervento definitivo

Non è stato possibile reperire informazioni relative al progetto di consolidamento definitivo. La pratica per l'avvio del cantiere della chiesa è in fase istruttoria (fonte sito Open ricostruzione – ottobre 2019).

Fonti disponibili per la consultazione	
Rilievo	
Schede di rilievo del danno	✓
Valutazione economica	✓
Messa in sicurezza	
Scheda provvisoria urgente (Allegato 3)	✓
Tavole e relazioni di progetto	
Computo metrico	✓
Intervento definitivo – progetto preliminare	
Tavole e relazioni di progetto	
Computo metrico	
Pareri della Commissione Congiunta	
Intervento definitivo – progetto esecutivo	
Tavole e relazioni di progetto	
Computo metrico	
Pareri della Commissione Congiunta	
Altre fonti	
Sito web: (Open Ricostruzione, 2019)	✓

B15. CHIESA DEL GESÙ MIRANDOLA (MO)

La Chiesa del Gesù, di proprietà comunale, si trova in Via Francesco Montanari a Mirandola, in provincia di Modena.

Inquadramento



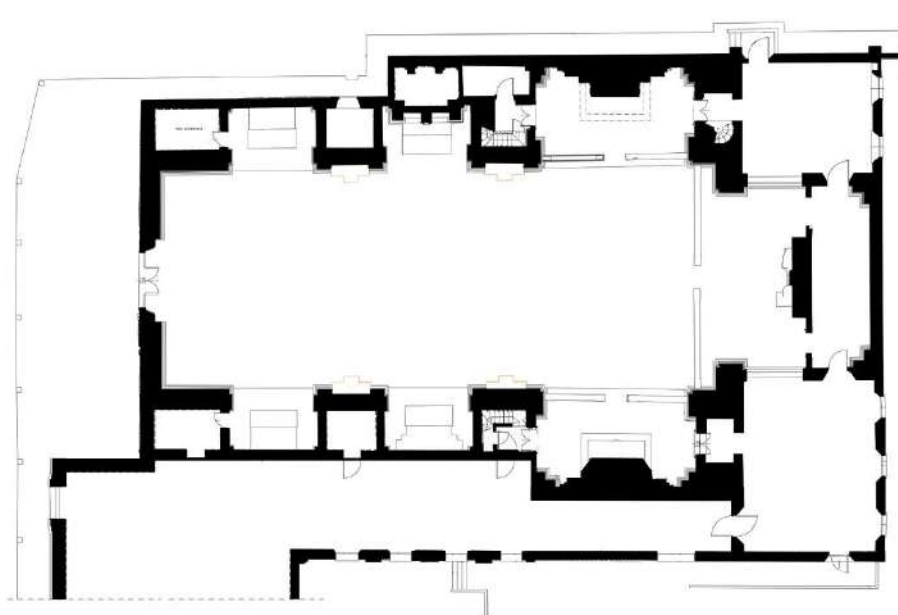
Cenni storici

L'edificio fu commissionato dal duca Alessandro I Pico nel 1617. L'inizio della costruzione risale al 1621. L'edificio venne realizzato in tre fasi, concluse sotto Alessandro II Pico nel 1689. La consacrazione avvenne nel 1695. I restauri del 1866 furono condotti dall'architetto Cesare Costa. L'annesso convento dei gesuiti venne aperto nel 1690. Dal 1764 al 1908 l'ex collegio dei Gesuiti fu sede dell'ospedale Santa Maria Bianca, che venne fondato nel 1432 e in precedenza su trovava a fianco del Duomo di Mirandola. In seguito accolse il ricco archivio storico comunale e la biblioteca civica intitolata allo storico Eugenio Garin, uno dei massimi studiosi di Giovanni Pico della Mirandola. Il piano superiore dell'ex-convento era la sede del centro culturale, poi trasferito nel castello dei Pico nel 2010.

Conformazione architettonica

La facciata della chiesa è rimasta incompiuta e presenta un semplice rivestimento di mattoni. L'impianto è composto da una navata unica con una ricca decorazione barocca di ordine corinzio. Il pavimento è decorato con un motivo geometrico realizzato in battuto di terrazzo alla veneziana.

Planimetria



Messa in sicurezza

Nel periodo immediatamente successivo al sisma i VVF hanno messo al sicuro le opere d'arte presenti nella chiesa: quelle amovibili sono state portate via mentre quelle non asportabili sono state protette e consolidate. In particolare, uno degli altari è stato protetto con una struttura interna a tubo giunto. Nel Settembre 2012 è stata realizzato un primo intervento provvisorio urgente finalizzato alla salvaguardia della pubblica incolumità su via Montanari, attraverso la messa in sicurezza della facciata e del transetto. Inoltre, è stata realizzata una copertura provvisoria in corrispondenza del coperto crollato e si è proceduto al recupero dei detriti di parti architettoniche significative. L'intervento ha dunque riguardato solo l'esterno della chiesa mentre l'interno è rimasto per la maggior parte inaccessibile, fatta eccezione per la sola realizzazione di una passerella coperta che arrivava fino al centro della chiesa, realizzata in vista di un secondo intervento provvisorio (mai eseguito) per la rimozione delle macerie e i consolidamenti interni. Nel 2013, infatti, era stato progettato il II stralcio della messa in sicurezza urgente, al fine di mettere in sicurezza di tutte le porzioni di volte

interne e delle murature dissestate che in caso di crollo potrebbero danneggiare gli apparati decorativi e gli arredi lignei sottostanti. Per ogni dissesto è stata fatta una scheda di rilievo del danno con relativo intervento. Tuttavia, l'intervento non è mai stato realizzato. Una volta approvato il progetto preliminare, l'elaborazione del progetto esecutivo richiede, tuttavia, degli approfondimenti sulla costruzione (indagini stratigrafiche ecc.), impossibili da effettuare a causa delle condizioni di pericolo all'interno della chiesa, generate dall'elevato livello di danno (rottura delle catene, crollo delle volte in foglio). Diventa perciò indispensabile realizzare delle opere propedeutiche, atte a garantire la sicurezza per i tecnici che opereranno sul Bene. Così, nel 2017 viene realizzata una seconda fase di messa in sicurezza, propedeutica alla progettazione esecutiva.

Intervento definitivo

Nel 2015 viene presentato il progetto preliminare “*Intervento di Ripristino con miglioramento sismico, adeguamento e recupero funzionale della Chiesa del Gesù in Via Montanari, Mirandola*”. Il progetto preliminare è stato sottoposto alla valutazione della *Commissione Congiunta* nel 2016 e, dopo un iniziale richiesta di integrazioni, cui è seguita la presentazione degli approfondimenti richiesti, ha ottenuto parere favorevole nel 2017 con prescrizioni tecniche relative agli importi per riuscire ad aver la copertura completa dei costi previsti dal progetto. A tal proposito, si sottolinea che inizialmente era stato previsto il nolo dei ponteggi ma poi, per fare economia, non essendo certi del tempo di utilizzo, si è preferito procedere all'acquisto. Inoltre, gli interventi sul campanile vengono esclusi dal primo stralcio funzionale. La pratica per l'avvio del cantiere della chiesa è in fase istruttoria (fonte sito Open ricostruzione – ottobre 2019).

Fonti disponibili per la consultazione	
Rilievo	
Schede di rilievo del danno	✓
Valutazione economica	✓
Messa in sicurezza	
Scheda provvisoria urgente (Allegato 3)	✓
Tavole e relazioni di progetto	✓
Computo metrico	✓
Intervento definitivo – progetto preliminare	
Tavole e relazioni di progetto	✓
Computo metrico	✓
Pareri della Commissione Congiunta	✓
Intervento definitivo – progetto esecutivo	
Tavole e relazioni di progetto	
Computo metrico	
Pareri della Commissione Congiunta	
Altre fonti	
Sito web: (Open Ricostruzione, 2019)	✓

B16. CHIESA DI SAN MICHELE ARCANGELO NOVI DI MODENA (MO)

La Chiesa di San Michele Arcangelo, di proprietà della Curia Vescovile di Carpi, sorge in Via Achille Grandi 42, a Novi di Modena, in provincia di Modena.

Inquadramento



Cenni storici

Dagli scavi archeologici, condotti nel 1993, sono emersi resti e tracce di una chiesa plebana, una preromanica e una romanica, fino ad una più recente seicentesca, simile a quella attuale. Il primo progetto della Chiesa di San Michele risale al 1565. La sua costruzione fu però avviata solo nel 1639 e terminata nel 1652. La costruzione del campanile in muratura venne avviata nel 1658 e conclusa nel 1664, grazie all'opera di Mastro Sormani di Modena. Durante il corso del '700 la chiesa viene rimaneggiata a causa di gravi problemi strutturali dovuti all'impiego di materiali da costruzione molto poveri. Nella seconda metà del XIX secolo la chiesa subì grandi trasformazioni, passando da una semplice aula rettangolare a un impianto basilicale (realizzazione del transetto con absidi semicircolari, costruzione di nuove cappelle laterali, innalzamento delle volte a copertura del coro). Inoltre, nel 1926 furono eseguiti importanti lavori sul campanile

che, a inizio secolo, appariva in cattivo stato di manutenzione. I restauri più recenti risalgono al 1990 e interessarono le coperture della chiesa e la parte alta del campanile.

Conformazione architettonica

Il complesso è composto dalla chiesa, campanile e canonica. La chiesa presenta un impianto a tre navate con cappelle laterali. La canonica è accostata alla chiesa sul lato nord mentre il campanile è costruito affiancato alla canonica.

Planimetria

Non è stato possibile reperire la planimetria del complesso.

Messa in sicurezza

Il campanile è stato messo in sicurezza nell'immediato post-sisma con l'intervento realizzato dai VVF. L'Ordinanza Commissariale n.36 del 2013 ha poi autorizzato gli interventi provvisori di messa in sicurezza della Chiesa di San Michele Arcangelo tramite puntellamento interno ed esterno delle strutture e la realizzazione di una copertura provvisoria con struttura in legno, finalizzato alla salvaguardia della pubblica incolumità. L'Ordinanza Commissariale n.21 del 2016 ha autorizzato opere di manutenzione e ripristino funzionale delle opere provvisori.

Intervento definitivo

Nel 2017 viene presentato il progetto preliminare di riparazione e miglioramento sismico. A marzo 2017 la *Commissione Congiunta* richiede integrazioni per aspetti relativi alla tutela, per maggiori approfondimenti in merito allo stato di fatto e di conservazione. La pratica per l'avvio del cantiere della chiesa deve ancora essere richiesta; mentre la pratica per il cantiere relativo a campanile e canonica è in fase istruttoria (fonte sito Open ricostruzione – ottobre 2019).

Fonti disponibili per la consultazione	
Rilievo	
Schede di rilievo del danno	✓
Valutazione economica	✓
Messa in sicurezza	
Scheda provvisoria urgente (Allegato 3)	✓
Tavole e relazioni di progetto	
Computo metrico	
Intervento definitivo – progetto preliminare	
Tavole e relazioni di progetto	✓
Computo metrico	✓

ALLEGATI

Pareri della Commissione Congiunta	✓
Intervento definitivo – progetto esecutivo	
Tavole e relazioni di progetto	
Computo metrico	
Pareri della Commissione Congiunta	
Altre fonti	
Sito web: (Open Ricostruzione, 2019)	✓

B17. CHIESA DI SANTA CATERINA D'ALESSANDRIA

NOVI DI MODENA (MO)

La Chiesa di Santa Caterina d'Alessandria, di proprietà della Diocesi di Carpi, si trova in Piazza Giovanni XXIII, 2 in località Rovereto sulla Secchia a Novi di Modena, in provincia di Modena.

Inquadramento



Cenni storici

La costruzione della chiesa intitolata a Santa Caterina d'Alessandria Vergine e Martire, protettrice dei mugnai, risale alla seconda metà del XV secolo. Nei primi decenni del XVI secolo, divenuta parrocchia, viene costruito il campanile (1510) e ampliata la struttura originaria della chiesa. Nell'ottocento la chiesa versava in condizioni di degrado: in particolare la facciata presentava un fuori-piombo verso l'interno tale da richiedere un tempestivo puntellamento. Nel 1856, la facciata fu così demolita e ricostruita. Tra il 1833 e il 1871, viste le persistenti condizioni di degrado delle strutture, l'edificio fu sottoposto ad una serie di restauri che comportarono anche importanti interventi strutturali. L'alluvione del 1869 annullò parte dei lavori fatti in quegli anni. Nel Novecento, il campanile fu più volte oggetto di restauri e rinforzi. In particolare, nel 1925, la sommità viene consolidata con nuove catene metalliche; in tale occasione viene rifatto anche il tetto della chiesa, sostituendo le parti in legno e le catene in ferro, e ove necessario vengono demoliti e ricostruite le murature degradate.

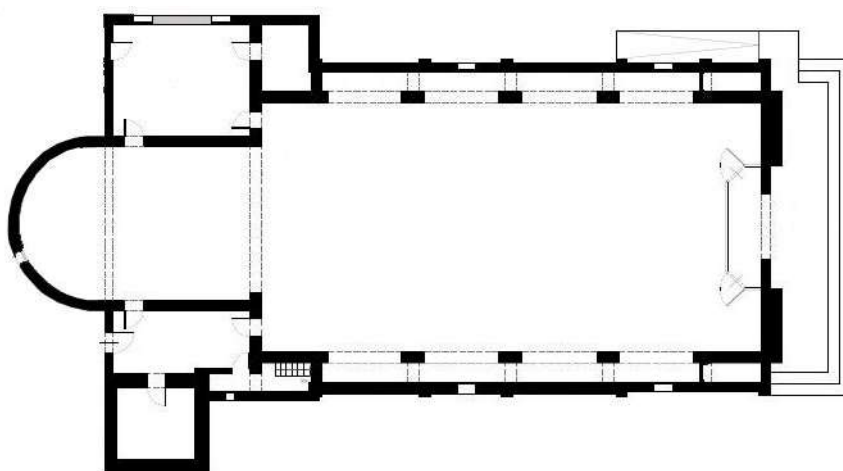
Conformazione architettonica

Il complesso parrocchiale è oggi formato dalla chiesa, con sagrato antistante sulla strada provinciale, dal campanile, in aderenza ad un corpo laterale a sinistra del catino absidale, e dalla casa canonica, realizzata in tempi abbastanza recenti con struttura in c.a. e tamponamenti di laterizio lasciato a vista.

La chiesa presenta una pianta a croce latina con un'unica navata, terminante con un abside semicircolare e cappelle laterali in corrispondenza dei transetti. La navata è chiusa da volte in muratura, realizzate in folio. La struttura di copertura è composta da capriate lignee con arcarecci e correnti al di sopra dei quali si trova un piano di tavelle in cotto e, aggiunti in manutenzioni recenti, uno strato di impermeabilizzazione ed un riempimento di malta, il tutto chiuso da un manto in coppi. A differenza della chiesa, la cui configurazione quattrocentesca è stata in parte modificata dai pesanti interventi ottocenteschi, il campanile ha mantenuto il suo aspetto cinquecentesco. Tuttavia, a partire dalla seconda metà dell'ottocento, la struttura della torre, e in particolare le campane e il loro telaio, sono più volte oggetto di restauri e rinforzi: nel 1911 i quattro pilastri sul tetto del campanile subiscono riparazioni in cemento per erigere sulla torre un nuovo telaio in ferro e legno a sostegno delle campane; nel 1925 viene consolidata la cella campanaria sostituendo le catene esistenti, il cui ancoraggio aveva perso di efficacia, con otto nuove catene in ferro; nel 1973, la palla in rame e la croce, abbattute due anni prima da un fulmine, vengono ricollocate sulla cuspide del campanile.

Il campanile della chiesa di Santa Caterina si trova a Rovereto sulla Secchia. Sorge in aderenza alle murature della chiesa, in particolare tra l'abside e le cappelle laterali. Ha struttura in muratura di mattoni e malta di calce a vista. Il fusto, a pianta quadrata, termina con una cella campanaria caratterizzata da bifore sui 4 lati e soprastante guglia conica in mattoni. Oltre alle bifore della cella campanaria (dotate di tirantature metalliche), l'unico lato interessato da aperture (3 finestre rettangolari allineate verticalmente) è il lato est. Il campanile ha comunque una struttura propria, che sembra indipendente dalle strutture della chiesa, con un giunto di modeste dimensioni, ma tale da consentire l'oscillazione del campanile senza fenomeni evidenti di martellamento.

Planimetria



Messa in sicurezza

Subito dopo il sisma, la chiesa è stata oggetto di interventi di somma urgenza eseguiti dai VVF con puntellamento dell'abside, dei locali attigui e cerchiatura del campanile cinquecentesco. Durante le operazioni di rimozione delle opere artistiche e degli arredi sacri, il crollo di una catena lignea del coperto della navata principale ha provocato la morte del sacerdote della parrocchia: gli abitanti di Rovereto, profondamente scossi dall'accaduto, hanno richiesto la demolizione della loro chiesa, nonostante sia uno dei pochi edifici storici della località. Ciononostante, le operazioni di messa in sicurezza sono proseguite e successivi interventi di puntellamento e cerchiatura dei fronti principale e laterali, sempre operati dai VVF, hanno consentito la riapertura della strada provinciale.

In data 07/03/2013 la Direzione Regionale dell'Emilia Romagna ha autorizzato l'esecuzione di opere di messa in sicurezza (autorizzazione prot. 3579) sia per salvaguardare la pubblica incolumità, evitando ulteriori crolli di strutture già collabenti, sia per evitare l'ulteriore compromissione del Bene, particolarmente esposto agli agenti atmosferici e ad altri fenomeni di degrado data la sua condizione di precarietà, e salvare eventuali elementi significativi ancora presenti sotto le macerie. A queste motivazioni si aggiunge anche la necessità di creare adeguate condizioni di accessibilità interna per svolgere le operazioni preliminari di rilevazione complessiva dei danni provocati dal sisma, finalizzate all'elaborazione del progetto di recupero completo della chiesa, così da permettere in tempi relativamente brevi il ripristino della sua fondamentale funzione sociale quale luogo culto e di aggregazione per i fedeli. All'interno della Relazione Generale del Progetto di messa in sicurezza del maggio 2013 si legge: *"La situazione di precarietà della chiesa non ci ha ancora permesso un rilievo approfondito, in particolare al suo interno, ma è stato comunque eseguito un rilievo strumentale con la stazione totale ed una ulteriore campagna fotografica. Si auspica che a fronte della totale agibilità della fabbrica sia possibile fare tutte le indagini ed i rilevamenti necessari ad una migliore comprensione della stessa e delle sue criticità, soprattutto preesistenti al sisma, per comprendere la migliore tecnologia di intervento in relazione a possibili fenomeni sismici."*

Inoltre, per quanto riguarda la torre campanaria, nella fase emergenziale la commissione tecnica di esperti ha proposto una soluzione condivisa dalla Direzione Regionale per i primi interventi provvisori di messa in sicurezza finalizzati alla salvaguardia del Bene, per permettere di procedere rapidamente con la stesura di un progetto esecutivo congruente e con l'esecuzione dei lavori di consolidamento definitivi, al fine di rendere agibili nel minor tempo possibile le aree circostanti all'edificio.

Intervento definitivo

Non è stato possibile reperire informazioni relative al progetto di consolidamento definitivo. Ad oggi, la pratica per attuare gli interventi necessari è ancora in fase istruttoria (fonte sito Open ricostruzione – ottobre 2019).

Fonti disponibili per la consultazione	
Rilievo	
Schede di rilievo del danno	✓
Valutazione economica	✓

ALLEGATI

Messa in sicurezza	
Scheda provvisoria urgente (Allegato 3)	✓
Tavole e relazioni di progetto	✓
Computo metrico	✓
Intervento definitivo – progetto preliminare	
Tavole e relazioni di progetto	✓
Computo metrico	✓
Pareri della Commissione Congiunta	✓
Intervento definitivo – progetto esecutivo	
Tavole e relazioni di progetto	
Computo metrico	
Pareri della Commissione Congiunta	
Altre fonti	
Sito web: (Open Ricostruzione, 2019)	✓
Sito web: (La Repubblica Bologna.it , 2012)	✓

B18. CHIESA DI SANTA MARIA ANNUNCIATA

REGGIOLO (RE)

La chiesa, di proprietà della Diocesi di Reggio Emilia - Guastalla, è situata in via Spallanzani, laterale della principale via Guastalla, in località di Brugno di Reggiolo, a Reggiolo, in provincia di Reggio Emilia.

Inquadramento



Cenni storici

La chiesa dedicata alla Annunciazione di Maria è ricordata già nel 1337. Agli inizi del XVI secolo figura in patronato del Marchese Francesco II Gonzaga. Inoltre viene riportata la descrizione della chiesa in occasione della visita pastorale del Vescovo Marliani nel 1663. La chiesa conserva i caratteri architettonici originali con il soffitto a tavelle in legno. Il campanile viene innalzato nel 1730. Al 1766 risalirebbe un rimaneggiamento anche della chiesa su progetto di un certo Ascari; progetto poi ripreso nel 1773. Solo nel 1786 fu possibile iniziare l'intervento di ricostruzione. Nel 1842 viene realizzato il progetto del nuovo presbiterio e coro su disegno di Carlo Motta. La chiesa è stata eletta alla dignità di Santuario della Madonna dello Spino nel 1949, sebbene questo culto risalga alla metà del Cinquecento.

Conformazione architettonica

La chiesa parrocchiale di Brugno ha una pianta di tipo basilicale a tre navate con profondo presbiterio absidato. Lo spazio delle navate è suddiviso in sei campate, tre brevi e tre più ampie alternate tra loro. Le tre maggiori sono coperte con volte a crociera, le altre con volte a botte. Sulle navate minori aggettano le cappelle con altari. Le strutture portanti della chiesa e del campanile sono in mattoni pieni con apparecchiature di varie tipologie, anche a sacco. La composizione della facciata è distribuita su due livelli. Nel livello inferiore si aprono le tre porte di ingresso. Il partito centrale della facciata è definito da due coppie di lesene di ordine dorico che proseguono anche al livello superiore fino al frontone. I partiti laterali sono chiusi alle estremità da una lesena e si raccordano, superiormente, al corpo centrale con un setto curvilineo. Il campanile presenta una cella a monofore. Al margine meridionale della strada per Guastalla poco oltre la chiesa si trova la cappellina Negri inaugurata nel 1966 dedicata alla Madonna in Adorazione.

Planimetria

Non è stato possibile reperire la planimetria del complesso.

Messa in sicurezza

L'ordinanza commissariale n.36/2013 ha autorizzato l'intervento provvisorio urgente mediante puntellamento della facciata, finalizzato ad evitare la compromissione irreversibile del Bene e a salvaguardarne il valore intrinseco. L'ordinanza commissariale n.37/2012 ha autorizzato gli interventi provvisori di puntellamento e cerchiatura della chiesa, finalizzati alla salvaguardia della pubblica incolumità. Entrambi gli interventi sono stati realizzati con estrema urgenza dai VVF nell'immediato post-sisma.

Intervento definitivo

Non è stato possibile reperire informazioni relative al progetto di consolidamento definitivo.

Ad oggi, il cantiere della chiesa e del relativo campanile è stato completato (fonte sito Open ricostruzione – ottobre 2019).

Fonti disponibili per la consultazione	
Rilievo	
Schede di rilievo del danno	✓
Valutazione economica	✓
Messa in sicurezza	
Scheda provvisoria urgente (Allegato 3)	✓
Tavole e relazioni di progetto	
Computo metrico	

Intervento definitivo – progetto preliminare	
Tavole e relazioni di progetto	
Computo metrico	
Pareri della Commissione Congiunta	
Intervento definitivo – progetto esecutivo	
Tavole e relazioni di progetto	
Computo metrico	
Pareri della Commissione Congiunta	
Altre fonti	

B19. CHIESA DI SANTA MARIA ASSUNTA REGGIOLO (RE)

La Chiesa parrocchiale di Santa Maria Assunta, di proprietà della Diocesi di Reggio Emilia e Guastalla, si trova in Piazza Giovanni XXIII a Reggio, in provincia di Reggio Emilia.

Inquadramento



Cenni storici

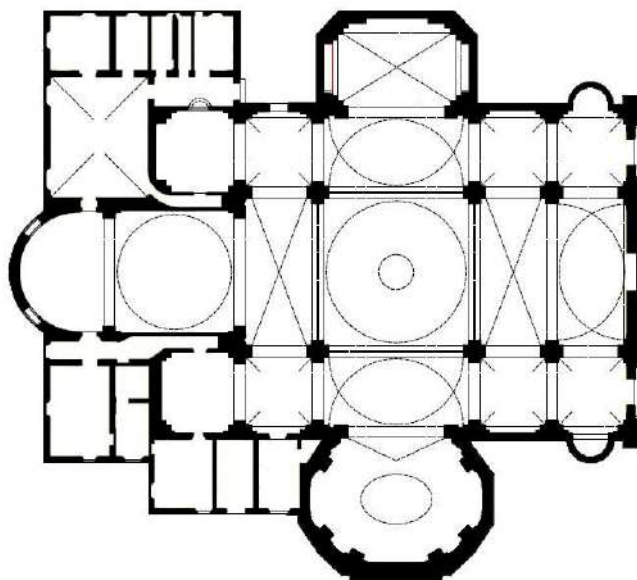
Sembra che una primitiva chiesa romanica esistesse già nel 1044. Sul luogo in cui sorge la chiesa odierna esisteva, fino a metà Ottocento, una precedente chiesa costruita all'inizio del XVII secolo. La sua conformazione planimetrica a tre navate con presbitero rialzato e abside semicircolare è rinvenibile da un rilievo planimetrico effettuato nel 1663 contenuto nel Codice Marliani. Nel 1796 sono intrapresi i lavori di rifacimento del coro e della parte absidale. Lo spostamento e la riedificazione del campanile occupa quasi per intero il XVIII secolo, iniziando nel 1700 e concludendosi nel 1780. Nel corso del XIX secolo la chiesa cambia giurisdizione. Il progetto definitivo di ricostruzione della chiesa fu affidato a Cesare Costa e realizzato tra il 1858 e il 1868. In seguito all'evento sismico del 1987 sia la chiesa che il campanile e la canonica vengono fatti oggetto di interventi di consolidamento strutturale. Nel 1996, un altro terremoto

impone ulteriori lavori di consolidamento alla chiesa che ha riportato notevoli danni e lesioni generalizzate sia alle murature che alle volte e agli archi. I lavori vengono eseguiti nel 2003.

Conformazione architettonica

All'interno del complesso edilizio possono essere distinti tre grandi blocchi o unità strutturali: il corpo principale della chiesa, la sacrestia e dei locali di servizio annessi (addossati al lato orientale della chiesa) e il campanile, a sudovest della chiesa, che costituisce un corpo edilizio isolato. L'impianto planimetrico è una fusione tra una croce greca e una croce latina. Ha tre navate con pilastri in stile corinzio. Nella terza campata si innesta un ideale transetto con cupola emisferica e ampie cappelle completamente sporgenti oltre il perimetro murario. La cappella sul lato nord è dedicata alla Beata Vergine delle Grazie. La sua erezione risale al XVII secolo ed è l'unica parte superstite della chiesa preesistente. Le strutture portanti verticali della chiesa sono costituite da muri e colonnati dallo spessore consistente. Le strutture orizzontali sono costituite da archi e volte in mattoni. La copertura è composta da una struttura di legno con capriate, travi secondarie, travetti e listellatura superiore.

Planimetria



Messa in sicurezza

A partire dal 15 novembre 2012 si sono effettuate accurate ispezioni all'edificio al fine di verificare lo stato della fabbrica principale e monitorare l'evolversi del danno in assenza di ritegni di somma urgenza. Ad aprile 2013 viene redatto, ad

ALLEGATI

opera dell'Ing. Luca Speroncini e dell'Arch. Francesco Fazio, il progetto di riabilitazione strutturale post-sismica in somma urgenza della chiesa parrocchiale che ha previsto il puntellamento delle strutture voltate in foglio soggette a danno grave per salvaguardare il Bene dall'incedere dello stato fessurativo provocato dalla permanenza di una configurazione deformata, garantendo al contempo la pubblica incolumità per gli eventuali crolli delle parti dislocate. I lavori sono stati aggiudicati in via definitiva in data 19/09/2013 alla ditta TECTON Soc. Coop. Con sede a Reggio Emilia.

Intervento definitivo

Il progetto esecutivo propone interventi di riparazione e consolidamento delle murature per ripristinare il danno subito e prevenire quello futuro, migliorando la struttura dal punto di vista sismico. In data 05/06/2015 la *Commissione Congiunta* rilascia l'autorizzazione per il progetto preliminare (protocollo CR.2015. 0026125). Il progetto esecutivo, presentato a febbraio 2016 dallo studio di Ingegneria e Architettura Gasparini Associati di Reggio Emilia, riprende i contenuti già esplicitati nel progetto preliminare ponendosi in continuità con esso e ridefinendo gli ambiti soggetti alle richieste di modifica e/o integrazione espresse dalla Commissione. Il progetto esecutivo viene approvato in data 24/10/2016 (Ordinanza n.52). La gara per l'appalto dei lavori viene indetta a marzo 2017 e viene vinta dalla ditta Cooperativa Edile Artigiana di Parma. I lavori hanno durata prevista di 480 giorni. Ad oggi, il primo stralcio di cantiere è stato completato, il secondo stralcio è in corso, mentre deve ancora essere approvato il terzo stralcio (fonte sito Open ricostruzione – ottobre 2019).

Fonti disponibili per la consultazione	
Rilievo	
Schede di rilievo del danno	✓
Valutazione economica	✓
Messa in sicurezza	
Scheda provvisoria urgente (Allegato 3)	✓
Tavole e relazioni di progetto	✓
Computo metrico	
Intervento definitivo – progetto preliminare	
Tavole e relazioni di progetto	✓
Computo metrico	✓
Pareri della Commissione Congiunta	✓
Intervento definitivo – progetto esecutivo	
Tavole e relazioni di progetto	
Computo metrico	
Pareri della Commissione Congiunta	
Altre fonti	
Sito web: (Open Ricostruzione, 2019)	✓

ALLEGATO C

Nel presente allegato sono presentati, per ciascuno dei 19 casi studio analizzati, gli interventi provvisori e di consolidamento definitivo relativi ai meccanismi di collasso nei setti murari.

C1. COLLEGIATA DI SANTA MARIA MAGGIORE

PIEVE DI CENTO (BO)

Sebbene i danni maggiori siano stati riportati dalla cupola e dalle strutture voltate, le scosse del 20 e 29 maggio 2012 hanno causato anche il distacco della facciata e dell'abside dal corpo principale della chiesa.

PARZIALMENTE AGIBILE/AGIBILE CON PROVVEDIMENTI	ID 0,30
MECCANISMI DI PRIMO MODO: RIBALTAMENTO FUORI DAL PIANO	
M1 - Ribaltamento della facciata	2
M2 - Meccanismi nella sommità della facciata	2
M5 - Risposta trasversale dell'aula	0
M10 - Ribaltamento delle pareti di estremità del transetto	0
M16 - Ribaltamento dell'abside	1
M22 - Ribaltamento delle cappelle	NP
MECCANISMI DI SECONDO MODO: TAGLIO NEL PIANO	
M3 - Meccanismi nel piano della facciata	1
M6 - Meccanismi di taglio nelle pareti laterali	NP
M11 - Meccanismi di taglio nelle pareti del transetto	NP
M17 - Meccanismi di taglio nel presbiterio o nell'abside	NP
M23 - Meccanismi di taglio nelle cappelle	NP
MECCANISMI DI COLLASSO PER IRREGOLARITA'	
M4 - Protiro-Nartece	NP
M7 - Risposta longitudinale del colonnato	NP
M25 - Interazioni in prossimità di irregolarità plano-altimetriche	NP

Provvedimenti di pronto intervento suggeriti

PROVVEDIMENTI DI P.I.	
Puntellamenti	-
Consolidamenti localizzati	-
Messa in opera di cerchiature e/o tiranti	-

Opere di ripristino: ripristino della continuità muraria della facciata principale

Opere di miglioramento sismico: inserimento di due catene nel sottotetto per legare la facciata

Opere di pronto intervento: /

Opere già eseguite: messa in sicurezza della facciata con sistemi provvisori

Messa in sicurezza

L'intervento di messa in sicurezza della facciata, operato VVF per mezzo di un braccio mobile messo a disposizione dal Comune di Bologna, è consistito nella sbadacchiatura dell'apertura centrale con murali e cunei di legno ed elementi di controvento in tavolato ligneo e nella realizzazione di una cerchiatura della parte superiore della facciata con elementi di ripartizione verticali in legno, aderenti al paramento murario in corrispondenza delle lesene, e cavi di acciaio, ancorati ai pilastri del corpo di fabbrica della chiesa mediante piastre di acciaio.

La messa in sicurezza dell'abside, avvenuta nei mesi successivi, ha richiesto l'installazione di un ponteggio esterno al fine di realizzare, anche in questo caso, una cerchiatura con elementi di ripartizione in legno, collocati ai lati dei costoloni d'angolo, e con cavi di acciaio, ancorati ai pilastri esterni della navata longitudinale mediante piastre di acciaio.

Costi: L'Ordinanza Commissariale n.9 del 2013²⁴² ha autorizzato l'intervento provvisorio per una spesa pari a € 347.348,18. Di questa somma, solo il 10% (circa € 35.000) è servita per la messa in sicurezza della facciata e dell'abside mentre il restante 90% è stato impiegato per la messa in sicurezza della cupola.

Valutazione economica A22.3	NP	
Ordinanza Commissariale n.9/2013	347.348,18 €	
INTERVENTO	PREVENTIVO	INCIDENZA
Cerchiatura dell'abside e della facciata	35.000,00 €	100%
TOTALE	35.000,00 €	10%

Intervento definitivo

Il progetto esecutivo prevede un sistema di cerchiatura complessiva della struttura per contrastare possibili meccanismi di ribaltamento fuori dal piano.

Facciata, aula e abside vengono collegati mediante una cerchiatura interna in acciaio (catene, funi o piatti) alla quota del cornicione e del sottotetto; le cappelle laterali vengono collegate attraverso un sistema di incatenamento trasversale (con presidi metallici e tessuti in fibra di carbonio) nel sottotetto; il transetto viene trattenuto da catene in acciaio. Inoltre, è prevista l'applicazione di tessuto in fibra di carbonio sui paramenti esterni della navata longitudinale in prossimità della facciata.

Costi: Non è stato possibile reperire dati in merito ai costi delle singole lavorazioni.

²⁴² Ordinanza Commissariale 9/2013 - *Intervento provvisorio di messa in sicurezza della Collegiata di Santa Maria Maggiore di Pieve di Cento mediante realizzazione di copertura provvisoria della cupola, cerchiatura interna e riparazione delle murature del tamburo, puntellamento e riparazione lesioni dell'abside, finalizzato alla rimozione del rischio indotto sulle abitazioni retrostanti l'abside e alla conservazione del bene monumentale.*

Valutazione economica A22.1	1.220.000,00 €
Valutazione economica A22.2	1.350.000,00 €
TOTALE	2.570.000,00 €
Importo generale	2.802.601,71 €

Note

Non vi è piena corrispondenza tra i provvedimenti di pronto intervento suggeriti dalle schede di rilievo del danno e le opere provvisorie realizzate. Se la messa in sicurezza della facciata era già stata eseguita al momento della compilazione della scheda, intervento urgente viene indicato contro i meccanismi di ribaltamento dell'abside. L'intervento di miglioramento sismico invece risulta parzialmente corrispondente prevedendo la posa in opera di catene.

I sistemi di cerchiatura provvisorie sono stati sostituiti durante l'intervento definitivo da sistemi permanenti che, pur ricorrendo in parte alla stessa tecnologia (cavi in acciaio), vengono però collocati all'interno della chiesa, in posizioni nascoste alla vista (sopra il cornicione o nel sottotetto).

C2. CHIESA DI SAN LORENZO MARTIRE CASUMARO DI CENTO (FE)

Tra i danni provocati dalle scosse sismiche, lo spanciamento verso l'esterno della facciata (M1) appare tra i più significativi, evidenziando l'attivazione del meccanismo di ribaltamento fuori dal piano. L'estroffessione fuori dal piano della parte superiore della facciata (M2) ha generato una lesione verticale in mezzeria della facciata (formazione di cerniera verticale interna) e di due lesioni diagonali passanti tra le bifore, punti di discontinuità del paramento (formazione di cerniere sulle pareti esterne). Il possibile ribaltamento del timpano è stato evitato grazie alla presenza di due tiranti metallici fissati al colmo del tetto dell'aula.

Lesioni inclinate al di sopra degli archi che separano l'aula dalle cappelle laterali indicano l'attivazione di meccanismi di taglio nelle pareti laterali dell'aula (M6).

Nelle cappelle laterali, realizzate successivamente all'aula, sono presenti lesioni verticali in prossimità dell'attacco (22) e lesioni diagonali in corrispondenza delle architravi delle aperture (M23).

Si riscontrano dunque alcune carenze strutturali quali la mancanza di collegamento della facciata alle murature dell'aula e alla struttura lignea della copertura e un inadeguato ammorsamento tra le strutture murarie delle cappelle e le pareti longitudinali dell'aula. Si segnala la presenza superficie decorata sotto tinteggiatura chiesa seicentesca. Intonaci decorati interessati da fessurazioni e porzioni rigonfiate da verificare ed eventualmente mettere in sicurezza (rischio caduta di materiali)

INAGIBILE	ID 0,35
MECCANISMI DI PRIMO MODO: RIBALTAMENTO FUORI DAL PIANO	
M1 - Ribaltamento della facciata	2
M2 - Meccanismi nella sommità della facciata	2
M5 - Risposta trasversale dell'aula	3
M10 - Ribaltamento delle pareti di estremità del transetto	NP
M16 - Ribaltamento dell'abside	0
M22 - Ribaltamento delle cappelle	3
MECCANISMI DI SECONDO MODO: TAGLIO NEL PIANO	
M3 - Meccanismi nel piano della facciata	2
M6 - Meccanismi di taglio nelle pareti laterali	0
M11 - Meccanismi di taglio nelle pareti del transetto	NP
M17 - Meccanismi di taglio nel presbitero o nell'abside	0
M23 - Meccanismi di taglio nelle cappelle	3
MECCANISMI DI COLLASSO PER IRREGOLARITA'	
M4 - Protiro-Nartece	NP
M7 - Risposta longitudinale del colonnato	NP
M25 - Interazioni in prossimità di irregolarità plano-altimetriche	2

Provvedimenti di pronto intervento suggeriti

PROVVEDIMENTI DI P.I.	
Puntellamenti	-
Consolidamenti localizzati	-
Messa in opera di cerchiature e/o tiranti	-

Opere di ripristino: cuci-scuci puntuali (anche nicchie) e consolidamento strutturale della muratura lesionata

Opere di miglioramento sismico: iniezioni localizzate e incatenamento generale della parte seicentesca

Opere di pronto intervento: monitoraggio delle opere e puntellatura di ritegno delle cappelle laterali

Opere già eseguite: rinforzo delle aperture, puntellatura di ritegno della facciata, tirantatura e incamicatura del timpano

Messa in sicurezza

I primi interventi di messa in sicurezza sulla facciata, eseguiti dai VVF, sono consistiti in operazioni di puntellamento e tirantatura per prevenire il possibile ribaltamento della facciata sul prospiciente sagrato. Il puntellamento è stato realizzato in parte con elementi in legno e in parte con strutture prefabbricate a tubi e giunti. La tirantatura è stata realizzata a livello del sottotetto con fasce di tessuto messe in tensione per mezzo di un apposito meccanismo.

Costi: L'Ordinanza Commissariale n.37 del 2012²⁴³ ha autorizzato l'intervento provvisorio per una spesa pari a € 27.298,65 necessari all'acquisto del materiale per l'intervento già realizzato in estrema urgenza dai VVF.

Valutazione economica A22.3	NP	
Ordinanza Commissariale n.37/2012	27.298,65 €	
INTERVENTO	PREVENTIVO	INCIDENZA
Acquisto materiale per intervento VVF	27.298,65 €	100%
TOTALE	27.298,65 €	100%

Intervento definitivo

La muratura lesionata è stata consolidata mediante risarcitura delle lesioni con colli di miscela legante a base di calce e applicazione di tessuto in fibra di vetro in corrispondenza delle principali fratture.

In seguito, per aumentare la rigidità della facciata nei confronti degli spostamenti fuori dal piano, una trave metallica di irrigidimento, costituita da profili in acciaio, viene collocata al di sopra del cornicione, fissandola alla muratura con tasselli chimici. Inoltre, con lo scopo di vincolare la facciata alle pareti longitudinali dell'aula alla quota di 4,5 metri,

²⁴³ Ordinanza Commissariale 37/2012 - *Interventi provvisori urgenti sulla Chiesa di San Lorenzo a salvaguardia della pubblica incolumità e per la riapertura della viabilità.*

ALLEGATI

viene realizzato un cordolo perimetrale, con un profilo metallico ad L posto all'interno dello spessore del solaio della balconata della cantoria. Il sistema, collegato alle murature con tasselli chimici, è irrigidito da elementi diagonali di controventamento e un doppio tavolato ligneo all'estradosso. Infine, un controventamento di falda in acciaio, realizzato nel piano della copertura previo miglioramento dei collegamenti tra gli elementi lignei, verrà solidarizzato alle sottostanti murature, al timpano e alla sua vela, impedendone il possibile ribaltamento.

Costi: L'importo a piano e a programma stanziato gli interventi di riparazione con rafforzamento locale e miglioramento sismico necessari per il ripristino dell'agibilità della Chiesa di San Lorenzo ammonta a € 845.000,00. Di questa somma, € 65.897,61 sono destinati alle opere di consolidamento della facciata.

Valutazione economica A22.1	350.000,00 €	
Valutazione economica A22.2	180.000,00 €	
TOTALE	530.000,00 €	
IMPORTO LAVORI	550.890,69 €	
ONERI SICUREZZA	66.384,76 €	
SPESE TECNICHE	294.109,31 €	
IMPORTO GENERALE	845.000,00 €	
INTERVENTO	PREVENTIVO	INCIDENZA
Ponteggi	6.337,51 €	10%
Consolidamento muratura	3.916,61 €	6%
Trave di irrigidimento	6.025,87 €	9%
Cordolo perimetrale	7.424,61 €	11%
Controvento di falda	42.193,01 €	64%
TOTALE	65.897,61 €	12%

Note

Fatta eccezione per le opere già realizzate, non vengono eseguiti gli altri provvedimenti suggeriti dalle schede di rilievo del danno. L'intervento provvisorio viene rimosso e sostituito da un intervento permanente di altro tipo. Tale intervento, in facciata, cerca di dialogare con il contesto inserendo la trave all'interno di un elemento architettonico, il cornicione, stratagemma comune per nascondere alla vista l'elemento di consolidamento (ricoperto da coppi).

C3. AUDITORIUM EX-CHIESA DI SAN LORENZO CENTO (FE)

La chiesa non ha riportato danni rilevanti né per meccanismi di ribaltamento fuori dal piano né lesioni da taglio nel piano. Si segnala solo una lesione in facciata causata dall'interazione con la scuola adiacente e alcune lesioni nelle pareti laterali del presbiterio.

INAGIBILE	ID 0,21
MECCANISMI DI PRIMO MODO: RIBALTAMENTO FUORI DAL PIANO	
M1 - Ribaltamento della facciata	0
M2 - Meccanismi nella sommità della facciata	0
M5 - Risposta trasversale dell'aula	1
M10 - Ribaltamento delle pareti di estremità del transetto	NP
M16 - Ribaltamento dell'abside	2
M22 - Ribaltamento delle cappelle	NP
MECCANISMI DI SECONDO MODO: TAGLIO NEL PIANO	
M3 - Meccanismi nel piano della facciata	0
M6 - Meccanismi di taglio nelle pareti laterali	2
M11 - Meccanismi di taglio nelle pareti del transetto	NP
M17 - Meccanismi di taglio nel presbiterio o nell'abside	0
M23 - Meccanismi di taglio nelle cappelle	NP
MECCANISMI DI COLLASSO PER IRREGOLARITA'	
M4 - Protiro-Nartece	NP
M7 - Risposta longitudinale del colonnato	NP
M25 - Interazioni in prossimità di irregolarità plano-altimetriche	2

Provvedimenti di pronto intervento suggeriti

PROVEDIMENTI DI P.I.	
Puntellamenti	-
Consolidamenti localizzati	-
Messa in opera di cerchiature e/o tiranti	-

Opere di ripristino: ripresa lesione in facciata causato da interazione con scuola adiacente, riparazione delle lesioni sulle pareti laterali del presbiterio e rimessa in funzione dei tiranti nell'abside

Opere di miglioramento sismico: cerchiatura abside

Opere di pronto intervento: /

Opere già eseguite: /

Messa in sicurezza

Non sono stati eseguiti interventi di messa in sicurezza sulle setti murari.

Intervento definitivo

Non è stato reperito materiale relativo all'intervento di consolidamento finale dei setti murari.

C4. CHIESA DI SAN FILIPPO NERI CENTO (FE)

Le scosse sismiche hanno causato lesioni passanti in corrispondenza della parte superiore dei cantonali murari tra le pareti della navata centrale e della facciata. L'andamento pressoché verticale denota la mancanza di ammorsamento tra i due paramenti. A queste si aggiungono lesioni tra le pareti della navata centrale e la controfacciata e una lesione orizzontale continua tra la volta di copertura della navata e la muratura della facciata, visibile all'interno della chiesa. La grande massa del fronte, la presenza di aperture nelle pareti laterali in prossimità del cantonale e la mancanza di ammorsamento tra gli apparecchi murari favoriscono il ribaltamento fuori dal piano della facciata.

L'assenza di presidi antisismici efficaci, quali catene longitudinali, fasciature perimetrali o cordonature sommitali non ostacola il meccanismo. Lesioni passanti tra la muratura del timpano e le pareti laterali della navata denunciano lo scarso collegamento tra la parete sommitale della facciata e le pareti longitudinali della chiesa. Il timpano rappresenta un macroelemento piuttosto vulnerabile alle azioni orizzontali, per via della posizione sopraelevata e per lo scarso grado di vincolo con il resto del corpo murario.

L'assenza di presidi antisismici come cordoli sommitali, fasciature perimetrali o collegamenti puntuali con gli elementi di copertura lo rende ulteriormente vulnerabile sotto l'azione sismica. In questo caso i collegamenti tra le orditure lignee di copertura e le murature sono di scarsa qualità.

AGIBILE CON PROVVEDIMENTI	ID 0,34
MECCANISMI DI PRIMO MODO: RIBALTAMENTO FUORI DAL PIANO	
M1 - Ribaltamento della facciata	0
M2 - Meccanismi nella sommità della facciata	4
M5 - Risposta trasversale dell'aula	0
M10 - Ribaltamento delle pareti di estremità del transetto	NP
M16 - Ribaltamento dell'abside	2
M22 - Ribaltamento delle cappelle	3

MECCANISMI DI SECONDO MODO: TAGLIO NEL PIANO	
M3 - Meccanismi nel piano della facciata	0
M6 - Meccanismi di taglio nelle pareti laterali	0
M11 - Meccanismi di taglio nelle pareti del transetto	NP
M17 - Meccanismi di taglio nel presbiterio o nell'abside	1
M23 - Meccanismi di taglio nelle cappelle	2
MECCANISMI DI COLLASSO PER IRREGOLARITA'	
M4 - Protiro-Nartece	NP
M7 - Risposta longitudinale del colonnato	NP
M25 - Interazioni in prossimità di irregolarità piano-altimetriche	2

Provvedimenti di pronto intervento suggeriti

PROVEDIMENTI DI P.I.	
Puntellamenti	-
Consolidamenti localizzati	-
Messa in opera di cerchiature e/o tiranti	EST.

Opere di ripristino: riparazione murature verticali (ripristino continuità)

Opere di miglioramento sismico: posa in opera di catene e tiranti

Opere di pronto intervento: messa in sicurezza della parte superiore della facciata

Opere già eseguite: /

Messa in sicurezza

La facciata e i fianchi della chiesa sono stati messi in sicurezza dai VVF con puntellamenti realizzate mediante strutture a tubi e giunti.

La parte superiore della facciata è stata messa in sicurezza attraverso una cerchiatura con cavi in acciaio.

Si tratta di una cerchiatura parziale: il trefolo metallico è ancorato alle pareti laterali della chiesa e impedisce il ribaltamento del timpano sul fronte strada. Il contatto con la facciata è ottenuto con dei distanziatori che permettono di posizionare il cavo nonostante le decorazioni il rilievo.

Costi: L'Ordinanza Commissariale n.37/2012²⁴⁴ ha autorizzato l'acquisto del materiale per l'intervento provvisorio per una spesa complessiva di € 12.856,07.

²⁴⁴ Ordinanza Commissariale 37/2012 - Intervento provvisorio urgente di puntellamento della facciata realizzato dai VVF.

Valutazione economica A22.3	20.000,00 €	
Ordinanza Commissariale n.37/2012	2.655,95 €	
Ordinanza Commissariale n.37/2012	10.200,12 €	
Ordinanza Commissariale n.21/2016	1.424,00 €	
INTERVENTO	PREVENTIVO	INCIDENZA
Acquisto materiale VVF (cerchiatura facciata e centine archi)	12.856,07 €	90%
Manutenzione (ponteggio di facciata)	1.424,00 €	5%
TOTALE	14.280,07 €	100%

Intervento definitivo

Il progetto prevede tre azioni principali per ridurre le vulnerabilità presenti.

Prima di tutto si procede al ripristino della continuità muraria mediante operazioni di scuci-cuci per le lesioni più significative e stuccatura per le lesioni di minore entità (scarnitura profonda, pulizia a secco e sigillatura con malta di calce idraulica)

In seguito vengono realizzati degli incatenamenti diffusi in corrispondenza della navata centrale al livello del cornicione interno, piatti metallici che circondano l'abside alla quota di tali incatenamenti e cordolature metalliche perimetrali, per conferire un comportamento monolitico all'intero corpo strutturale

Infine viene installato un cordolo metallico in sommità costituito da un profilo metallico piatto connesso agli apparecchi murari sottostanti per mezzo di barre iniettate con malta antiritiro. Il cordolo, in corrispondenza della facciata principale e a ridosso del campanile sarà costituito da un profilo metallico UPN160 ancorato alla muratura per mezzo di prefori armati e iniettati con resine epossidiche. In corrispondenza del timpano il cordolo metallico UPN160 funge da presidio di collegamento tra la muratura di facciata e le travi lignee delle falde di copertura, eliminando eventuali spinte. Inoltre, le teste delle capriate della copertura esistente vengono collegate al cordolo mediante cuffie metalliche e barre iniettate nella muratura esterna con resine epossidiche. In presenza di muratura di scarsa qualità, l'intervento sarà preceduto da un'opera di bonifica della fascia muraria interessata.

Costi: L'intervento per arginare i meccanismi di ribaltamento della facciata, attivatisi con il sisma del 2012, ha richiesto il 42% dell'importo totale.

Valutazione economica A22.1	218.000,00 €
Valutazione economica A22.2	172.000,00 €
TOTALE	390.000,00 €
IMPORTO LAVORI	373.707,88 €
ONERI SICUREZZA	242.248,52 €
SPESE TECNICHE E COSTI VARI	209.043,60 €
IMPORTO RICHiesto	825.000,00 €
IMPORTO FINANZIATO (congruità)	854.892,77 €

INTERVENTO	PREVENTIVO	INCIDENZA
Rimozione opere provvisionali	910,00 €	1%
Ponteggio	61.426,30 €	39%
Ripristino della continuità muraria	46.504,56 €	30%
Posa in opera di catene	6.527,63 €	4%
Cordolo metallico in sommità	39.931,70 €	25%
Fissaggio pinnacoli	2.113,04 €	1%
TOTALE	157.413,23 €	42%

Note

Non c'è chiarezza di documenti in merito alla messa in sicurezza. Le foto mostrano solo un intervento di cerchiatura ma le ordinanze commissariali di approvazione della spesa parlano di puntellamento e manutenzione dei ponteggi installati sulla facciata.

Gli interventi di messa in sicurezza operati dai VVF vengono completamente rimossi così come le recinzioni poste sulla pubblica strada atte a garantire l'incolumità dei passanti rispetto alle cadute di materiali distaccati dall'alto.

Gli interventi di messa in sicurezza, tra l'altro, hanno determinato l'apertura di varchi, specialmente in quota, attraverso finestre o attraverso le murature perimetrali della chiesa, consentendo l'accesso ai volatili all'interno e, di conseguenza, la formazione di sporczia a terra e nei vari punti di possibile appoggio. Ciò comporta la necessità di un importante intervento di bonifica e sanificazione, preliminare alle successive attività di cantiere.

Tale intervento, in unione con la rimozione delle opere provvisionali e la messa in opera di nuovi interventi stabili e permanenti di riparazione e miglioramento sismico porta all'esaurimento dei fondi disponibili, come si legge nella relazione di progetto: *“non si prevedono ulteriori interventi di completamento delle finiture interessate: ciò a causa dell'esaurimento dei fondi per ora disponibili per il Bene di cui si tratta, primariamente e necessariamente finalizzati all'eliminazione dei presidi temporanei di messa in sicurezza strutturale e quindi al consolidamento strutturale del complesso architettonico.”*

C5. CHIESA DI SANT'ANNA

RENO CENTESE (FE)

La chiesa non ha riportato danni rilevanti né per meccanismi di ribaltamento fuori dal piano né lesioni da taglio nel piano.

INAGIBILE	ID 0,20
MECCANISMI DI PRIMO MODO: RIBALTAMENTO FUORI DAL PIANO	
M1 - Ribaltamento della facciata	0
M2 - Meccanismi nella sommità della facciata	0
M5 - Risposta trasversale dell'aula	3
M10 - Ribaltamento delle pareti di estremità del transetto	NP
M16 - Ribaltamento dell'abside	0
M22 - Ribaltamento delle cappelle	NP
MECCANISMI DI SECONDO MODO: TAGLIO NEL PIANO	
M3 - Meccanismi nel piano della facciata	0
M6 - Meccanismi di taglio nelle pareti laterali	1
M11 - Meccanismi di taglio nelle pareti del transetto	NP
M17 - Meccanismi di taglio nel presbiterio o nell'abside	0
M23 - Meccanismi di taglio nelle cappelle	NP
MECCANISMI DI COLLASSO PER IRREGOLARITA'	
M4 - Protiro-Nartece	NP
M7 - Risposta longitudinale del colonnato	2
M25 - Interazioni in prossimità di irregolarità plano-altimetriche	0

Provvedimenti di pronto intervento suggeriti

PROVVEDIMENTI DI P.I.	
Puntellamenti	EST.
Consolidamenti localizzati	LIM.
Messa in opera di cerchiature e/o tiranti	LIM.

Opere di ripristino: /

Opere di miglioramento sismico: tirantatura nelle navate laterali

Opere di pronto intervento: /

Opere già eseguite: /

Messa in sicurezza

Non sono stati eseguiti interventi di messa in sicurezza sulle setti murari.

Intervento definitivo

Non è stato reperito materiale relativo all'intervento di consolidamento finale dei setti murari.

C6. CHIESA DI SAN MICHELE ARCANGELO BOMPORTO (MO)

In seguito all'evento sismico è avvenuto il distacco della facciata. Il timpano si è aperto in colmo ed è ruotato verso esterno, forse a causa del martellamento della trave di colmo. Sono insorte lesioni fuori dal piano che denunciano la rotazione verso esterno della facciata. A queste si aggiungono lesioni di taglio sulle pareti delle cappelle laterali.

INAGIBILE	ID 0,38
MECCANISMI DI PRIMO MODO: RIBALTAMENTO FUORI DAL PIANO	
M1 - Ribaltamento della facciata	4
M2 - Meccanismi nella sommità della facciata	4
M5 - Risposta trasversale dell'aula	0
M10 - Ribaltamento delle pareti di estremità del transetto	NP
M16 - Ribaltamento dell'abside	0
M22 - Ribaltamento delle cappelle	3
MECCANISMI DI SECONDO MODO: TAGLIO NEL PIANO	
M3 - Meccanismi nel piano della facciata	4
M6 - Meccanismi di taglio nelle pareti laterali	0
M11 - Meccanismi di taglio nelle pareti del transetto	NP
M17 - Meccanismi di taglio nel presbitero o nell'abside	0
M23 - Meccanismi di taglio nelle cappelle	3
MECCANISMI DI COLLASSO PER IRREGOLARITA'	
M4 - Protiro-Nartece	NP
M7 - Risposta longitudinale del colonnato	NP
M25 - Interazioni in prossimità di irregolarità plano-altimetriche	1

Provvedimenti di pronto intervento suggeriti

PROVVEDIMENTI DI P.I.	
Puntellamenti	LIM.
Consolidamenti localizzati	-
Messa in opera di cerchiature e/o tiranti	EST.

Opere di ripristino: ripristino strutturale delle connessioni della facciata alle murature perimetrali e alla copertura

Opere di miglioramento sismico: ripresa di intonaco e dei paramenti murari in facciata, risarcitura localizzata delle fessurazioni e tirantatura diffusa delle cappelle

Opere di pronto intervento: messa in sicurezza delle facciate

Opere già eseguite: /

Messa in sicurezza

In data 05 dicembre 2012, al fine di salvaguardare la pubblica incolumità nelle aree limitrofe alla chiesa, sono state eseguite delle opere di provvisori di sostegno alla facciata, in legno lamellare.



VALUTAZIONE ECONOMICA A22.3		10.000,00 €
Ordinanza Commissariale n.2/2013		826,49 €
Ordinanza Commissariale n.16/2013		14.090,85 €
Ordinanza Commissariale n.115/2013		35.719,65 €
TOTALE		50.636,99 €
INTERVENTO	PREVENTIVO	INCIDENZA
Puntello di ritegno in legno sulla facciata	10.505,33 €	93%
Transennamento area	826,49 €	7%
TOTALE	11.331,82 €	22%
IVA (10%)	1.133,18 €	
SPESE TECNICHE (IVA 22%)	1.625,85 €	
TOTALE OPERE DA APPALTARE		14.090,85 €

Intervento definitivo

Valutazione economica A22.1	420.000,00 €
Valutazione economica A22.2	380.000,00 €
TOTALE	800.000,00 €

C7. ORATORIO DI SAN ROCCO BOMPORTO (MO)

La chiesa non ha riportato danni rilevanti né per meccanismi di ribaltamento fuori dal piano né lesioni da taglio nel piano.

INAGIBILE	ID 0,20
MECCANISMI DI PRIMO MODO: RIBALTAMENTO FUORI DAL PIANO	
M1 - Ribaltamento della facciata	0
M2 - Meccanismi nella sommità della facciata	0
M5 - Risposta trasversale dell'aula	0
M10 - Ribaltamento delle pareti di estremità del transetto	NP
M16 - Ribaltamento dell'abside	NP
M22 - Ribaltamento delle cappelle	NP
MECCANISMI DI SECONDO MODO: TAGLIO NEL PIANO	
M3 - Meccanismi nel piano della facciata	0
M6 - Meccanismi di taglio nelle pareti laterali	0
M11 - Meccanismi di taglio nelle pareti del transetto	NP
M17 - Meccanismi di taglio nel presbiterio o nell'abside	NP
M23 - Meccanismi di taglio nelle cappelle	NP
MECCANISMI DI COLLASSO PER IRREGOLARITA'	
M4 - Protiro-Nartece	NP
M7 - Risposta longitudinale del colonnato	NP
M25 - Interazioni in prossimità di irregolarità plano-altimetriche	2

Provvedimenti di pronto intervento suggeriti

PROVVEDIMENTI DI P.I.	
Puntellamenti	-
Consolidamenti localizzati	-
Messa in opera di cerchiature e/o tiranti	EST.

Opere di ripristino: /

Opere di miglioramento sismico: /

Opere di pronto intervento: i provvedimenti di P.I. suggeriti sono riferiti al campanile

Opere già eseguite: /

Messa in sicurezza

Non sono stati eseguiti interventi di messa in sicurezza sulle setti murari.

Intervento definitivo

Non è stato reperito materiale relativo all'intervento di consolidamento finale dei setti murari.

C8. CHIESA DI SAN NICOLÒ DA BARI BOMPORTO (MO)

La chiesa non ha riportato danni rilevanti né per meccanismi di ribaltamento fuori dal piano né lesioni da taglio nel piano.

TEMPORANEAMENTE INAGIBILE	ID 0,26
MECCANISMI DI PRIMO MODO: RIBALTAMENTO FUORI DAL PIANO	
M1 - Ribaltamento della facciata	NP
M2 - Meccanismi nella sommità della facciata	2
M5 - Risposta trasversale dell'aula	2
M10 - Ribaltamento delle pareti di estremità del transetto	NP
M16 - Ribaltamento dell'abside	3
M22 - Ribaltamento delle cappelle	NP
MECCANISMI DI SECONDO MODO: TAGLIO NEL PIANO	
M3 - Meccanismi nel piano della facciata	NP
M6 - Meccanismi di taglio nelle pareti laterali	0
M11 - Meccanismi di taglio nelle pareti del transetto	NP
M17 - Meccanismi di taglio nel presbiterio o nell'abside	0
M23 - Meccanismi di taglio nelle cappelle	NP
MECCANISMI DI COLLASSO PER IRREGOLARITA'	
M4 - Protiro-Nartece	2
M7 - Risposta longitudinale del colonnato	0
M25 - Interazioni in prossimità di irregolarità plano-altimetriche	1

Provvedimenti di pronto intervento suggeriti

PROVVEDIMENTI DI P.I.	
Puntellamenti	LIM.
Consolidamenti localizzati	-
Messa in opera di cerchiature e/o tiranti	LIM.

Opere di ripristino: ripristino connessioni nella sommità della facciata e nell'abside con muri perimetrali, risarcitura lesioni, ripristino connessione murature laterali con copertura (lunette)

Opere di miglioramento sismico: ripresa dell'apparato decorativo

Opere di pronto intervento: provvedimenti di P.I. suggeriti

Opere già eseguite: /

Messa in sicurezza

Non sono stati eseguiti interventi di messa in sicurezza sulle setti murari.

Intervento definitivo

Non è stato reperito materiale relativo all'intervento di consolidamento finale dei setti murari.

C9. CHIESA DI SANT'EGIDIO ABATE

CAVEZZO (MO)

Lesioni passanti con andamento verticale si sono sviluppate alle estremità delle pareti longitudinali della chiesa in corrispondenza della facciata principale. Tali lesioni si sono manifestate a causa delle oscillazioni di ribaltamento della pesante facciata avvenute in occasione dell'evento sismico e denotano sia un debole ammorsoamento tra i paramenti ortogonali, sia una brusca variazione di rigidità trasversale tra la navata e la facciata.

INAGIBILE	ID 0,58
MECCANISMI DI PRIMO MODO: RIBALTAMENTO FUORI DAL PIANO	
M1 - Ribaltamento della facciata	3
M2 - Meccanismi nella sommità della facciata	0
M5 - Risposta trasversale dell'aula	3
M10 - Ribaltamento delle pareti di estremità del transetto	NP
M16 - Ribaltamento dell'abside	0
M22 - Ribaltamento delle cappelle	NP
MECCANISMI DI SECONDO MODO: TAGLIO NEL PIANO	
M3 - Meccanismi nel piano della facciata	0
M6 - Meccanismi di taglio nelle pareti laterali	1
M11 - Meccanismi di taglio nelle pareti del transetto	NP
M17 - Meccanismi di taglio nel presbitero o nell'abside	0
M23 - Meccanismi di taglio nelle cappelle	NP
MECCANISMI DI COLLASSO PER IRREGOLARITA'	
M4 - Protiro-Nartece	NP
M7 - Risposta longitudinale del colonnato	3
M25 - Interazioni in prossimità di irregolarità plano-altimetriche	3

Provvedimenti di pronto intervento suggeriti

PROVEDIMENTI DI P.I.	
Puntellamenti	EST.
Consolidamenti localizzati	EST.
Messa in opera di cerchiature e/o tiranti	EST.

Opere di ripristino: ripristino degli incatenamenti trasversali e longitudinali, ripristino strutturale delle connessioni tra le murature perimetrali, rifacimento delle parti mancanti, sigillatura delle lesioni con cucì e scuci nelle parti murarie lesionate

Opere di miglioramento sismico: ripristino finiture interne ed esterne, ripristino apparato decorativo (temere, stucco scagliola) e ripristino impiantistico, eventuale cerchiatura interna della copertura e integrazione dei tiranti

Opere di pronto intervento: vedi P.I. urgente anche il puntellamento delle pareti laterali

Opere già eseguite: /

Messa in sicurezza



La messa in sicurezza della facciata principale consiste nella cerchiatura parziale della costruzione. Tuttavia il presidio realizzato si discosta in parte dalla proposta progettuale. Quest'ultima infatti aveva previsto un cerchiaggio con tre ordini di funi appoggiate su morali di legno e ancorate alle pareti laterali delle cappelle (le cui murature non hanno riportato lesioni e sono pertanto in grado di assumere una funzione portante) in corrispondenza dei setti trasversali che delimitano le cappelle stesse. Inoltre, era stata prevista la realizzazione di un ponteggio in tubi e giunti che avrebbe permesso di svolgere le operazioni di cerchiatura in sicurezza, sorreggendo le pareti aggettanti della trabeazione, e, in una seconda fase, avrebbe svolto un'azione di ritegno diffuso. Infine, per evitare il collasso dei muri e della copertura ancora in loco in prossimità della facciata, un sistema di travi e puntoni in grado di scaricare le azioni sui muri esterni delle cappelle oltre alla realizzazione di un ponteggio interno di sostegno.

Tuttavia le immagini²⁴⁵ dei presidi di sicurezza mostrano un sistema di rinforzo realizzato diversamente: i ponteggi non sono stati installati, per lo meno non in modo definitivo, e la cerchiatura parziale presenta solo due ordini di tiranti in acciaio ancorati alle estremità superiori delle murature laterali e in facciata con piastre metalliche ed elementi di ripartizione in legno²⁴⁶. Inoltre, si nota la mancanza delle parti superiori di pareti laterali e della copertura adiacenti alla facciata, motivo per cui non è stato realizzato il sistema a supporto di quest'ultime, sostituito con un presidio di puntellamento in legno a sostegno della parte superiore di facciata per evitarne il ribaltamento verso l'interno della chiesa.

Costi: L'ordinanza commissariale n.27 del 23/08/2012 ha autorizzato i lavori di messa in sicurezza della chiesa per una spesa di € 199.821,68. Non è stato possibile reperire dati specifici sulla messa in sicurezza contro meccanismi di ribaltamento o taglio.

²⁴⁵

<http://www.mantovagricoltura.it/Edilizia/Galleria-Lavori?f=Chiesa%20S.%20Egidio%20Abate&p=Galleria-Lavori>

²⁴⁶ Immagine tavola 1AS15 progetto preliminare

	5	400.000,00 €
Ordinanza Commissariale n.27/2012 (chiesa)		199.821,68 €
Ordinanza Commissariale n.27/2012 (campanile)		156.799,60 €
	TOTALE	356.621,28 €

Intervento definitivo

Per contrastare il ribaltamento della facciata in modo definitivo si prevede un sistema di incatenamento globale dell'intera struttura. Nello specifico, le travi lignee della nuova copertura dell'aula vengono collegate, mediante catene e piastre in acciaio, al paramento murario della facciata principale e di quella retrostante; due ordini di tiranti trasversali impediscono il ribaltamento delle snelle pareti laterali; tre ordini di cerchiature metalliche, composte da una catena interna alla muratura e profili piatti esterni ed opportunamente sagomati, contrastano il possibile ribaltamento dell'abside. Quest'ultimo intervento, unitamente alla realizzazione di una cappa fibrinforzata all'estradosso della volta e al tavolato ligneo della copertura, permette di aumentare anche la resistenza a taglio dell'abside.

L'aula presenta una resistenza a taglio minore rispetto alla zona della chiesa a contatto con il corpo della canonica: ciò può causare una roto-traslazione della parte meno rigida intorno a quella più rigida. Per questo viene previsto anche un intervento volto ad irrigidire l'aula e conferire maggiore resistenza a taglio trasversale attraverso la sostituzione delle sottili pareti divisorie tra le cappelle con murature in mattoni pieni di maggiore spessore²⁴⁷.

Costi: L'importo a piano e a programma stanziato gli interventi di riparazione con rafforzamento locale e miglioramento sismico necessari per il ripristino dell'agibilità della Chiesa di Sant'Egidio Abate ammonta a € 3.312.352,23. Di questa somma, il progetto preliminare prevede una spesa di € 10.000 per la rimozione dei presidi provvisori di messa in sicurezza.

Valutazione economica A22.1	2.000.000,00 €	
Valutazione economica A22.2	2.200.000,00 €	
	TOTALE	4.200.000,00 €
IMPORTO LAVORI (escluso iva 10%)	2.057.275,38 €	
ONERI SICUREZZA (escluso iva 10%)	441.198,48 €	
SPESE TECNICHE	891.526,14 €	
IMPORTO RICHIESTO	3.390.000,00 €	
IMPORTO GENERALE	3.312.352,23 €	
INTERVENTO	PREVENTIVO	INCIDENZA
Rimozione e pulizia	167.993,20 €	10%
Nuovo involucro navata centrale	511.811,60 €	32%

²⁴⁷ Progetto preliminare, Relazione descrittiva del progetto di recupero (1.RP), Aprile 2014, pp.32-33

ALLEGATI

Interventi a pavimento e nuovi solai	198.983,49 €	12%
Coperture e soffitti cappelle laterali, abside	148.526,22 €	9%
Consolidamento muratura	27.378,97 €	2%
Posa in opera di catene	7.676,19 €	0%
Finitura	428.520,77 €	27%
Arredi chiesa	111.000,00 €	7%
TOTALE	1.601.890,44 €	78%

Note

L'intervento definitivo prevede la completa rimozione degli elementi provvisori in legno e acciaio, di ritegno e supporto della facciata.

Il sistema di messa in sicurezza è risultato particolarmente efficace dal punto di vista degli ingombri: la combinazione di puntoni in legno contro il ribaltamento interno e di tiranti in acciaio contro il ribaltamento esterno ha permesso di non occupare lo spazio esterno davanti alla facciata ma neppure interno in quanto il consolidamento delle murature laterali delle cappelle, che non avevano subito danni importanti, ha garantito la resistenza necessaria a fare da supporto alle opere provvisori. Dalla relazione del progetto di messa in sicurezza si legge che *"si è individuato il miglior sistema per non coinvolgere edifici limitrofi e inoltre si sono pensate opere di messa in sicurezza che non pregiudicassero gli interventi successivi di consolidamento evitando aggravii di costi."*²⁴⁸

²⁴⁸ Relazione del progetto di messa in sicurezza, p.4

C10. CHIESA DELLA BEATA VERGINE DEL ROSARIO

FINALE EMILIA (MO)

La facciata presenta lesioni verticali che si diramano dall'apertura in prossimità del timpano fino alla sommità della facciata e due cerniere cilindriche che hanno permesso lo spostamento fuori piano, per flessione, del timpano (M2). Inoltre, l'improvvisa variazione di rigidità alla traslazione nel piano trasversale tra l'aula liturgica e la facciata ha generato lesioni a taglio in quest'ultima (M3) oltre a crolli e diverse lesioni passanti di cui una verticale che percorre l'intera facciata attraversando le aperture (finestra sommitale e portone d'ingresso).

Nell'aula, le lesioni maggiori si sono verificate nelle fasce murarie sommitali (M5). Nello specifico, il danno è riconducibile al comportamento delle pareti laterali dell'aula che, trovando alla base un appoggio discontinuo costituito dai pilastri e archi delle cappelle laterali, hanno reso particolarmente vulnerabile la parte superiore (nonostante la presenza di catene in ferro di antica datazione) su cui è impostata sia la volta che la copertura. A questo si aggiungono lesioni diagonali passanti in corrispondenza delle pareti laterali (M6). Infine sono sopraggiunte lesioni da ribaltamento e da taglio nel muro di separazione tra il presbiterio e la sagrestia, favorite da rimaneggiamenti successivi subiti dall'apparecchiatura muraria (M17).²⁴⁹ Importanti lesioni sono apparse nella connessione tra l'aula e la cappella del Carmine dove le murature sono prive di ammorsature (M25).

INAGIBILE	ID 0,54
MECCANISMI DI PRIMO MODO: RIBALTAMENTO FUORI DAL PIANO	
M1 - Ribaltamento della facciata	2
M2 - Meccanismi nella sommità della facciata	2
M5 - Risposta trasversale dell'aula	3
M10 - Ribaltamento delle pareti di estremità del transetto	NP
M16 - Ribaltamento dell'abside	NP
M22 - Ribaltamento delle cappelle	4
MECCANISMI DI SECONDO MODO: TAGLIO NEL PIANO	
M3 - Meccanismi nel piano della facciata	4
M6 - Meccanismi di taglio nelle pareti laterali	3
M11 - Meccanismi di taglio nelle pareti del transetto	NP
M17 - Meccanismi di taglio nel presbiterio o nell'abside	3
M23 - Meccanismi di taglio nelle cappelle	3
MECCANISMI DI COLLASSO PER IRREGOLARITA'	
M4 - Protiro-Nartece	NP
M7 - Risposta longitudinale del colonnato	NP
M25 - Interazioni in prossimità di irregolarità plano-altimetriche	3

²⁴⁹ Progetto esecutivo, Relazione generale tecnico-descrittiva, febbraio 2016. pp.26-31

Provvedimenti di pronto intervento suggeriti

PROVVEDIMENTI DI P.I.	
Puntellamenti	EST.
Consolidamenti localizzati	LIM.
Messa in opera di cerchiature e/o tiranti	LIM.

Opere di ripristino: cucì-scucì dei muri lesionati
 Opere di miglioramento sismico: ammorsamento muri longitudinali
 Opere di pronto intervento: messa in sicurezza parte anteriore
 Opere già eseguite: /

Messa in sicurezza

La messa in sicurezza della facciata è consistita nella predisposizione di una struttura perimetrale protettiva costituita da elementi verticali, predisposti in coppia ogni 5 metri, previa predisposizione di relative opere fondali mediante micropali. Queste colonne sostengono un piano protettivo per la sottostante strada di collegamento urbano, e permettono la predisposizione di un piano di ancoraggio per eventuali impalcature relative ad opere di pronto intervento e a successivi interventi definitivi. Tale ponteggio strutturale, opportunamente collegato a quota +6,00 con la tirantatura di facciata, consente la realizzazione di un primo livello di cerchiatura perimetrale della chiesa, in particolar modo della facciata. La predisposizione di piastre con martinetto sulla colonna interna in adiacenza alla muratura consente il contenimento puntuale della muratura stessa. A completamento dell'intervento viene realizzata una seconda cerchiatura metallica perimetrale (secondo livello) in prossimità della navata centrale completa di cantiere di collegamento trasversale (in prossimità delle aperture di finestre) e tirantatura in facciata.

Costi: Per la messa in sicurezza del campanile e della facciata della Chiesa del Rosario, la Regione Emilia Romagna ha disposto un finanziamento di € 196.968,46 (ordinanza commissariale n.27 del 23.08.2012) di cui € 66.929,81 per gli interventi provvisionali sulla chiesa. La perizia di variante, del 10.01.13 ha calcolato una spesa effettiva di € 93.671,08. Successivamente, l'ordinanza 52/2016 "Interventi di mantenimento ed integrazione dei dispositivi provvisionali propedeutici alla realizzazione degli interventi di ripristino dei danni già inseriti nel Programma delle Opere Pubbliche e dei Beni Culturali", ha assegnato al Comune di Finale Emilia un finanziamento di € 100.722,70 (IVA inclusa) per nolo di ponteggio e delle strutture metalliche e acquisto di parte delle strutture provvisionali rimaste in loco.

VALUTAZIONE ECONOMICA A22.3	108.000,00 €
Ordinanza Commissariale n.27/2012	196.968,46 €
Ordinanza Commissariale n.16/2013	308.000,00 €
Ordinanza Commissariale n.52/2016	100.722,70 €
TOTALE	605.691,16 €

INTERVENTO	PREVENTIVO	INCIDENZA
Nolo ponteggi	23.592,03 €	16%
Fondazioni per struttura metallica di sostegno	8.398,05 €	6%
Struttura metallica di sostegno	49.414,42 €	34%
Catene e cavi in acciaio	4.623,22 €	3%
Sbadacchiature	3.034,96 €	2%
Manodopera e nolo mezzi	4.608,40 €	3%
Manutenzione ponteggi (2016)	50.361,35 €	35%
TOTALE	144.032,43 €	24%

Intervento definitivo

Per arginare possibili futuri collassi per ribaltamenti fuori dal piano, il progetto esecutivo propone di migliorare i collegamenti tra le diverse parti della struttura. In particolare, il timpano della facciata viene collegato alla struttura lignea di copertura sfruttando il cordolo metallico realizzato in fase post-emergenziale al di sotto dell'appoggio dei travetti di falda sulla facciata: questo profilo ad L in acciaio viene collegato alla muratura mediante tirafondi Ø20 e piastre di ancoraggio sul lato esterno del muro, sotto intonaco. Inoltre, il cordolo in controfacciata viene prolungato sulle murature longitudinali, fino all'appoggio della seconda capriata, collegandolo alle murature e alle catene di controvento.

Inoltre, è stato verificato lo stato di efficienza e conservazione delle catene e dei capochiave esistenti, con eventuali integrazioni.²⁵⁰ Un nuovo sistema di incatenamento e cerchiatura è composto da: catene trasversali multilivello in facciata (realizzato con tiranti in barre *Dywidag* Ø26 in asse alla muratura e collegate alle estremità con piastre di contrasto sottotraccia e iniezioni di malta a base di calce), catene all'imposta di due archi trasversali a struttura lignea dell'aula (mediante barre metalliche Ø30 collegate alla murature con capochiave a paletto), fasciatura dell'aula con profilo ad L in acciaio, sopra la trabeazione interna, collegata con le catene trasversali e catene con barre metalliche Ø24, poste a livello del sottotetto del presbiterio, ancorate in facciata con capochiave a paletto.

Le murature sono state inoltre consolidate mediante risarcitura delle lesioni con iniezioni di miscela a base di calce idraulica e con operazioni puntuali di scuci e cucì per le lesioni più profonde. Per incrementare la resistenza a taglio della muratura si prevedono operazioni di ristilatura armata profonda dei giunti per le zone particolarmente sollecitate ad azioni nel piano della facciata, dell'aula, dell'abside e delle cappelle.

Per i danni causati dall'interazione, il progetto esecutivo prevede la ristilatura armata dei giunti (ogni 4) con barre elicoidali INOX Ø6, da estendersi a tutto il paramento lato esterno e da ancorare alle murature longitudinali dell'aula con cuciture profonde (per evitare il meccanismo di ribaltamento). Le murature vengono riparate con riempimento murario dell'angolo sinistro/nord-est, per evitare meccanismi a taglio.

²⁵⁰ Ridefinizione dell'esistente incatenamento longitudinale degli archi presenti sulle murature laterali di separazione tra l'aula e le cappelle mediante barre metalliche Ø24 con capochiave a piastra da posizionarsi all'imposta degli archi e in facciata

ALLEGATI

Costi: L'importo a piano stanziato per il recupero, restauro e risanamento conservativo con miglioramento sismico della Chiesa del Rosario ammonta a € 2.100.00,00; a programma è invece previsto un finanziamento di € 2.712.500,00.

Valutazione economica A22.1	947.000,00 €
Valutazione economica A22.2	1.088.000,00 €
TOTALE	2.035.000,00 €
IMPORTO GENERALE	1.929.078,18 €

Note

L'intervento definitivo riutilizza parzialmente il presidio provvisorio contro il ribaltamento della facciata, evitando costi per la sua rimozione e sostituzione con altro dispositivo. Rappresenta dunque un esempio di come sia possibile progettare in fase emergenziale un elemento di consolidamento già volto all'intervento definitivo. Tuttavia è stato necessario sostituire parte del ponteggio installato in fase d'urgenza, previo acquisto delle strutture, poiché nell'installazione iniziale non sono state mantenute distanze dal muro sufficienti per poter lavorare.

C11. CHIESA DI SAN BARTOLOMEO

FINALE EMILIA (MO)

La chiesa ha riportato lesioni da ribaltamento in facciata, nelle pareti laterali dell'aula e nell'abside.

INAGIBILE	ID 0,44
MECCANISMI DI PRIMO MODO: RIBALTAMENTO FUORI DAL PIANO	
M1 - Ribaltamento della facciata	2
M2 - Meccanismi nella sommità della facciata	3
M5 - Risposta trasversale dell'aula	3
M10 - Ribaltamento delle pareti di estremità del transetto	NP
M16 - Ribaltamento dell'abside	4
M22 - Ribaltamento delle cappelle	0
MECCANISMI DI SECONDO MODO: TAGLIO NEL PIANO	
M3 - Meccanismi nel piano della facciata	0
M6 - Meccanismi di taglio nelle pareti laterali	0
M11 - Meccanismi di taglio nelle pareti del transetto	NP
M17 - Meccanismi di taglio nel presbiterio o nell'abside	0
M23 - Meccanismi di taglio nelle cappelle	0
MECCANISMI DI COLLASSO PER IRREGOLARITA'	
M4 - Protiro-Nartece	NP
M7 - Risposta longitudinale del colonnato	NP
M25 - Interazioni in prossimità di irregolarità plano-altimetriche	4

Provvedimenti di pronto intervento suggeriti

PROVVEDIMENTI DI P.I.	
Puntellamenti	LIM.
Consolidamenti localizzati	LIM.
Messa in opera di cerchiature e/o tiranti	LIM.

Opere di ripristino: consolidamento abside, cucì-scucì lesioni passanti e consolidamento muri longitudinali

Opere di miglioramento sismico: concatenamento perimetrale aula (es. catene di ancoraggio del fronte con i muri longitudinali)

Opere di pronto intervento: messa in sicurezza timpano e abside

Opere già eseguite: /

Messa in sicurezza

I VVF hanno provveduto alla realizzazione di opere di sostegno alla facciata consistenti in una struttura in tubi e giunti. Nulla viene invece fatto per l'abside.

Intervento definitivo

Non è stato reperito materiale relativo all'intervento di consolidamento finale dei setti murari.

C12. CHIESA DI SAN LUCA EVANGELISTA

MEDOLLA (MO)

La parte sommitale della facciata è crollata, formando il tipico arco nella muratura. Anche le murature laterali dell'aula sono in parte crollate. Sulle restanti murature, sono presenti lesioni molto profonde ed estese oltre a crolli localizzati di intonaci, iscrizioni e decorazioni. Il presbiterio risulta essere la parte meno danneggiata nonostante siano presenti numerose lesioni. Infine, le sacrestie presentano profonde lesioni su tutte le superfici con cedimenti degli architravi delle aperture.

INAGIBILE	ID 0,70
MECCANISMI DI PRIMO MODO: RIBALTAMENTO FUORI DAL PIANO	
M1 - Ribaltamento della facciata	5
M2 - Meccanismi nella sommità della facciata	5
M5 - Risposta trasversale dell'aula	5
M10 - Ribaltamento delle pareti di estremità del transetto	NP
M16 - Ribaltamento dell'abside	0
M22 - Ribaltamento delle cappelle	NP
MECCANISMI DI SECONDO MODO: TAGLIO NEL PIANO	
M3 - Meccanismi nel piano della facciata	3
M6 - Meccanismi di taglio nelle pareti laterali	2
M11 - Meccanismi di taglio nelle pareti del transetto	NP
M17 - Meccanismi di taglio nel presbiterio o nell'abside	4
M23 - Meccanismi di taglio nelle cappelle	NP
MECCANISMI DI COLLASSO PER IRREGOLARITA'	
M4 - Protiro-Nartece	NP
M7 - Risposta longitudinale del colonnato	NP
M25 - Interazioni in prossimità di irregolarità plano-altimetriche	3

Provvedimenti di pronto intervento suggeriti

PROVVEDIMENTI DI P.I.	
Puntellamenti	LIM.
Consolidamenti localizzati	-
Messa in opera di cerchiature e/o tiranti	-

Opere di ripristino: ricostruzione di parte della facciata, fianchi laterali e ripristino delle lesioni nelle strutture verticali

Opere di miglioramento sismico: verifica dello stato tensionale ed eventuale inserimento di ulteriori tiranti

Opere di pronto intervento: Puntellamento della facciata e dei fianchi laterali corrispondenti alle cappelle

Opere già eseguite: /

Messa in sicurezza

L'intervento provvisorio, realizzato nel 2014, è consistito nella realizzazione di portali metallici di supporto alla copertura provvisoria della chiesa al fine di preservare il Bene e poter approntare le conseguenti opere di ricostruzione. I portali (meglio descritti nel capitolo "coperture") impediscono anche il ribaltamento delle murature fuori dal piano.

Intervento definitivo

L'intervento definitivo, in attesa di seconda approvazione, prevede il consolidamento delle murature superstiti mediante operazioni di scuci e cucì, sigillatura dei giunti, iniezioni di malta e ripristino degli ammorsamenti. Le parti crollate vengono ricostruite arretrate rispetto al piano delle murature originarie per lasciare memoria dell'evento. Gli architravi lesionati vengono consolidati o ricostruiti.

C13. CHIESA DEI SS SENESIO E TEOPOMPO MARTIRI MEDOLLA (MO)

L'attivazione del meccanismo di ribaltamento della facciata (M1) è evidenziato dalla formazione di gravi lesioni subverticali sui setti murari laterali in prossimità della facciata, segno di un carente grado di ammortamento tra le murature d'angolo, aggravato dalla presenza di elementi spingenti. Inoltre, la marcata e netta lesione ad andamento orizzontale nella parte superiore della facciata denota la formazione di una cerniera di rotazione del macro blocco murario (M2) evidenziando l'innescio di rotazioni fuori piano della porzione sommitale della facciata causate dallo scarso ammortamento e dall'elevata massa del timpano. Se le pareti longitudinali dell'aula presentano solo lievi lesioni a taglio (M6), la zona absidale e presbiteriale, indebolite dalle grandi aperture, da elementi spingenti, dall'elevata snellezza dei setti murari e da scarse caratteristiche costruttive, mostra lesioni di natura tagliente (M17) ben più significative che denotano scarsa resistenza nei confronti delle azioni orizzontali. Anche le cappelle laterali presentano gravi lesioni di natura tagliente (M23) a causa delle aperture, seppure di sezione ridotta. In alcuni punti si evidenziano lesioni da interazione a causa della presenza di corpi annessi che presentano volumetria differente rispetto al corpo di fabbrica principale (M25).

INAGIBILE	ID 0,46
MECCANISMI DI PRIMO MODO: RIBALTAMENTO FUORI DAL PIANO	
M1 - Ribaltamento della facciata	3
M2 - Meccanismi nella sommità della facciata	3
M5 - Risposta trasversale dell'aula	3
M10 - Ribaltamento delle pareti di estremità del transetto	NP
M16 - Ribaltamento dell'abside	0
M22 - Ribaltamento delle cappelle	3
MECCANISMI DI SECONDO MODO: TAGLIO NEL PIANO	
M3 - Meccanismi nel piano della facciata	3
M6 - Meccanismi di taglio nelle pareti laterali	3
M11 - Meccanismi di taglio nelle pareti del transetto	NP
M17 - Meccanismi di taglio nel presbiterio o nell'abside	2
M23 - Meccanismi di taglio nelle cappelle	3
MECCANISMI DI COLLASSO PER IRREGOLARITA'	
M4 - Protiro-Nartece	NP
M7 - Risposta longitudinale del colonnato	3
M25 - Interazioni in prossimità di irregolarità plano-altimetriche	3

Provvedimenti di pronto intervento suggeriti

PROVVEDIMENTI DI P.I.	
Puntellamenti	EST.
Consolidamenti localizzati	-
Messa in opera di cerchiature e/o tiranti	LIM.

Opere di ripristino: risarcitura lesioni e ripristino degli ammorsamenti della facciata

Opere di miglioramento sismico: inserimento di tiranti

Opere di pronto intervento: puntellamenti, opere provvisorie di cerchiatura e rinforzo, tirantatura e puntellamento della facciata e della parte nord

Opere già eseguite: smontaggio parti pericolanti già eseguite dai VVF

Messa in sicurezza

Per evitare il collasso della facciata, i VVF hanno realizzato un sistema di puntellamento con strutture a tubi e giunti e con sistemi di ritegno in acciaio ed elementi in legno per il trasferimento del carico.

Non sono invece state realizzate opere provvisorie contro i meccanismi a taglio, nonostante i danni riportati siano significativi, soprattutto nella zona dell'abside e del presbiterio.

Intervento definitivo

L'intervento definitivo prevede la risarcitura delle lesioni e il ripristino della continuità muraria tramite tecnica del cuciscuci delle lesioni. L'intervento definitivo ha poi previsto lo smontaggio dei presidi di sicurezza e un consolidamento mediante miglioramento dei collegamenti tra le murature trasversali con sistemi di incatenamento longitudinali e trasversali di connessione tra la facciata principale e le murature d'ambito dell'aula, oltre a incatenamenti sommitali della copertura con miglioramento delle connessioni tra gli elementi strutturali di quest'ultima.

Vista la particolare vulnerabilità delle cappelle, il progetto definitivo propone di aumentarne la resistenza a taglio attraverso una cerchiatura con profili metallici. Questa scelta progettuale evidenzia una particolare attenzione agli aspetti conservativi: si è preferito impiegare una tecnica che, seppur più costosa e complessa rispetto ad una semplice tamponatura, ha permesso di mantenere invariate le condizioni di intervisibilità tra le cappelle laterali. Ciò suggerisce la possibilità di installare questi elementi di consolidamento già in fase emergenziale diventando così ulteriore presidio di rinforzo delle strutture murarie, oltre che un possibile intervento a carattere già definitivo capace di inserirsi adeguatamente nel contesto senza alterarne eccessivamente la natura.



C14. CHIESA DELLA BEATA VERGINE DELLA PORTA MIRANDOLA (MO)

I danni maggiori sono stati subiti dalle pareti laterali dell'aula che mostrano l'attivazione del meccanismo di ribaltamento. Facciata e pareti laterali risultano lesionate a taglio.

INAGIBILE	ID 0,53
MECCANISMI DI PRIMO MODO: RIBALTAMENTO FUORI DAL PIANO	
M1 - Ribaltamento della facciata	2
M2 - Meccanismi nella sommità della facciata	1
M5 - Risposta trasversale dell'aula	4
M10 - Ribaltamento delle pareti di estremità del transetto	NP
M16 - Ribaltamento dell'abside	NP
M22 - Ribaltamento delle cappelle	NP
MECCANISMI DI SECONDO MODO: TAGLIO NEL PIANO	
M3 - Meccanismi nel piano della facciata	3
M6 - Meccanismi di taglio nelle pareti laterali	3
M11 - Meccanismi di taglio nelle pareti del transetto	NP
M17 - Meccanismi di taglio nel presbiterio o nell'abside	NP
M23 - Meccanismi di taglio nelle cappelle	NP
MECCANISMI DI COLLASSO PER IRREGOLARITA'	
M4 - Protiro-Nartece	NP
M7 - Risposta longitudinale del colonnato	NP
M25 - Interazioni in prossimità di irregolarità plano-altimetriche	1

Provvedimenti di pronto intervento suggeriti

PROVVEDIMENTI DI P.I.	
Puntellamenti	LIM.
Consolidamenti localizzati	LIM.
Messa in opera di cerchiature e/o tiranti	LIM.

Opere di ripristino: risanamento delle lesioni con tecnica del cuci-scuci e sigillature, integrazione e verifica dei tiranti metallici in opera

Opere di miglioramento sismico: /

Opere di pronto intervento: /

Opere già eseguite: /

Messa in sicurezza

I VVF hanno realizzato opere di sbadacchiatura delle aperture e del timpano e cerchiatura in cavi di acciaio e morali in legno dell'oratorio, favoriti dal piccolo volume che lo contraddistingue.

Intervento definitivo

Non è stato reperito materiale relativo all'intervento di consolidamento finale dei setti murari.

C15. CHIESA DEL GESÙ MIRANDOLA (MO)

M1: Le fessurazioni verticali sulla parete laterale di sinistra, verso la facciata, denotano l'indebolimento dell'angolo e il conseguente distacco della facciata. La formazione di una cerniera cilindrica a circa metà altezza della facciata ha causato un fuori piombo di 10cm, denunciando l'attivazione del cinematismo di ribaltamento.

M2: L'azione ciclica di martellamento della trave di colmo ha provocato lo sfondamento del timpano, con conseguente rottura e rotazione della porzione di muratura più elevata. Tale fenomeno è stato incentivato dalla mancanza di connessione degli arcarecci con la facciata.

M3: Approfondimenti successivi, non possibili nella prima fase di ricognizione dei danni a causa dell'impossibilità di entrare all'interno, hanno riscontrato la presenza di fessurazioni diagonali all'interno della facciata (poco visibili all'esterno).

M5: Notevoli fuori piombo (17cm) segnalano che la parete laterale a nord è ruotata verso l'esterno a causa di un cattivo ammortamento. Distacchi e lesioni nelle pareti interne (alte) dovute a cattivo ammortamento e disarticolazione/collasso degli incatenamenti.

M6: Lesioni e lacune nella muratura sul lato sud sono riconducibili a sollecitazioni di taglio nel piano favorite dalla mancanza di connessioni tra facciata e transetto.

M10: La formazione di fessure verticali denota un principio di rotazione fuori dal piano delle pareti esterne del transetto nord, che presenta un fuori piombo di 30cm. Il meccanismo è favorito dalla mancanza di ammortamento delle murature con le pareti laterali dell'aula e dalla presenza di elementi spingenti in copertura. La parete sud presenta forti analogie a quella nord ma le deformazioni sono meno accentate per la presenza dell'edificio attiguo. (Formazione di cerniere cilindriche a metà altezza dovute alla copertura spingente e al non adeguato ammortamento con la parete).

M11: Il transetto di sinistra presenta distacco e fuori piombo dell'apparecchiatura muraria (principio di espulsione) e anche all'interno le pareti risultano fortemente lesionate con crollo di porzioni di muratura. Il transetto di destra presenta diffuse lesioni a taglio, in particolar modo sulla parete di fondo.

M16: Diverse lesioni diagonali sono presenti sulla parete laterale posta a Sud dell'abside: disconnessione dei tamponamenti in facciata, ribaltamento fuori dal piano con fuori piombo di 12cm e formazione della cerniera cilindrica a circa 1/3 dell'altezza sono i principali sintomi dell'attivazione del meccanismo di ribaltamento nell'abside.

ALLEGATI

M23: Inoltre, risultano fortemente lesionate le pareti laterali delle due cappelle di sinistra, meno lesionate le due di destra.

M25: Sul lato sud, i contrafforti a sostegno della porzione di muratura più alta dell'aula sono stati lesionati in più punti a causa dell'interazione con edificio adiacente.

INAGIBILE	ID 0,50
MECCANISMI DI PRIMO MODO: RIBALTAMENTO FUORI DAL PIANO	
M1 - Ribaltamento della facciata	2
M2 - Meccanismi nella sommità della facciata	0
M5 - Risposta trasversale dell'aula	4
M10 - Ribaltamento delle pareti di estremità del transetto	3
M16 - Ribaltamento dell'abside	0
M22 - Ribaltamento delle cappelle	NP
MECCANISMI DI SECONDO MODO: TAGLIO NEL PIANO	
M3 - Meccanismi nel piano della facciata	2
M6 - Meccanismi di taglio nelle pareti laterali	2
M11 - Meccanismi di taglio nelle pareti del transetto	3
M17 - Meccanismi di taglio nel presbiterio o nell'abside	3
M23 - Meccanismi di taglio nelle cappelle	NP
MECCANISMI DI COLLASSO PER IRREGOLARITA'	
M4 - Protiro-Nartece	NP
M7 - Risposta longitudinale del colonnato	NP
M25 - Interazioni in prossimità di irregolarità plano-altimetriche	0

Provvedimenti di pronto intervento suggeriti

PROVEDIMENTI DI P.I.	
Puntellamenti	-
Consolidamenti localizzati	-
Messa in opera di cerchiature e/o tiranti	EST.

Opere di ripristino: ripristino e/o sostituzione delle catene esistenti e risarcitura delle lesioni diffuse in tutto il paramento murario

Opere di miglioramento sismico: miglioramento e riconfigurazione del comportamento scatolare dell'intera struttura con interventi idonei sia in copertura che nei paramenti murari

Opere di pronto intervento: cerchiatura della sommità di facciata su pareti laterali, controllo degli archi rampanti lesionati e del paramento esterno del transetto sinistro con eventuali rimozioni delle parti pericolanti

Opere già eseguite: /

Messa in sicurezza

L'intervento urgente di messa in sicurezza si è svolto in due fasi. La prima è consistita nella rimozione e catalogazione delle porzioni crollate o in distacco, da rimuovere. La seconda fase è consistita nella messa in sicurezza della facciata e dei transetti attraverso le diverse operazioni.

Innanzitutto, si è proceduto alla sbadacchiatura e centinatura delle aperture mediante cerchiatura e controventatura delle due aperture in corrispondenza di transetti e facciata (dove, in corrispondenza degli architravi delle stesse, sono state rilevate significative fessurazioni). La continuità muraria è stata ripristinata mediante stuccatura delle lesioni con malta di calce ad alta resistenza e rapida presa, sigillatura con iniezioni di malta di calce strutturale, cuciture localizzate con barre in acciaio inox iniettate con resine epossidiche, scuci e cucì in corrispondenza dei fori pontai.



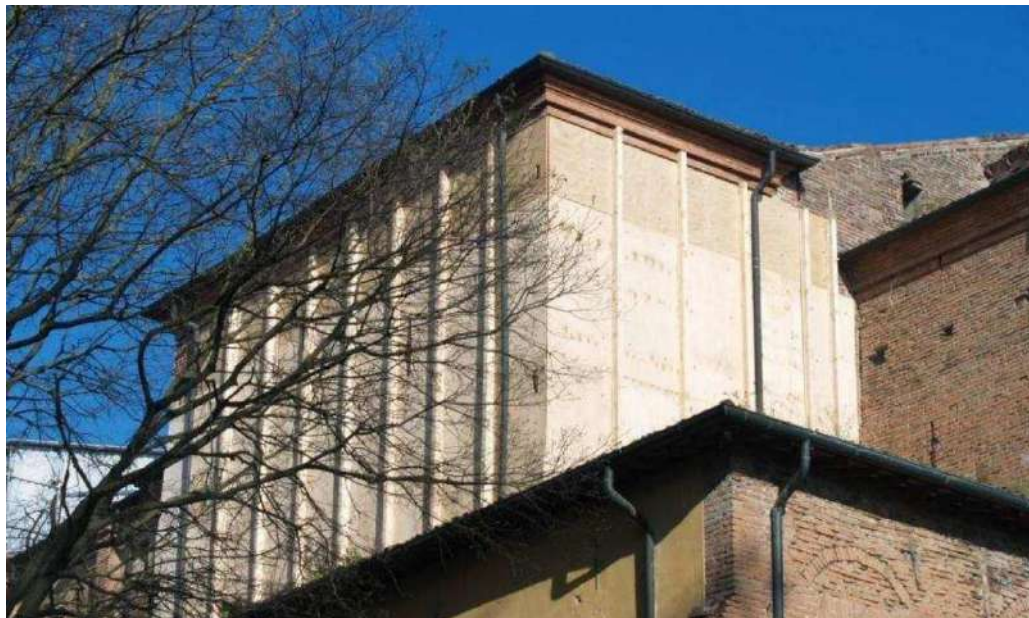
La facciata (e controfacciata) e il transetto sinistro sono stati puntellati mediante installazione di tre reticoli di puntellamento costituiti da ponteggi prefabbricati ad impalcati completi (con contrappesi per evitare il ribaltamento).

Il transetto destro è stato cerchiato con angolari in legno, sei livelli di piastre metalliche (solidarizzate alla muratura con perforazioni armate a 45° iniettate con resina epossidica) cui si agganciano barre *Dywidag* Ø20 ad alta resistenza. In fase di realizzazione dell'intervento, la cerchiatura è stata ottenuta mediante l'uso di pannellature di tavolato in compensato fenolico, morali verticali e trefoli in acciaio.

L'intervento di messa in sicurezza propedeutica alla progettazione definitiva ha previsto, prima di tutto, il ripristino della funzionalità dei presidi esistenti previa verifica dello stato di conservazione e della funzionalità strutturale.²⁵¹ Dopodiché,

²⁵¹ A distanza di cinque anni, i ponteggi interni ed esterni presentavano problemi manutentivi legati alle strutture lignee e alla presenza di guano. Inoltre sono presenti problematiche strutturali legate a carenze statiche e

si inizia con la rimozione delle macerie nella navata centrale attraverso l'ausilio di un nastro trasportatore.²⁵² In seguito, vengono rimossi gli elementi instabili in elevazione, previa creazione di una passerella in legno e acciaio, poggiante sui due muricci longitudinali in laterizio del piano interrato, che funga da supporto per l'accesso e la manovra di mezzi, in modo da preservare la pavimentazione storica e non gravare sulla struttura voltata.²⁵³ Una volta messi in sicurezza gli alzati sarà possibile procedere allo smontaggio della recinzione della zona di sicurezza e alla rimozione delle macerie perimetrali e delle cappelle laterali.



Completata la rimozione delle macerie a terra si provvederà al completamento del solaio provvisorio su tutta l'area pavimentale della chiesa, comprensiva delle cappelle laterali. Dopo il puntellamento delle strutture voltate sarà possibile ultimare le operazioni di puntellamento estendendolo alle pareti perimetrali, parti non in imminente pericolo di crollo ma che necessitano di presidi per lo svolgimento delle successive operazioni di consolidamento. A tal fine vengono realizzati

sismiche della struttura intelaiata esterna e alla presenza di elementi di giunzione ammalorati nei ponteggi interni. Per soddisfare la verifica strutturale e i requisiti normativi, vengono aggiunti elementi di controvento, vengono sostituiti gli elementi in legno ammalorati e gli appoggi esistenti dei blocchi di calcestruzzo, viene migliorato il collegamento nel terreno e viene rimosso il guano presente.

²⁵² Questa operazione richiede la delimitazione di una zona di sicurezza e la realizzazione di tettoie di protezione in corrispondenza degli archi in muratura pericolanti. Tali tettoie sono costituite da ponteggi a telaio prefabbricato che lasciano un varco centrale per il passaggio dei mezzi e delle attrezzature.

²⁵³ Dopo aver predisposto il percorso carrabile centrale si potrà introdurre all'interno della chiesa una piattaforma elevatrice cingolata, per raggiungere le parti in elevazione.

presidi interni di sostegno delle pareti delle navate con ponteggio a tubi e giunti prefabbricato autoportante e puntelli inclinati di rinforzo in tubi e giunti (che scaricheranno direttamente a terra tramite i muricci delle volte del seminterrato e con dei sistemi di ancoraggio a contrasto alla muratura capaci di assorbire le sollecitazioni a ribaltamento della parete). Vengono inoltre realizzati altri presidi esterni di sostegno della parete dell'abside con struttura a tubi e giunti al fine di contrastare il cinematismo a ribaltamento.

Infine, si opera la manutenzione, sostituzione e integrazione delle sbadacchiature e inserimento di nuove sbadacchiature sulle aperture dei fronti principali e nel blocco nord e la manutenzione, sostituzione e integrazione degli incatenamenti attraverso inserimento di sistemi di ritenuta nel blocco nord (con cavi metallici Ø28 e piastra antisismica in ghisa al piano terra e con cerchiatura con profili UPN in acciaio ancorata alla muratura con barre filettate e zincate iniettate con resina epossidica, al piano primo) e sostituzione e ritesatura delle catene nella navata centrale.

Costi: L'ordinanza commissariale n. 55/2012 ha autorizzato l'intervento provvisorio urgente sulla Chiesa del Gesù finalizzato al parziale recupero di opere d'arte. Acquisto materiale, realizzato col supporto dei VVF, per una spesa di € 15.569,63, poi integrato con l'ordinanza commissariale n. 9/2013, per un'ulteriore spesa di € 256,83.

L'ordinanza commissariale n. 71/2012 ha autorizzato gli interventi provvisori urgenti sulla Chiesa del Gesù mediante puntellamento di facciata, del transetto, realizzazione di copertura provvisoria su zona con coperto collassato nonché raccolta, cernita, catalogazione ed accatastamento detriti di parti architettoniche, per una spesa di € 481.559,03 poi integrato con l'ordinanza commissariale n. 137/2013, per un'ulteriore spesa di € 219.793,14.

MESSA IN SICUREZZA – PRIMA FASE		
VALUTAZIONE ECONOMICA A22.3	380.000,00 €	
Ordinanza Commissariale n.55/2012	15.569,63 €	
Ordinanza Commissariale n.9/2013	256,83 €	
Ordinanza Commissariale n.71/2012	481.559,03 €	
Ordinanza Commissariale n.137/2013	219.793,14 €	
TOTALE	717.178,63 €	
INTERVENTO	PREVENTIVO	INCIDENZA
Accantieramento	4.907,70 €	1%
Rimozione macerie e parti pericolanti	97.329,30 €	26%
Puntellamento facciata	112.737,19 €	31%
Puntellamento transetto sinistro	41.492,39 €	11%
Cerchiatura transetto destro	84.908,42 €	23%
Diagnostica	9.034,67 €	2%
Varie	17.191,00 €	5%
TOTALE	367.600,67 €	51%

MESSA IN SICUREZZA – SECONDA FASE		
INTERVENTO	PREVENTIVO	INCIDENZA
Copertura	108.079,81 €	18%
Rimozione macerie e arredi	66.213,59 €	11%
Puntellamento con ponteggi	298.095,68 €	49%
Manutenzione ponteggi esistenti	64.433,13 €	11%
Pedana di protezione	58.605,09 €	10%
Posa in opera di catene	14.667,27 €	2%
TOTALE	610.094,57 €	
ONERI SICUREZZA	18.591,66 €	
SPESE TECNICHE (IVA 22%)	222.865,01 €	
TOTALE LAVORI	851.551,24 €	

Intervento definitivo

Il progetto preliminare prevede, prima di tutto, alcune operazioni preliminari alle lavorazioni consistenti nello smontaggio delle parti pericolanti degli archi e delle volte (inizialmente previsto nel II stralcio della messa in sicurezza) e nell'installazione di presidi per eseguire le lavorazioni in sicurezza mediante puntellamento degli elementi strutturali principali della struttura (le aree non puntellate e quindi non sicure saranno recintate) e, successivamente alle operazioni di pulitura delle macerie mediante nastro trasportatore, installazione di tutti i puntellamenti necessari per le operazioni di consolidamento.

Dopodiché si procede alla rigenerazione delle murature attraverso il ripristino dell'ammorsamento mediante riprese murarie sostituendo i materiali degradati e integrando le parti mancanti; la risarcitura delle lesioni mediante tecnica del cuci-scuci. Nel caso in cui le lesioni interessino l'apparato decorativo si procede con micro-cuciture armate in acciaio inox collegate alla muratura consolidata sul lato opposto con lo stesso intervento di cuci-scuci. L'autorizzazione richiede di approfondire in sede di progettazione esecutiva la metodologia usata per la conservazione delle superfici decorate.

Contro il ribaltamento, si interviene attraverso il ripristino delle catene esistenti con sezione adeguata per resistere alle sollecitazioni sismiche future e la posa in opera di nuove catene metalliche di collegamento tra la facciata principale e l'arco trionfale, sopra il cornicione dei muri longitudinali dell'aula; trasversalmente la chiesa, su vari livelli; nell'abside alla quota di gronda e a metà altezza. La *Commissione Congiunta* chiede di specificare l'esatta collocazione dei capochiave nei fronti esterni e in facciata, prevedendo l'uso di ancoraggi tradizionali tipo bolzone a paletto in ferro battuto. L'integrazione al progetto preliminare individua i capochiave visibili sui fronti e sostituisce il capochiave a paletto con doppio dado di serraggio concapochiave di tipo tradizionale analoghi a quelli già presenti in facciata. A questo si aggiunge un sistema antiribaltamento per la muratura in sommità ai due archi del transetto, composto da profili UPN verticali e orizzontali ancorati in modo diffuso con perni in acciaio zincato. Gli UPN orizzontali sono collegati all'esterno con capochiave metallici. La *Commissione Congiunta* chiede se resterà a vista e comunque di valutare una soluzione alternativa più compatibile con la tutela vigente sul Bene. Di conseguenza l'intervento è stato opportunamente minimizzato rendendolo maggiormente compatibile con il Bene localizzandolo sopra il futuro controsoffitto in camerocanna. Infine, si prevede un'imbragatura esterna delle murature di facciata, dei transetti e dell'abside con cavi Ø8

in fibra aramidica e anima in fibra di carbonio inseriti all'interno dei giunti di malta, su tratti di muratura, pretensionati manualmente.

Per irrigidire la struttura si propone la realizzazione di telai equivalenti con l'obiettivo di ottenere un sistema monolitico che renda possibile la collaborazione tra le pareti, mitigando gli effetti deformativi delle singole e irrobustendo l'intera scatola muraria. Il sistema si compone di tralici metallici verticali, inseriti nei nuclei in muratura (posti lateralmente all'aula) ancorati alla muratura con perni zincati e resina epossidica per conferire alla muratura resistenza a trazione nei confronti delle azioni sismiche. L'impatto visivo viene ridotto mediante intonacatura nelle parti interne della chiesa e colorazione della stessa tonalità della muratura per le parti emergenti dal tetto e per le fasciature dei contrafforti. La struttura resterà a vista solo nelle parti di non comune utilizzo, ovvero all'interno dei nuclei. Superiormente, i tralici vengono collegati da una reticolare di legno lamellare in copertura con la funzione di sorreggere la controsoffittatura in camerocanna dell'aula e di vincolare verticalmente le pareti laterali longitudinali per diminuire la lunghezza di libera inflessione. Viene poi realizzato un collegamento tra tralici e reticolare per collegare i tralici simmetricamente opposti tra loro. Infine, sono previste cerchiature metalliche orizzontali dei tralici all'interno dei nuclei, mediante profili a T ancorati alla muratura con perni filettati zincati e con due capochiave esterni. La *Commissione Congiunta* chiede di valutare interventi maggiormente compatibili con la tutela del Bene. Dato che la creazione dei tralici metallici interni ai nuclei in muratura non parrebbe essere efficace vista la rigidità dei paramenti murari su cui insistono, si chiede di eliminare tali tralici e, solo se necessario, procedere al consolidamento dei paramenti murari dei nuclei attraverso lavorazioni tradizionali. Si chiede anche di proporre un intervento alternativo alla reticolare in legno lamellare, considerando la tradizionale centinatura in legno della volta in camerocanna. L'intervento viene così escluso dal primo stralcio funzionale e si accoglie la proposta della *Commissione Congiunta* di realizzare, in una fase successiva, le volte con una propria centinatura portante con elementi orizzontali di collegamento alle murature sommitali della navata. I tralici metallici vengono invece mantenuti essendo caratterizzati da livelli di rigidità comparabili alla muratura del manufatto. L'integrazione al progetto preliminare prevede che, in corrispondenza degli apparati decorativi gli elementi in acciaio verranno interrotti e collegati mediante barra in acciaio. Ciò prevede la foratura delle cornici per il solo passaggio delle barre. Inoltre, sulle pareti emergenti della copertura bassa il traliccio viene sostituito da un intervento di cucitura armata in sostituzione degli elementi metallici, annullando così l'impatto visivo. Il parere favorevole finale della commissione ribadisce la necessità di eliminare i tralici metallici in quanto la documentazione presentata non è idonea a giustificare l'intervento (errore nel calcolo della rigidità, che non considera il contributo tagliante) e assunzione di uno schema statico monodimensionale non rappresentativo della realtà).

Infine, i muri portanti della chiesa presentano fondazioni continue in muratura. Nel maggio 2014 è stata condotta un'indagine geognostica da cui emerge che nel sito in oggetto i terreni posizionati nei primi 30 metri dal piano di campagna (di origine alluvionale da poco coesivi) presentano, in linea di principio, le condizioni predisponenti il fenomeno di liquefazione in caso di sisma. Dall'indice di Liquefazione (IL) risulta un rischio di liquefazione moderato. Di conseguenza il progetto propone l'omogeneizzazione dell'impronta fondale allargando le fondazioni esistenti con cordolature in c.a. sui fianchi per diminuire le tensioni esercitate sul terreno. Inoltre, per ridurre il rischio di liquefazione, si propongono iniezioni di resine o boiacche betonitiche, a completa saturazione dei vuoti interstiziali occupati attualmente dall'acqua. La *Commissione Congiunta* chiede di valutare l'effettiva opportunità degli interventi in fondazione. L'intervento viene escluso dal primo stralcio funzionale. L'integrazione prevede solo fondazioni nastriformi a cerchiatura dei nuclei che fungono da basamento di ancoraggio per telai equivalenti a placcaggio delle murature.

ALLEGATI

Costi: Il costo dell'intervento viene stimato per € 4.500.000. Il parere (favorevole con prescrizioni per i soli aspetti tecnici) della *Commissione Congiunta*, ottenuto a marzo 2017, ravvisa l'assenza di copertura finanziaria dell'intervento.

INTERVENTO DEFINITIVO	
Valutazione economica A22.1	2.800.000,00 €
Valutazione economica A22.2	1.400.000,00 €
TOTALE	4.200.000,00 €
IMPORTO LAVORI	6.064.955,63 €
ONERI SICUREZZA	118.794,37 €
SPESE TECNICHE E COSTI VARI	1.610.622,70 €
IMPORTO RICHIESTO	7.794.372,70 €
IMPORTO FINANZIATO	NP

Note

Questo progetto riassume in se le numerose problematiche connesse al ripristino della sicurezza. Appare evidente che si deve operare per fasi successive attraverso una successione di interventi, il che richiede un'attenta calibrazione degli sforzi. Alcuni interventi sono inevitabilmente finalizzati alla sola messa in sicurezza ma risultano comunque indispensabili per poter procedere alla fase successiva, compresa quella di conoscenza del manufatto per poter procedere alla progettazione dell'intervento esecutivo. Anche la rimozione delle macerie ha richiesto numerosi sforzi, evidenziando l'incidenza di queste operazioni nel complesso degli interventi svolti.

C16. CHIESA DI SAN MICHELE ARCANGELO

NOVI DI MODENA (MO)

INAGIBILE	ID 0,55
MECCANISMI DI PRIMO MODO: RIBALTAMENTO FUORI DAL PIANO	
M1 - Ribaltamento della facciata	2
M2 - Meccanismi nella sommità della facciata	3
M5 - Risposta trasversale dell'aula	5
M10 - Ribaltamento delle pareti di estremità del transetto	0
M16 - Ribaltamento dell'abside	NP
M22 - Ribaltamento delle cappelle	NP
MECCANISMI DI SECONDO MODO: TAGLIO NEL PIANO	
M3 - Meccanismi nel piano della facciata	2
M6 - Meccanismi di taglio nelle pareti laterali	0
M11 - Meccanismi di taglio nelle pareti del transetto	0
M17 - Meccanismi di taglio nel presbiterio o nell'abside	3
M23 - Meccanismi di taglio nelle cappelle	NP
MECCANISMI DI COLLASSO PER IRREGOLARITA'	
M4 - Protiro-Nartece	NP
M7 - Risposta longitudinale del colonnato	3
M25 - Interazioni in prossimità di irregolarità plano-altimetriche	3

Provvedimenti di pronto intervento suggeriti

PROVEDIMENTI DI P.I.	
Puntellamenti	EST.
Consolidamenti localizzati	-
Messa in opera di cerchiature e/o tiranti	EST.

Opere di ripristino: ripristino connessioni delle murature perimetrali (facciata, abside, pareti laterali), interventi localizzati e consolidamento murario

Opere di miglioramento sismico: incatenamento longitudinale e trasversale delle murature, risarcitura delle lesioni

Opere di pronto intervento: provvedimenti di P.I. suggeriti

Opere già eseguite: /

Messa in sicurezza

È stato realizzato il puntellamento interno ed esterno delle strutture. Non sono stati reperiti dati di dettaglio.

	VALUTAZIONE ECONOMICA A22.3	250.000,00 €	
	Ordinanza Commissariale n.36/2013	458.527,40 €	
	Ordinanza Commissariale n.21/2016	19.018,60 €	
	TOTALE	477.546,00 €	
INTERVENTO		PREVENTIVO	INCIDENZA
Puntellamento interno ed esterno e copertura provvisoria in legno		458.527,40 €	96%
Manutenzione e ripristino funzionale opere provvisoria		19.018,60 €	4%
	TOTALE	477.546,00 €	100%

Intervento definitivo

Non è stato reperito materiale relativo all'intervento di consolidamento finale dei setti murari.

C17. CHIESA DI SANTA CATERINA D'ALESSANDRIA NOVI DI MODENA (MO)

A questo si aggiunge il crollo parziale di porzioni di muratura (anche di tamponamento), intonaci e apparati decorativi oltre a sconnessioni, lesioni, cedimenti, distacchi e dissesti della apparecchiatura muraria. I crolli subiti hanno messo in evidenza situazioni preesistenti del manufatto già compromesse che lo hanno reso vulnerabile, in particolare per quanto riguarda le strutture lignee della copertura e le parti di muratura.²⁵⁴

Meccanismo di taglio e di ribaltamento nell'abside semicircolare con lesioni inclinate (singole o incrociate) e lesioni ad U. M5 e M6 lesioni da taglio e ribaltamento anche nelle pareti longitudinali dell'aula → struttura di copertura autoportante è collegata anche alla muratura, previo ripristino della continuità, evitandone il ribaltamento. Doppia funzione copertura provvisoria contro ribaltamento delle pareti dell'aula.

INAGIBILE	ID 0,62
MECCANISMI DI PRIMO MODO: RIBALTAMENTO FUORI DAL PIANO	
M1 - Ribaltamento della facciata	4
M2 - Meccanismi nella sommità della facciata	1
M5 - Risposta trasversale dell'aula	4
M10 - Ribaltamento delle pareti di estremità del transetto	NP
M16 - Ribaltamento dell'abside	4
M22 - Ribaltamento delle cappelle	NP
MECCANISMI DI SECONDO MODO: TAGLIO NEL PIANO	
M3 - Meccanismi nel piano della facciata	3
M6 - Meccanismi di taglio nelle pareti laterali	1
M11 - Meccanismi di taglio nelle pareti del transetto	NP
M17 - Meccanismi di taglio nel presbiterio o nell'abside	4
M23 - Meccanismi di taglio nelle cappelle	NP
MECCANISMI DI COLLASSO PER IRREGOLARITA'	
M4 - Protiro-Nartece	0
M7 - Risposta longitudinale del colonnato	0
M25 - Interazioni in prossimità di irregolarità plano-altimetriche	3

²⁵⁴ La fabbrica mostra una muratura molto disordinata e non connessa, priva in molte parti della malta tra i giunti, con sequenze di tamponamenti (spesso eseguiti con tecniche non idonee e/o materiali scadenti) e aperture nel medesimo tratto di muro, come per esempio nel catino absidale nelle parti murarie tra la navata principale e le piccole cappelle laterali.

Provvedimenti di pronto intervento suggeriti

PROVVEDIMENTI DI P.I.	
Puntellamenti	EST.
Consolidamenti localizzati	-
Messa in opera di cerchiature e/o tiranti	EST.

Opere di ripristino: ripristino degli ammassamenti di tutte le strutture murarie pericolanti con rinforzi e consolidamento di parti eventualmente da recuperare

Opere di miglioramento sismico: incatenamento di tutte le pareti e coperture

Opere di pronto intervento: puntellamento di tutto l'edificio

Opere già eseguite: /

Messa in sicurezza

Nell'immediato post-sisma i VVF hanno realizzato la cerchiatura con cavi in acciaio a sostegno delle parti ribaltanti, poi sostituiti da consolidamento definitivo nel 2013, formato da telai in legno che oltre ad ostacolare il meccanismo nei setti murari fungono anche da copertura provvisoria (si veda paragrafo coperture). Al progetto di restauro viene lasciata solo la parte di finitura.

Intervento definitivo

Non è stato reperito materiale relativo all'intervento di consolidamento finale dei setti murari.



C18. CHIESA DI SANTA MARIA ANNUNCIATA

REGGIOLO (RE)

Il ribaltamento del timpano ha causato anche il crollo della porzione della copertura in prossimità del timpano stesso. Dopo la scossa del 29 maggio il quadro fessurativo si è aggravato sensibilmente.

INAGIBILE	ID 0,36
MECCANISMI DI PRIMO MODO: RIBALTAMENTO FUORI DAL PIANO	
M1 - Ribaltamento della facciata	4
M2 - Meccanismi nella sommità della facciata	4
M5 - Risposta trasversale dell'aula	3
M10 - Ribaltamento delle pareti di estremità del transetto	NP
M16 - Ribaltamento dell'abside	1
M22 - Ribaltamento delle cappelle	NP
MECCANISMI DI SECONDO MODO: TAGLIO NEL PIANO	
M3 - Meccanismi nel piano della facciata	1
M6 - Meccanismi di taglio nelle pareti laterali	0
M11 - Meccanismi di taglio nelle pareti del transetto	NP
M17 - Meccanismi di taglio nel presbiterio o nell'abside	1
M23 - Meccanismi di taglio nelle cappelle	NP
MECCANISMI DI COLLASSO PER IRREGOLARITA'	
M4 - Protiro-Nartece	NP
M7 - Risposta longitudinale del colonnato	3
M25 - Interazioni in prossimità di irregolarità plano-altimetriche	3

Provvedimenti di pronto intervento suggeriti

PROVEDIMENTI DI P.I.	
Puntellamenti	R
Consolidamenti localizzati	-
Messa in opera di cerchiature e/o tiranti	-

Opere di ripristino: ripristino delle connessioni della facciata delle murature perimetrali con presidi di antiribaltamento
 Opere di miglioramento sismico: inserimento di sistema di catene trasversali e longitudinali, ripristino ancoraggio delle navate esterne alle strutture verticali con incatenamenti localizzati, risarcitura delle lesioni
 Opere di pronto intervento: /
 Opere già eseguite: l'intervento di messa in sicurezza della facciata è stato effettuato dopo la seconda scossa dai VVF

Messa in sicurezza



Dopo la scossa del 20 maggio era stato compiuto un intervento provvisorio di copertura della porzione di copertura crollata in prossimità del timpano. In seguito alla seconda scossa, i VVF hanno realizzato il puntellamento della facciata e del prospetto su strada.

L'ordinanza commissariale n.37/2012 ha autorizzato interventi provvisori urgenti di puntellamento e cerchiatura della Chiesa di Santa Maria Annunciata finalizzati alla salvaguardia della pubblica incolumità. Acquisto materiali. Intervento già realizzato in estrema urgenza col supporto dei VVF.

L'ordinanza commissariale n.36/2013 ha autorizzato l'intervento provvisorio urgente mediante puntellamento della facciata, finalizzato ad evitare la compromissione irreversibile del Bene e a salvaguardarne il valore intrinseco.

VALUTAZIONE ECONOMICA A22.3	Già eseguito dai VVF
Ordinanza Commissariale n.37/2012	37.446,72 €
Ordinanza Commissariale n.36/2013	39.026,23 €
TOTALE	76.472,95 €

Intervento definitivo

Valutazione economica A22.1	588.000,00 €
Valutazione economica A22.2	493.000,00 €
TOTALE	1.081.000,00 €
IMPORTO GENERALE	839.488,74 €

C19. CHIESA DI SANTA MARIA ASSUNTA

REGGIOLO (RE)

M1: la particolare conformazione della facciata, caratterizzata da ampie aperture e dalle spinte dalle retrostanti strutture voltate, ha favorito l'attivazione del meccanismo di ribaltamento, denunciato dalla presenza di lesioni ad andamento sub-verticale in prossimità del cantonale in zona basale tra la facciata e i muri perimetrali esterni.

M2: A livello del timpano sommitale si notano lesioni ad andamento sub-orizzontale, compatibili con un meccanismo di ribaltamento di lieve entità. Ciò denota un buon ingranamento tra facciata e murature longitudinali oltre ad una verosimile azione contenitiva, indotta dalle masse del coperto.

M3: Attivazione del meccanismo nel piano della facciata, in relazione alla improvvisa variazione di rigidità alla traslazione nel piano trasversale tra l'aula liturgica (caratterizzata da comportamento "a telaio" dato il sistema a pilastri) e la facciata stessa. Ciò ha comportato la formazione di uno strappo sull'innesto tra la facciata e le murature longitudinali. Si rileva, inoltre, il danneggiamento (circa in mezzera) degli architravi sovrastanti i 2 portoni d'ingresso laterali per l'incremento dell'azione flettente provocata dalla componente sismica verticale o per azione di taglio nel piano della facciata.

M23: Le 2 piccole cappelle semicirculari presenti ai lati dell'aula hanno riportato gravi dislocazioni nelle apparecchiature murarie ed allentamenti degli elementi costituenti le piattabande.

M7: La concentrazione tensionale all'interfaccia tra setti murari e strutture puntuali (pilastri inglobati nelle murature) ha portato a numerosissimi distacchi e lesioni a taglio rilevabili per tutte le murature perimetrali, pertanto tali da configurarsi come tamponamenti.

INAGIBILE	ID 0,50
MECCANISMI DI PRIMO MODO: RIBALTAMENTO FUORI DAL PIANO	
M1 - Ribaltamento della facciata	3
M2 - Meccanismi nella sommità della facciata	NP
M5 - Risposta trasversale dell'aula	2
M10 - Ribaltamento delle pareti di estremità del transetto	NP
M16 - Ribaltamento dell'abside	1
M22 - Ribaltamento delle cappelle	3
MECCANISMI DI SECONDO MODO: TAGLIO NEL PIANO	
M3 - Meccanismi nel piano della facciata	3
M6 - Meccanismi di taglio nelle pareti laterali	2
M11 - Meccanismi di taglio nelle pareti del transetto	NP
M17 - Meccanismi di taglio nel presbiterio o nell'abside	3
M23 - Meccanismi di taglio nelle cappelle	3
MECCANISMI DI COLLASSO PER IRREGOLARITA'	
M4 - Protiro-Nartece	NP
M7 - Risposta longitudinale del colonnato	2
M25 - Interazioni in prossimità di irregolarità plano-altimetriche	3

Provvedimenti di pronto intervento suggeriti

PROVEDIMENTI DI P.I.	
Puntellamenti	-
Consolidamenti localizzati	-
Messa in opera di cerchiature e/o tiranti	-

Opere di ripristino: /

Opere di miglioramento sismico: /

Opere di pronto intervento: già stato effettuato un complesso intervento di opere provvisoriale

Opere già eseguite: /

Messa in sicurezza

Fatta eccezione per i portali d'ingresso, puntellati con un sistema provvisorio in legno, non vengono realizzati altri presidi di sicurezza in facciata. Il ribaltamento dell'abside viene ostacolato attraverso l'installazione di una cerchiatura con cavi in acciaio.

Intervento definitivo

Il progetto esecutivo propone interventi di riparazione e consolidamento delle murature per ripristinare il danno subito e pervenire quello futuro, migliorando la struttura dal punto di vista sismico. Vengono pertanto eseguiti puntuali interventi di scuci e cucì, a ripresa delle lesioni, rifacimenti di muratura negli ambiti compromessi e non più recuperabili (edicola destra, peraltro realizzata recentemente), raddoppi di muratura nel caso di murature portanti ad una testa (es: coro), ripristini di architravi di muratura posti al di sopra dei portoni di ingresso. Inoltre, all'altezza del sottotetto, viene inserito un cordolo perimetrale di ritegno, collegato con il controvento in tavolato, al fine di impedire l'attivazione dei cinematici di ribaltamento delle murature fuori dal piano.

ALLEGATO D

Nel presente allegato sono presentati, per ciascuno dei 19 casi studio analizzati, gli interventi provvisionali e di consolidamento definitivo relativi ai meccanismi di collasso nelle strutture voltate.

D1. COLLEGIATA DI SANTA MARIA MAGGIORE

PIEVE DI CENTO (BO)

Le scosse del 20 e 29 maggio 2012 hanno causato il crollo della lanterna (M15), della parte centrale della cupola (M14) e della sovrastante copertura lignea. Anche la parte emergente del tamburo risulta fortemente fessurata, mentre la parte al di sotto delle falde di copertura non appare lesionata, probabilmente grazie all'azione di rinforzo della cintura metallica posizionata alla base del tamburo durante la costruzione della cupola.

PARZIALMENTE AGIBILE/AGIBILE CON PROVVEDIMENTI	ID 0,30
MECCANISMI DI COLLASSO NEGLI ARCHI	
M13 - Archi trionfali	NP
MECCANISMI DI COLLASSO NELLE VOLTE	
M8 - Volta della navata centrale	0
M9 - Volte delle navate laterali	NP
M12 - Volte del transetto	NP
M18 - Volte del presbiterio e dell'abside	1
M24 - Volte delle cappelle	NP
MECCANISMI DI COLLASSO NELLA CUPOLA	
M14 - Cupola/ tamburo	5
M15 - Lanterna	5

Provvedimenti di pronto intervento suggeriti

Opere di ripristino: ricostruzione della cupola e lanterna

Opere di miglioramento sismico: consolidamento del tamburo

Opere di pronto intervento: protezione della cupola dalle intemperie.

Opere già eseguite: messa in sicurezza provvisoria del tamburo e posizionamento sulla cupola di rete di protezione dai volatili.

Messa in sicurezza

L'intervento urgente dei VVF ha messo in sicurezza la parte emergente del tamburo mediante cerchiata con cavi metallici ed elementi di ripartizione in legno, operata per mezzo di un braccio mobile. Nel 2013, viene realizzato un secondo intervento di messa in sicurezza in due fasi: il consolidamento delle murature e la realizzazione di una copertura provvisoria di protezione (si veda capitolo 2.3.1). La prima fase inizia con la cernita e rimozione delle macerie e l'installazione del ponteggio interno per mettere in sicurezza la parte di cupola non crollata attraverso un sistema di puntellamento di sostegno, con puntoni collegati al ponteggio stesso. Particolare attenzione è stata dedicata alle superfici intonacate e affrescate della volta: prima di installare i puntelli, la superficie pittorica è stata protetta con bendature e

ALLEGATI

l'intonaco è stato rinforzato mediante iniezioni di resina e risarcimenti con calce. In seguito è stato possibile procedere al consolidamento della struttura muraria della cupola attraverso la realizzazione, all'estradosso, di una soletta in calce con rete in fibra di vetro. Inoltre, a completamento dell'intervento provvisorio operato dai VVFF sul tamburo, che impedisce il collasso verso l'esterno ma non verso l'interno, è stata realizzata una seconda cerchiatura in sommità con un profilo metallico a C (UPN) calandrato ed assemblato in opera per conci in modo tale da renderlo continuo e adattarlo alla forma ellittica del tamburo. Inoltre, sono state installate due bielle, tra loro ortogonali, per irrigidire il coronamento in profilato d'acciaio. Le lesioni sono state saturate con malte dalle idonee caratteristiche di portanza. Tuttavia, durante la realizzazione dei lavori sono sopraggiunti nuovi dissesti nella cupola e negli archi e volte sottostanti (all'incrocio tra il transetto e la navata). Ciò ha reso necessario un vero e proprio consolidamento strutturale del tamburo, previa installazione di ponteggio esterno: l'applicazione dell'intonaco con fibra di vetro viene così estesa anche alle murature di quest'ultimo e le lesioni vengono risarcite con interventi di scuci e cuci. Inoltre gli archi sud, est ed ovest alla base della cupola vengono consolidati con delle strutture in tubolari metallici a tubo e giunto, poggianti su mensole di acciaio ancorate alla muratura in corrispondenza dell'imposta dell'arco, previa velinatura della superficie pittorica ed interposizione di tavolato ligneo sulla superficie di contatto tra arco e presidio metallico.

Costi: L'Ordinanza Commissariale n.9 del 2013²⁵⁵ ha autorizzato l'intervento provvisorio per una spesa pari a € 347.348,18. Il 90% dell'importo è destinato alla messa in sicurezza della cupola, il restante 10% è servito per la cerchiatura dell'abside e della facciata. La realizzazione della copertura provvisoria ha avuto l'incidenza maggiore sull'importo dedicato alla cupola mentre le operazioni di cerchiatura ha avuto l'incidenza minore.

Valutazione economica A22.3	NP	
Ordinanza Commissariale n.9/2013	347.348,18 €	
INTERVENTO	PREVENTIVO	INCIDENZA
Rimozione macerie e copertura	520,08 €	0%
Noleggio ponteggi (3 mesi)	29.623,00 €	9%
Consolidamento murature	32.605,40 €	10%
Cerchiatura metallica	12.798,24 €	4%
Copertura provvisoria in acciaio	191.944,30 €	62%
Nolo macchine	44.465,80 €	14%
TOTALE	311.956,82 €	90%

Intervento definitivo

²⁵⁵ Ordinanza Commissariale n.9/2013 - *Intervento provvisorio di messa in sicurezza della Collegiata di Santa Maria Maggiore di Pieve di Cento mediante realizzazione di copertura provvisoria della cupola, cerchiatura interna e riparazione delle murature del tamburo, puntellamento e riparazione lesioni dell'abside, finalizzato alla rimozione del rischio indotto sulle abitazioni retrostanti l'abside e alla conservazione del bene monumentale.*

Nonostante alcune ipotesi di ricostruzione in chiave moderna, l'intervento definitivo di restauro strutturale prevede il ripristino della copertura, della cupola e della lanterna con forme e materiali originali.²⁵⁶ Per la parte ricostruita, impostata sulle porzioni di cupola ancora in loco, sono stati utilizzati laterizi pieni con una bassa percentuale di foratura così da poter inserire tondi metallici tra i corsi successivi. Anche la lanterna è stata ricostruita con muratura in mattoni, parzialmente armata, limitando il cemento armato ai soli cordoli²⁵⁷. Infine, le esili pareti della lanterna, intervallate dalle ampie aperture, sono state rinforzate con applicazione di strisce di FRP per resistere alle forze orizzontali mentre strisce unidirezionali di fibra di carbonio sono state applicate lungo i meridiani della cupola per aumentarne la resistenza a flessione.²⁵⁸ Per quanto riguarda archi e volte, si prevede il ripristino delle lesioni mediante inserimento di cunei in acciaio e iniezioni di malta adesiva a base di calce, con anche applicazione di tessuto in fibra di carbonio ove si è verificato un disassamento verticale. Inoltre, le strutture voltate della navata longitudinale sono state rinforzate con applicazione di tessuto in fibra di carbonio all'estradosso.

Costi: Non è stato possibile reperire dati in merito al costo delle singole lavorazioni. Ad ogni modo, la ricostruzione della cupola necessita di disporre di manodopera qualificata per un intervento oggi inusuale, caratterizzato da complessità e costi notevoli, a partire dalla centinatura.

Valutazione economica A22.1	1.220.000,00 €
Valutazione economica A22.2	1.350.000,00 €
TOTALE	2.570.000,00 €
Importo generale	2.802.601,71 €

Note

I provvedimenti di pronto intervento suggeriti dalle schede di rilievo del danno corrispondono con le opere provvisorie e gli interventi definitivi realizzati. I presidi di sicurezza installati dai VVF (cerchiature con cavi in acciaio) vengono rimossi in fase di consolidamento definitivo. Gli interventi realizzati nella seconda fase di messa in sicurezza invece vengono in parte mantenuti (cordolo metallico in sommità del tamburo e placcaggio con fibre). La centinatura di sostegno, invece, viene totalmente rimossa. Tuttavia, in fase di cantiere, la struttura provvisoria ha permesso di evitare la realizzazione di una centinatura tradizionale, più complessa e onerosa, rendendo possibile l'impostazione di una centinatura estradosale con la prevalente funzione di forma.²⁵⁹

²⁵⁶ Questa soluzione è stata decisa di comune accordo con l'Arcidiocesi di Bologna e con la *Soprintendenza*

²⁵⁷ Il primo progetto presentato ipotizzava di ricostruire la lanterna in cemento. La *Soprintendenza* ha rilasciato la propria autorizzazione con la prescrizione di ricostruire la lanterna in muratura, similmente a quanto previsto per la cupola.

²⁵⁸ <https://www.ingegno-web.it/24371-ricostruzione-cupola-di-santa-maria-maggiore-a-pieve-di-cento-bo>

²⁵⁹ La centinatura è servita da sostegno solo per le tessiture di parallelo nella parte sommitale, dove la pendenza del meridiano diventava quasi orizzontale richiedendo un supporto iniziale fino alla presa della malta di calce.

D2. CHIESA DI SAN LORENZO MARTIRE CASUMARO DI CENTO (FE)

Le pesanti volte in muratura delle cappelle laterali presentano distacchi dalle pareti d'ambito laterali ed evidenti distacchi di giunto (M24), principalmente dovute all'attivazione del meccanismo di ribaltamento fuori dal piano delle stesse (vedi paragrafo 2.1.2).

INAGIBILE	ID 0,35
MECCANISMI DI COLLASSO NEGLI ARCHI	
M13 - Archi trionfali	1
MECCANISMI DI COLLASSO NELLE VOLTE	
M8 - Volta della navata centrale	NP
M9 - Volte delle navate laterali	NP
M12 - Volte del transetto	NP
M18 - Volte del presbiterio e dell'abside	1
M24 - Volte delle cappelle	3
MECCANISMI DI COLLASSO NELLA CUPOLA	
M14 - Cupola/ tamburo	NP
M15 - Lanterna	NP

Provvedimenti di pronto intervento suggeriti

Opere di ripristino: consolidamento delle volte delle cappelle e riparazione delle lesioni negli archi e nelle volte

Opere di miglioramento sismico: /

Opere di pronto intervento: /

Opere già eseguite: /

Messa in sicurezza

Non sono stati eseguiti interventi di messa in sicurezza sulle strutture voltate.

Intervento definitivo

Le lesioni vengono risarcite mediante operazioni di scuci e cucì o iniezioni di malta di calce. Per eliminare la spinta delle volte nelle cappelle si prevede il miglioramento dell'ancoraggio delle catene sulle murature laterali e l'eventuale raddoppio del tirante. Per tutte le volte realizzate in foglio che per assenza di riempimento superiore risultano per leggerezza suscettibili di problemi vibrazionali, si prevede la realizzazione di un intonaco a base calce all'estradosso, armato con rete a filo sottile in acciaio zincato.

D3. AUDITORIUM EX-CHIESA DI SAN LORENZO CENTO (FE)

La chiesa, uscita indenne dalla prima scossa (che ha danneggiato solo la cella campanaria), ha subito notevoli danni alle strutture murarie: la lanterna sovrastante la cupola dell'abside ha riportato fratture ai piedi e alle teste dei piedritti (M15).

INAGIBILE	ID 0,21
MECCANISMI DI COLLASSO NEGLI ARCHI	
M13 - Archi trionfali	2
MECCANISMI DI COLLASSO NELLE VOLTE	
M8 - Volta della navata centrale	0
M9 - Volte delle navate laterali	NP
M12 - Volte del transetto	NP
M18 - Volte del presbiterio e dell'abside	1
M24 - Volte delle cappelle	3
MECCANISMI DI COLLASSO NELLA CUPOLA	
M14 - Cupola/ tamburo	NP
M15 - Lanterna	3

Provvedimenti di pronto intervento suggeriti

Opere di ripristino: riparazione delle volte nelle cappelle

Opere di miglioramento sismico: /

Opere di pronto intervento: collocazione di rete metallica sul presbiterio a causa della vulnerabilità della lanterna

Opere già eseguite: cerchiatura della lanterna del presbiterio, previa sbadacchiatura delle forature.

Messa in sicurezza

L'intervento di messa in sicurezza della lanterna è consistito nella posa in opera di tiranti d'acciaio per evitare l'apertura delle murature. L'intervento è stato realizzato in tre fasi.

Prima di tutto è stata realizzata la sbadacchiatura delle aperture al fine di contrastare lo spanciamento dei maschi murari laterali alle finestre e la conseguente formazione di nuove lesioni o l'ampliamento di quelle già presenti.

In seguito si è proceduto con la cerchiatura dei piedritti con due fasce in poliesteri per ciascun piedritto in modo da legare tra loro i due morali verticali che lo confinano. I nastri sono disposti ad una distanza tra loro tale da dividere il piedritto in tre parti uguali.

Da ultimo è stata realizzata la cerchiatura della muratura della lanterna circolare mediante quattro livelli di funi di acciaio, previa interposizione tra essi e la muratura di tavole in legno per evitare il tranciamento della muratura. Nello specifico,

ALLEGATI

vengono disposte, sull'intera lunghezza del piedritto, delle tavole di legno su cui sono fissate quattro piastre di acciaio. A ciascuna di queste è saldato un anello in cui far passare le funi metalliche della cerchiatura al fine di mantenerla alla quota prefissata. Ciascuna fune è dotata di due tenditori, localizzati in punti opposti, per conferire l'adeguato grado di confinamento.

Costi: L'intervento con opere provvisionali urgenti ed indifferibili sul campanile e sulla lanterna sono state commissionate dalla Fondazione Patrimonio degli Studi alla ditta Restauri Innovativi Tecnologici S.r.l. per un importo consuntivo che ammonta a 88' 249,40 €. (80' 226,72 € + iva 10%)

Valutazione economica A22.3 (stimato dal rilevatore)	10.000,00 €	
Ordinanza Commissariale n.80/2014	120.000,00 €	
IMPORTO EFFETTIVO (escluso iva 10%)	80.226,72 €	
INTERVENTO	PREVENTIVO	INCIDENZA
Cantiere, manodopera e nolo mezzi	5.243,88 €	40%
Sbadacchiatura	966,30 €	7%
Cerchiatura	6.944,41 €	53%
TOTALE LAVORI	13.154,59 €	16%
IVA (10%)	1.315,46 €	
TOTALE OPERE DA APPALTARE	88.249,39 €	

Intervento definitivo

Nella lanterna sono stati fatti interventi di scuci e cucì localizzati per ripristinare la continuità strutturale e garantire un adeguato grado di ammorsamento tra gli elementi. Cucitura delle lesioni a taglio attraverso la realizzazione di pernature con barre in acciaio. Gli infissi sono stati sostituiti da controtelai a sezione scatolare in acciaio, disposti a filo interno, in corrispondenza della aperture della lanterna e resi solidali alla muratura mediante opportuni ancoraggi così da compensare l'indebolimento strutturale che le aperture comportano ma risultando non visibile dall'esterno.

Costi: L'importo consuntivo dei lavori ammonta a € 368' 202,58 (334' 729,62 € + iva 10%). A queste si aggiunge un importo pari a € 77' 370,91 (sostenuto dalla Fondazione Patrimonio degli Studi) per il rilievo geometrico, le prove sui materiali, le analisi di vulnerabilità, le indagini storico-critiche, il collaudo statico e per redigere le gare d'appalto. Inoltre le spese tecniche delle opere di primo intervento e di messa in sicurezza e consolidamento del campanile risultano pari a € 52' 649,66.

I lavori urgenti e definitivi sono stati eseguiti senza richiedere finanziamenti regionali. Nel 2014, a seguito di un cambio di consiglio di amministrazione, avviene la richiesta di finanziamento. Con l'Ordinanza Commissariale n.80 del 2014²⁶⁰,

²⁶⁰ "Interventi provvisionali di messa in sicurezza del campanile e della lanterna della cupola dell'Auditorium di San. Lorenzo, piazzetta Cardinal Lambertini 1, mediante ripresa delle lesioni e riparazione delle murature pericolanti, finalizzati alla salvaguardia della pubblica incolumità sugli edifici adiacenti, residenziali e scolastici"

è stato autorizzato un finanziamento di € 120.000,00 (di cui € 100.000 di lavori, 10% s.t. e 10% iva), coprendo l'intero importo di messa in sicurezza e parte dell'intervento definitivo.

Valutazione economica A22.1	310.000,00 €	
Valutazione economica A22.2	260.000,00 €	
TOTALE	570.000,00 €	
IMPORTO EFFETTIVO (escluso iva 10%)	334.729,62 €	
INTERVENTO	PREVENTIVO	INCIDENZA
Rimozione opere provvisoriale	2.933,11 €	5%
Nolo mezzi e spese cantiere	20.368,45 €	36%
Scuci e cucì	7.015,98 €	12%
Cucitura armata	19.402,45 €	34%
Telaio aperture	6.643,42 €	12%
TOTALE	56.363,41 €	17%
IVA (10%)	5.636,34 €	
SPESE TECNICHE (IVA 22%)	130.020,57 €	
TOTALE OPERE DA APPALTARE	498.223,15 €	

Note

Sul caso studio è stato reperito materiale relativo solo alla lanterna e al campanile.

Al momento della compilazione della scheda di rilievo del danno, i provvedimenti di pronto intervento sulla lanterna erano già stati realizzati.

I presidi di sicurezza sono stati completamente rimossi e sostituiti dall'intervento di consolidamento finale. La rimozione non ha richiesto costi elevati.

D4. CHIESA DI SAN FILIPPO NERI CENTO (FE)

Il quadro fessurativo rilevato sulle struttura voltate della navata centrale (M3), già presente prima dell'evento sismico, ha subito un amplificamento a seguito di tale avvenimento mostrando lesioni di distacco tra e le volte a botte in mattoni disposti in folio e la muratura portante degli arconi, a causa della differente rigidezza. Il dissesto risulta strettamente connesso con i cinematismi di ribaltamento della facciata e di allontanamento reciproco delle imposte degli archi (M13), favorita dall'assenza di catene. La valutazione di agibilità si riferisce allo spazio esterno: l'interno della chiesa è da considerarsi inagibile, principalmente a ausa dello stato delle volte.

AGIBILE CON PROVVEDIMENTI	ID 0,34
MECCANISMI DI COLLASSO NEGLI ARCHI	
M13 - Archi trionfali	1
MECCANISMI DI COLLASSO NELLE VOLTE	
M8 - Volta della navata centrale	3
M9 - Volte delle navate laterali	NP
M12 - Volte del transetto	NP
M18 - Volte del presbiterio e dell'abside	3
M24 - Volte delle cappelle	3
MECCANISMI DI COLLASSO NELLA CUPOLA	
M14 - Cupola/ tamburo	NP
M15 - Lanterna	NP

Provvedimenti di pronto intervento suggeriti

Opere di ripristino: riparazione di archi e volte

Opere di miglioramento sismico: /

Opere di pronto intervento: /

Opere già eseguite: /

Messa in sicurezza

Per arginare il cinematismo degli archi, contribuendo di conseguenza anche alla stabilizzazione della volta, i VVF hanno realizzato delle centine in legno.

Intervento definitivo

Il consolidamento definitivo opera direttamente sulle volte attraverso tre fasi di intervento. Per prima cosa si esegue la riparazione dell'intradosso delle volte mediante sigillatura delle lesioni diffuse e ripristino strutturale delle zone interessate da perdite localizzate di elementi in laterizio. Dopodiché si esegue il consolidamento dell'estradosso delle volte in foglio mediante applicazione di una sottile cappa in malta bicomponente a base di calce ad elevata duttilità, armata con rete in fibra di vetro GFRP, ancorata con connettori alle volte sottostanti e alle pareti di contorno. Infine si è proceduto al consolidamento all'estradosso degli archi in muratura e delle costolature diagonali delle volte lunettate dell'aula e delle costolature radiali e circonferenziali della semi-cupola dell'abside mediante applicazione di fasce in fibra di vetro.

Note

Non vi è piena corrispondenza tra i provvedimenti di pronto intervento suggeriti nella scheda di rilievo del danno e quanto effettivamente realizzato: la messa in sicurezza effettuata degli archi è stata effettuata pur senza prescrizione, mentre l'intervento definitivo mette in pratica quanto richiesto dalla scheda.

L'intervento provvisorio è stato completamente rimosso in fase di consolidamento finale, seppur senza costi elevati.

Inoltre, si sottolinea che nonostante il danno segnalato alle strutture voltate, non è stato fatto nessun intervento in merito.

D5. CHIESA DI SANT'ANNA

RENO CENTESE (FE)

Sono presenti lesioni di grave entità nell'arco trionfale e nelle volte delle navate centrali e delle cappelle.

INAGIBILE	ID 0,20
MECCANISMI DI COLLASSO NEGLI ARCHI	
M13 - Archi trionfali	4
MECCANISMI DI COLLASSO NELLE VOLTE	
M8 - Volta della navata centrale	0
M9 - Volte delle navate laterali	3
M12 - Volte del transetto	NP
M18 - Volte del presbiterio e dell'abside	2
M24 - Volte delle cappelle	3
MECCANISMI DI COLLASSO NELLA CUPOLA	
M14 - Cupola/ tamburo	0
M15 - Lanterna	0

Provvedimenti di pronto intervento suggeriti

Opere di ripristino: riparazione delle lesioni sugli archi e sulle volte

Opere di miglioramento sismico: eventuale rinforzo degli archi e delle volte con fibre

Opere di pronto intervento: puntellamento degli archi nella navata e nelle cappelle

Opere già eseguite: puntellamento dell'arco trionfale e dell'arco di accesso a una delle cappelle principali

Messa in sicurezza

È stata realizzata una centina in tubi e giunti a sostegno dell'arco trionfale e di una cappella laterale. Entrambe le strutture poggiano sulla pavimentazione della chiesa.

Costi: L'Ordinanza Commissariale n.37 del 2012²⁶¹ ha autorizzato l'intervento provvisorio sulla chiesa per una spesa di € 9.863,62.

²⁶¹ Ordinanza Commissariale n.37/2012 - *Interventi provvisori urgenti sulla Chiesa di S. Anna sita in via Chiesa loc. Reno Centese a salvaguardia della pubblica incolumità. Acquisto materiali. Intervento già realizzato in estrema urgenza con il supporto dei VVF*

Intervento definitivo

Non è stato reperito materiale relativo all'intervento di consolidamento finale delle strutture voltate.

Note

Gli interventi urgenti suggeriti nelle schede di rilievo del danno non sono stati realizzati.



D6. CHIESA DI SAN MICHELE ARCANGELO

BOMPORTO (MO)

La chiesa non ha riportato danni rilevanti alle strutture voltate.

INAGIBILE	ID 0,38
MECCANISMI DI COLLASSO NEGLI ARCHI	
M13 - Archi trionfali	2
MECCANISMI DI COLLASSO NELLE VOLTE	
M8 - Volta della navata centrale	NP
M9 - Volte delle navate laterali	NP
M12 - Volte del transetto	NP
M18 - Volte del presbiterio e dell'abside	0
M24 - Volte delle cappelle	3
MECCANISMI DI COLLASSO NELLA CUPOLA	
M14 - Cupola/ tamburo	NP
M15 - Lanterna	NP

Provvedimenti di pronto intervento suggeriti

Opere di ripristino: /

Opere di miglioramento sismico: /

Opere di pronto intervento: /

Opere già eseguite: /

Messa in sicurezza

Non sono stati eseguiti interventi di messa in sicurezza sulle strutture voltate.

Intervento definitivo

Non è stato reperito materiale relativo all'intervento di consolidamento finale delle strutture voltate.

Note

D7. ORATORIO DI SAN ROCCO

BOMPORTO (MO)

La chiesa non presenta strutture voltate.

INAGIBILE	ID 0,20
MECCANISMI DI COLLASSO NEGLI ARCHI	
M13 - Archi trionfali	NP
MECCANISMI DI COLLASSO NELLE VOLTE	
M8 - Volta della navata centrale	NP
M9 - Volte delle navate laterali	NP
M12 - Volte del transetto	NP
M18 - Volte del presbiterio e dell'abside	NP
M24 - Volte delle cappelle	NP
MECCANISMI DI COLLASSO NELLA CUPOLA	
M14 - Cupola/ tamburo	NP
M15 - Lanterna	NP

Provvedimenti di pronto intervento suggeriti

Messa in sicurezza

Intervento definitivo

Note

D8. CHIESA DI SAN NICOLÒ DA BARI BOMPORTO (MO)

La chiesa ha riportato lievi lesioni alla lanterna e alle volte dell'abside.

TEMPORANEAMENTE INAGIBILE	ID 0,26
MECCANISMI DI COLLASSO NEGLI ARCHI	
M13 - Archi trionfali	2
MECCANISMI DI COLLASSO NELLE VOLTE	
M8 - Volta della navata centrale	2
M9 - Volte delle navate laterali	0
M12 - Volte del transetto	NP
M18 - Volte del presbiterio e dell'abside	3
M24 - Volte delle cappelle	NP
MECCANISMI DI COLLASSO NELLA CUPOLA	
M14 - Cupola/ tamburo	1
M15 - Lanterna	3

Provvedimenti di pronto intervento suggeriti

Opere di ripristino: Ripristino della continuità muraria e consolidamento strutturale dell'arco trionfale

Opere di miglioramento sismico: /

Opere di pronto intervento: Verifica dello stato delle volte (in particolare del protiro)

Opere già eseguite: /

Messa in sicurezza

Non è stato reperito materiale relativo all'intervento di messa in sicurezza delle strutture voltate.

Intervento definitivo

Non è stato reperito materiale relativo all'intervento di consolidamento finale delle strutture voltate.

Note

D9. CHIESA DI SANT'EGIDIO ABATE CAVEZZO (MO)

La copertura della navata centrale è crollata portando con sé le volte sottostanti (M8). Anche l'arco trionfale risulta gravemente lesionato (M13).

INAGIBILE	ID 0,54
MECCANISMI DI COLLASSO NEGLI ARCHI	
M13 - Archi trionfali	3
MECCANISMI DI COLLASSO NELLE VOLTE	
M8 - Volta della navata centrale	3
M9 - Volte delle navate laterali	NP
M12 - Volte del transetto	NP
M18 - Volte del presbiterio e dell'abside	3
M24 - Volte delle cappelle	4
MECCANISMI DI COLLASSO NELLA CUPOLA	
M14 - Cupola/ tamburo	NP
M15 - Lanterna	NP

Provvedimenti di pronto intervento suggeriti

Opere di ripristino: Rifacimento delle porzioni crollate di archi e volte e consolidamento di quelle esistenti

Opere di miglioramento sismico: /

Opere di pronto intervento: /

Opere già eseguite: /

Messa in sicurezza

Non è stato realizzato nessun presidio di sicurezza per salvare l'arco trionfale che, seppur gravemente lesionato, è riuscito a resistere alle prime scosse. L'intervento provvisorio urgente ha riguardato solo la facciata e il campanile.

Intervento definitivo

La volta è stata ricostruita mediante pannelli curvilinei leggeri, in legno, dotati di adeguate prestazioni acustiche. La volta viene appesa alla nuova struttura di copertura.

Note

D10. CHIESA DELLA BEATA VERGINE DEL ROSARIO

FINALE EMILIA (MO)

Le scosse sismiche hanno provocato gravi danni alle strutture voltate della chiesa. La volta in arellato dell'Aula (M8) è crollata nella zona in adiacenza alla controfacciata²⁶² e presenta fessurazioni diffuse su tutta la superficie in particolare nelle zone adiacenti le lunette e degrado da infiltrazione d'acqua diffuso su tutta la superficie della volta, conseguente al crollo di parte della copertura. La volta in arellato del presbiterio presenta puntuali cadute di canniccio e diverse lesioni all'intradosso (M18) e la volta in laterizio apparecchiato in folio della Cappella del Carmine è in parte collassata in zona prossimale all'aula liturgica (M24). In generale tutte le volte (nei matronei, nei loggiati ai lati del presbiterio, il vano scala e il porticato esterno) in muratura sono profondamente danneggiate e presentano lesioni multidirezionali diffuse, unite a cadute di intonaco. Inoltre, lesioni di grande ampiezza sono apparse anche in corrispondenza dell'arco trionfale (M13).

INAGIBILE	ID 0,54
MECCANISMI DI COLLASSO NEGLI ARCHI	
M13 - Archi trionfali	3
MECCANISMI DI COLLASSO NELLE VOLTE	
M8 - Volta della navata centrale	3
M9 - Volte delle navate laterali	NP
M12 - Volte del transetto	NP
M18 - Volte del presbiterio e dell'abside	3
M24 - Volte delle cappelle	4
MECCANISMI DI COLLASSO NELLA CUPOLA	
M14 - Cupola/ tamburo	NP
M15 - Lanterna	NP

Provvedimenti di pronto intervento suggeriti

Opere di ripristino: consolidamento e parziale ricostruzione della volta della prima campata e consolidamento dell'arco trionfale

Opere di miglioramento sismico: /

Opere di pronto intervento: portali e centine negli archi dell'aula

Opere già eseguite: /

²⁶² Notoriamente la prima campata rappresenta la criticità più significativa per le componenti voltate d'aula.

Messa in sicurezza

Non sono stati eseguiti interventi di messa in sicurezza sulle strutture voltate.

Intervento definitivo

Le volte in arellato dell'aula e dell'abside hanno richiesto un trattamento biocida, applicato per impregnazione, per contrastare il degrado del legno. Inoltre, è stato necessario intervenire sulle centine, consolidando quelle parzialmente degradate mediante protesi lignee o sostituendo quelle completamente degradate. Dopodiché, si procede al consolidamento del cannucciato (con eventuale sostituzione nei punti particolarmente danneggiati) e delle connessioni centina-stuoiato (mediante fasciatura con tessuto a rete in fibra di lino greggio ad alta resistenza). Infine, è stato necessario revisionare l'intonaco intradossale mediante raschiatura in superficie per eliminare le parti ammalorate dalle infiltrazioni d'acqua e dagli agenti biologici e consolidamento con iniezioni nelle parti fessurate.

La porzione di volta crollata è stata ricostruita con tecnica tradizionale: realizzazione di centine all'estradosso, di tambocchi di controvento tra una centina e l'altra, di travetti di irrigidimento estradosso in legno di abete e posa di arelle all'intradosso della volta (fissate con chiodi alle centine e alla tambocciatura), finitura ad intonaco in malta a base di calce e gesso.

Le volte in murature delle cappelle laterali, della cappella del Carmine, dei matronei e dei corridoi, sono state consolidate mediante risarcitura delle fessurazioni all'intradosso con iniezioni di miscele a base di calce idraulica, previa inserzione forzata di piccoli cunei di legno duro e applicazione all'estradosso di doppio strato di tessuto unidirezionale in fibra di acciaio ad altissima resistenza zinco galvanizzato in matrice inorganica di calce idraulica naturale (metodo SRG steel reinforced grouting).

Note

D11. CHIESA DI SAN BARTOLOMEO

FINALE EMILIA (MO)

I due grandi archi, il primo in corrispondenza dell'organo sopra l'ingresso principale, il secondo in corrispondenza dell'abside, hanno subito evidenti lesioni al livello delle chiavi di volta: gli archi appaiono distaccati dalla struttura sovrastante (M13). Le volte in mattoni in foglio della navata principale sono completamente crollate sul pavimento (M8), lasciando esposte le travature lignee del tetto. Restano porzioni pericolanti in corrispondenza delle mozzature delle volte.

INAGIBILE	ID 0,44
MECCANISMI DI COLLASSO NEGLI ARCHI	
M13 - Archi trionfali	4
MECCANISMI DI COLLASSO NELLE VOLTE	
M8 - Volta della navata centrale	0
M9 - Volte delle navate laterali	NP
M12 - Volte del transetto	NP
M18 - Volte del presbiterio e dell'abside	3
M24 - Volte delle cappelle	3
MECCANISMI DI COLLASSO NELLA CUPOLA	
M14 - Cupola/ tamburo	NP
M15 - Lanterna	NP

Provvedimenti di pronto intervento suggeriti

Opere di ripristino: consolidamento degli archi trionfali e degli arconi di accesso alle cappelle laterali

Opere di miglioramento sismico: cuciture sugli archi di accesso alle cappelle

Opere di pronto intervento: /

Opere già eseguite: /

Messa in sicurezza

L'intervento di messa in sicurezza si compone di una fase preliminare nella quale viene effettuato l'abbattimento dei pennacchi delle volte crollate e la rimozione delle macerie presenti sul pavimento, avendo cura di recuperare i mattoni riutilizzabili e accatastarli in sito su appositi pallet. Dopodiché, sarà possibile risarcire le lesioni degli archi mediante inserimento di barre in acciaio filettate fissate con iniezioni di malta. Per effettuare queste lavorazioni verrà realizzato un ponteggio interno.

Intervento definitivo

Non è stato reperito materiale relativo all'intervento di consolidamento finale delle strutture voltate.

Note

D12. CHIESA DI SAN LUCA EVANGELISTA MEDOLLA (MO)

Nel corpo centrale, il cedimento del pilastro cavo (per accesso al pulpito), ha causato il completo crollo delle arcate che vi poggiavano (e di conseguenza il collasso delle sovrastanti murature e coperture). Pertanto, le due volte a crociera al di sopra della navata e le volte a botte al di sopra delle cappelle risultano collassate. Anche la volta a botte prima del presbiterio ha riportato dei crolli parziali. Il cedimento delle volte ha causato ingenti danni alle pavimentazioni della navata. Nel presbiterio, si è verificato il crollo quasi completo della seconda volta a botte. Il dissesto può essere stato favorito anche da fenomeni di martellamento tra la catena della capriata e la chiave della volta, le quali risultano essere particolarmente ravvicinate

INAGIBILE	ID 0,70
MECCANISMI DI COLLASSO NEGLI ARCHI	
M13 - Archi trionfali	3
MECCANISMI DI COLLASSO NELLE VOLTE	
M8 - Volta della navata centrale	5
M9 - Volte delle navate laterali	5
M12 - Volte del transetto	NP
M18 - Volte del presbiterio e dell'abside	5
M24 - Volte delle cappelle	5
MECCANISMI DI COLLASSO NELLA CUPOLA	
M14 - Cupola/ tamburo	NP
M15 - Lanterna	NP

Provvedimenti di pronto intervento suggeriti

Opere di ripristino: ricostruzione parte delle volte interne (aula centrale, cappelle, presbiterio) e ripristino delle lesioni delle volte

Opere di miglioramento sismico: /

Opere di pronto intervento: /

Opere già eseguite: /

Messa in sicurezza

L'intervento provvisorio, realizzato dai VVF nel 2014, ha messo in sicurezza l'interno della chiesa attraverso la centinatura della navata con strutture metalliche a tubi e giunti.

Intervento definitivo

L'intervento definitivo, in attesa di seconda approvazione, prevede la realizzazione di un cassero centinato a sviluppo curvo sopra al ponteggio in tubolari per la ricostruzione in muratura degli archi e delle volte crollate. Una nuova catena in acciaio viene inserita all'imposta dell'arco collassato. Le volte rimaste in loco vengono consolidate con reti in fibra di basalto. Tuttavia, né il progetto preliminare né quello esecutivo pongono attenzione alla necessità di distanziare la catena delle capriate dalla chiave delle volte per evitare fenomeni di martellamento tra le due strutture.

Note

D13. CHIESA DEI SS SENESIO E TEOPOMPO MARTIRI MEDOLLA (MO)

Le volte in arenato centinate in legno della navata centrale hanno mostrato un buon comportamento nei riguardi del meccanismo di risposta trasversale dell'aula (M8), manifestando solo lievi lesioni e distacchi laterali. Le volte in laterizio, appoggiate in folio, delle navate laterali, della zona absidale e presbiteriale e delle cappelle hanno riportato lesioni più gravi e crolli parziali o totali (M9/M18/M24). Anche l'arco trionfale ha subito lesioni in chiave e all'imposta (M13).

INAGIBILE	ID 0,46
MECCANISMI DI COLLASSO NEGLI ARCHI	
M13 - Archi trionfali	3
MECCANISMI DI COLLASSO NELLE VOLTE	
M8 - Volta della navata centrale	3
M9 - Volte delle navate laterali	5
M12 - Volte del transetto	NP
M18 - Volte del presbiterio e dell'abside	5
M24 - Volte delle cappelle	5
MECCANISMI DI COLLASSO NELLA CUPOLA	
M14 - Cupola/ tamburo	NP
M15 - Lanterna	NP

Provvedimenti di pronto intervento suggeriti

Opere di ripristino: ricostruzione delle volte crollate e consolidamento di quelle danneggiate

Opere di miglioramento sismico: /

Opere di pronto intervento: /

Opere già eseguite: smontaggio parti pericolanti

Messa in sicurezza

Non sono stati eseguiti interventi di messa in sicurezza sulle strutture voltate.

Nonostante il quadro fessurativo di grave entità, le operazioni di messa in sicurezza hanno riguardato solo il campanile della chiesa, il cui crollo avrebbe interessato una zona limitrofa di grande estensione. Nessun intervento è stato rivolto al rinforzo delle strutture voltate e di copertura della chiesa.

Intervento definitivo

L'intervento definitivo prevede la riparazione delle volte danneggiate o parzialmente crollate con tecnica tradizionale, ripristinando la curvatura esistente e impiegando il più possibile laterizi di recupero.

L'intervento prevede anche il consolidamento estradossale delle volte esistenti, mediante risarcitura delle lesioni e applicazione di rete diffusa in fibra naturale di basalto e acciaio inox e malte a base di calce idraulica naturale.

Note

D14. CHIESA DELLA BEATA VERGINE DELLA PORTA MIRANDOLA (MO)

INAGIBILE	ID 0,53
MECCANISMI DI COLLASSO NEGLI ARCHI	
M13 - Archi trionfali	NP
MECCANISMI DI COLLASSO NELLE VOLTE	
M8 - Volta della navata centrale	NP
M9 - Volte delle navate laterali	NP
M12 - Volte del transetto	NP
M18 - Volte del presbiterio e dell'abside	NP
M24 - Volte delle cappelle	NP
MECCANISMI DI COLLASSO NELLA CUPOLA	
M14 - Cupola/ tamburo	4
M15 - Lanterna	3

Provvedimenti di pronto intervento suggeriti

Opere di ripristino: cerchiatura metallica della cupola

Opere di miglioramento sismico: /

Opere di pronto intervento: andrebbero predisposti con tempestività opere di cerchiatura e puntellature degli archi d'imposta del tiburio e della volta centrale (padiglione ottagonale)

Opere già eseguite: /

Messa in sicurezza

Al fine di riaprire le via d'accesso limitrofe, l'intervento di messa in sicurezza prevede la cerchiatura della cupola e del tamburo mediante cavi in acciaio, previa interposizione di elementi lignei di ripartizione, a salvaguardia della muratura.

Costi: L'Ordinanza Commissariale n. 9 del 2013²⁶³ autorizza l'acquisto del materiale per una spesa pari a € 213,78. Successivamente, l'Ordinanza Commissariale n.16 del 2013²⁶⁴ autorizza l'intervento provvisorio sulla cupola e sul campanile per una spesa pari a € 122.534,07.

VALUTAZIONE ECONOMICA A22.3	64.000,00 €
Ordinanza Commissariale 9/2013	213,78 €
Ordinanza Commissariale 16/2013	122.534,07 €
TOTALE	122.747,85 €
IMPORTO GENERALE	527.534,07 €

Intervento definitivo

Non è stato reperito materiale relativo all'intervento di consolidamento finale delle strutture voltate.

Note

Non vi è corrispondenza tra gli interventi urgenti suggeriti nelle schede di rilievo del danno e i presidi di sicurezza realizzati.

²⁶³ Ordinanza Commissariale n.9/2013 - *Intervento provvisorio urgente sulla Chiesa della Madonna, piazza Costituente. Acquisto materiali. Intervento realizzato con il supporto dei VVF.*

²⁶⁴ Ordinanza Commissariale n.16/2013 - *Intervento provvisorio di messa in sicurezza della Chiesetta della Beata Vergine della Porta sita in piazza Costituente mediante incatenamento della cupola e consolidamento delle murature del campanile.*

D15. CHIESA DEL GESÙ MIRANDOLA (MO)

Il pavimento in battuto alla veneziana si presenta sfondato in due punti, davanti all'altare maggiore e davanti alla prima cappella di destra della navata centrale. Al di sotto del piano di calpestio persistono, infatti, dei locali con struttura voltata a botte, parzialmente crollati a causa della caduta delle volte soprastanti (M8). Nella scheda di rilievo del danno viene segnalato che *"il crollo delle volte in foglio e le lesioni negli archi rampanti ha interessato il 90% della superficie totale della chiesa"*.

INAGIBILE	ID 0,50
MECCANISMI DI COLLASSO NEGLI ARCHI	
M13 - Archi trionfali	4
MECCANISMI DI COLLASSO NELLE VOLTE	
M8 - Volta della navata centrale	5
M9 - Volte delle navate laterali	NP
M12 - Volte del transetto	3
M18 - Volte del presbiterio e dell'abside	5
M24 - Volte delle cappelle	NP
MECCANISMI DI COLLASSO NELLA CUPOLA	
M14 - Cupola/ tamburo	NP
M15 - Lanterna	NP

Provvedimenti di pronto intervento suggeriti

Opere di ripristino: ricostruzione delle volte crollate

Opere di miglioramento sismico: /

Opere di pronto intervento: /

Opere già eseguite: /

Messa in sicurezza

Il secondo stralcio dell'intervento di messa in sicurezza, progettato nel 2013 e mai realizzato, prevedeva il puntellamento del pavimento (nonché solaio della cripta sotterranea) e la posa in opera di un doppio tavolato di ripartizione dei carichi al fine di creare un piano di appoggio sicuro per i ponteggi strutturali interni. Questi sarebbero serviti al puntellamento degli archi e delle volte. Nello specifico, sarebbero state realizzate delle centinature metalliche a sostegno degli archi, installate dall'estradosso, e un sistema di puntellamento delle volte con ponteggio strutturale costituito da una torre centrale nella navata e da strutture integrative a sbalzo per le volte dei transetti e del presbiterio.

Nel 2017 viene realizzata una seconda fase di messa in sicurezza, propedeutica alla progettazione esecutiva. In quest'occasione, viene installato un sistema di puntellamento delle strutture voltate, al fine di garantire la sicurezza degli operatori in tutte le fasi successive. Il presidio si compone di una struttura a telaio in acciaio a tubi e giunti che funge da centinatura degli archi. Le strutture voltate delle cappelle laterali, le volte a botte del transetto e l'arco dell'abside vengono puntellate attraverso presidi a cavallotti prefabbricati, lasciando un varco per consentire lo smontaggio delle opere d'arte. Infine, anche l'arco trionfale viene puntellato e consolidato mediante inserimento del vitoni di contrasto per ripristinare la corretta distribuzione delle spinte.

Costi: Vedi allegato C15

Intervento definitivo

Il progetto preliminare, presentato nel 2015, prevede il consolidamento delle volte della cripta mediante ricostruzione delle parti crollate con tecnica tradizionale, previa realizzazione delle centine all'intradosso.²⁶⁵ Dopodiché, viene previsto il consolidamento delle volte mediante applicazione all'estradosso di fasciature con reti in fibra di vetro (doppio strato di fibra di carbonio per le volte a sesto ribassato). Infine, viene realizzato il riempimento delle volte a base di calce idraulica (in sostituzione del conglomerato cementizio, inizialmente previsto²⁶⁶) e le operazioni di finitura (rasatura, sottofondo e pavimentazione).

In seguito, si prevede la ricostruzione delle volte della navata, del transetto e del presbiterio con nuove volte a carena e arellato. Questa fase prevede la costruzione di centine in laboratorio, dimensionate secondo la grandezza della falsa volta, con legno ben stagionato per evitare successive deformazioni. Le centine saranno poi posizionate in sito, collegate alla muratura e fissate alle controventature. Le camerocanne saranno fissate alle centine mediante chiodatura e fibra di vetro verrà applicata sia all'estradosso che all'intradosso, collegate con legatura in filo di rame. Le finiture prevedono l'applicazione di malta a calce e gesso e il riempimento di parte all'estradosso con materiale alleggerito. Per distinguere le parti originarie da quelle nuove, sarà predisposto un giunto di separazione tra la nuova controsoffittatura e gli elementi consolidati.

Il progetto prevede anche il consolidamento delle volte in muratura delle cappelle mediante fasciatura all'estradosso con reti in fibra di vetro e irrigidimento con cerchiatura perimetrale (profili ad L) ancorata alla muratura con perni in acciaio e resina epossidica: l'effetto di controventamento è ottenuto saldando piatti metallici, disposti a croce di Sant'Andrea, sui quattro angoli della cerchiatura.

L'unico arco dell'aula non crollato viene consolidato mediante applicazione di fasciatura di rete in fibra di vetro all'intradosso e nella parte centrale dell'estradosso, collegandole alla muratura con barre in fibra di vetro nella parte centrale a minor spessore e con barre pultruse di carbonio ai lati. Negli altri archi dell'aula si prevede la ricostruzione

²⁶⁵ Tale intervento necessita di alcune operazioni preliminari: montaggio di tettoie di sicurezza; catalogazione dei materiali crollati (separando mattoni da frammenti architettonici, stucchi, legni marmi, intonaci decorati); puntellamento dell'intradosso per evitare ulteriori cedimenti; smontaggio del pavimento e svuotamento delle volte.

²⁶⁶ Originariamente, il progetto proponeva un riempimento in conglomerato cementizio alleggerito. La *Commissione Congiunta* ha però richiesto di utilizzare materiali più compatibili per i riempimenti.

della chiave e la messa in carico con un sistema di martinetti orizzontali in pressione, oltre al consolidamento estradossale mediante applicazione di doppio strato di tessuto in fibra di carbonio monodirezionale.

Gli archi delle cappelle e del transetto vengono consolidati mediante applicazione di un doppio strato di nastro in fibra di carbonio monodirezionale all'intradosso e inserimento di barre in acciaio zincato, iniettate su tre file con resina epossidica (previo rivestimento con materiale dielettrico ovvero fibra di vetro per evitare la corrosione galvanica). Tale operazione ha lo scopo di aumentare l'altezza della sezione resistente coinvolgendo anche gli elementi al di sopra dei conci in muratura.

Costi: Vedi allegato C15

Note

In fase emergenziale non vengono realizzati presidi di sicurezza nonostante il livello di danno grave riportato dalle strutture voltate. Queste vengono messe in sicurezza in un secondo momento attraverso delle opere provvisorie che saranno, in gran parte rimosse al termine dell'intervento finale. Tuttavia, la principale finalità di queste opere è proprio quella di permettere la realizzazione del consolidamento definitivo prestandosi ad essere utilizzate come supporto per approfondimenti conoscitivi finalizzati alla progettazione esecutiva nonché allo svolgimento delle lavorazioni stesse.

D16. CHIESA DI SAN MICHELE ARCANGELO

NOVI DI MODENA (MO)

Le strutture voltate presenti all'interno della chiesa risultano gravemente lesionate.

INAGIBILE	ID 0,55
MECCANISMI DI COLLASSO NEGLI ARCHI	
M13 - Archi trionfali	3
MECCANISMI DI COLLASSO NELLE VOLTE	
M8 - Volta della navata centrale	5
M9 - Volte delle navate laterali	4
M12 - Volte del transetto	2
M18 - Volte del presbitero e dell'abside	3
M24 - Volte delle cappelle	NP
MECCANISMI DI COLLASSO NELLA CUPOLA	
M14 - Cupola/ tamburo	NP
M15 - Lanterna	NP

Provvedimenti di pronto intervento suggeriti

Opere di ripristino: ricostruzione delle volte a botte della navata centrale e ripristino strutturale delle volte a crociera delle navate secondarie. In generale, consolidamento delle volte.

Opere di miglioramento sismico: /

Opere di pronto intervento: /

Opere già eseguite: /

Messa in sicurezza

Non è stato reperito materiale relativo all'intervento di messa in sicurezza delle strutture voltate. Tuttavia, dal rilievo fotografico è stato possibile verificare la realizzazione di una centinatura interna con elementi metallici tubolari e giunti, a sostegno delle volte delle cappelle laterali. Si nota l'assenza di elementi lignei nei punti di contatto tra il presidio metallico e la muratura.

Intervento definitivo

Non è stato reperito materiale relativo all'intervento di consolidamento finale delle strutture voltate.

Note

D17. CHIESA DI SANTA CATERINA D'ALESSANDRIA

NOVI DI MODENA (MO)

Le strutture voltate presenti all'interno della chiesa risultano gravemente lesionate.

INAGIBILE	ID 0,62
MECCANISMI DI COLLASSO NEGLI ARCHI	
M13 - Archi trionfali	4
MECCANISMI DI COLLASSO NELLE VOLTE	
M8 - Volta della navata centrale	5
M9 - Volte delle navate laterali	5
M12 - Volte del transetto	NP
M18 - Volte del presbiterio e dell'abside	4
M24 - Volte delle cappelle	NP
MECCANISMI DI COLLASSO NELLA CUPOLA	
M14 - Cupola/ tamburo	NP
M15 - Lanterna	NP

Provvedimenti di pronto intervento suggeriti

Opere di ripristino: rifacimento delle volte crollate e consolidamento delle parti recuperabili

Opere di miglioramento sismico: /

Opere di pronto intervento: /

Opere già eseguite: /

Messa in sicurezza

L'intervento provvisorio ha previsto la messa in sicurezza delle murature (scuci-cuci e iniezioni) e della volta dell'abside attraverso l'applicazione di fasciature in tessuto di acciaio al carbonio, collegate alla muratura perimetrale con fiocchi in acciaio e resina, previo eventuale puntellamento di sostegno con materiale di riuso proveniente dalla smontaggio dei puntelli esterni.

Intervento definitivo

Non è stato reperito materiale relativo all'intervento di consolidamento finale delle strutture voltate.

Note

D18. CHIESA DI SANTA MARIA ANNUNCIATA

REGGIOLO (RE)

Danni gravi sono stati subiti dall'arco trionfale e dalle volte delle navate laterali

INAGIBILE	ID 0,36
MECCANISMI DI COLLASSO NEGLI ARCHI	
M13 - Archi trionfali	3
MECCANISMI DI COLLASSO NELLE VOLTE	
M8 - Volta della navata centrale	1
M9 - Volte delle navate laterali	3
M12 - Volte del transetto	NP
M18 - Volte del presbiterio e dell'abside	1
M24 - Volte delle cappelle	NP
MECCANISMI DI COLLASSO NELLA CUPOLA	
M14 - Cupola/ tamburo	NP
M15 - Lanterna	NP

Provvedimenti di pronto intervento suggeriti

Opere di ripristino: consolidamento parete in corrispondenza dell'arco trionfale

Opere di miglioramento sismico: consolidamento estradossale delle volte a crociera laterali verso l'abside

Opere di pronto intervento: /

Opere già eseguite: /

Messa in sicurezza

Non sono stati eseguiti interventi di messa in sicurezza sulle strutture voltate.

Intervento definitivo

Non è stato reperito materiale relativo all'intervento di consolidamento finale delle strutture voltate.

Note

D19. CHIESA DI SANTA MARIA ASSUNTA

REGGIOLO (RE)

Le componenti voltate della chiesa presentano un grave quadro fessurativo causato dall'apparecchiatura in foglio, dalla deformabilità delle murature, dalla fragilità delle connessioni e dai cinematismi in atto. In generale sono presenti sintomi di sofferenza statica tipici per i corpi di fabbrica a pianta basilicale sottoposti a sisma, con crolli localizzati in prossimità della facciata principale, delle cappelle, e con significative lesioni in prossimità dell'arco trionfale, dei transetti e della zona presbiteriale. Nello specifico, il sisma ha provocato il collasso della volta a botte della navata centrale (M8) compresa tra la facciata e il primo arcone. La volta a vela su pennacchi del presbiterio, vistosamente lesionata lungo i paralleli, manifesta uno stato di pre-collasso (M18) con pericolose dislocazioni di componenti laterizi, causate probabilmente da tensioni di trazione indotte dal regime flessionale localizzato all'imposta, in aggiunta alla presenza di carichi asimmetrici e puntuali all'estradosso (passerella in legno e laterizio). Nell'abside, la calotta a doppia curvatura circolare risulta distaccata dall'arcone a separazione del presbiterio e lesionata con giacitura diagonale. Gli archi trasversali e l'arco trionfale che delimita l'aula dal presbiterio presentano lesioni in chiave e alle reni con piccole dislocazioni (M13), evidenziando l'attivazione di un cinematismo a portale con piedritto fermo tipico degli effetti delle azioni trasversali sismiche in assenza di incatenamenti o contrafforti. In alcune colonne sono presenti fessurazioni orizzontali, sintomo della formazione di una cerniera di ribaltamento. La cupola ellittica della cappella maggiore è collassata all'interfaccia con l'arcone longitudinale (M14); le restanti porzioni presentano lesioni profonde con disingranamento dell'apparecchio murario.

INAGIBILE	ID 0,50
MECCANISMI DI COLLASSO NEGLI ARCHI	
M13 - Archi trionfali	3
MECCANISMI DI COLLASSO NELLE VOLTE	
M8 - Volta della navata centrale	5
M9 - Volte delle navate laterali	NP
M12 - Volte del transetto	NP
M18 - Volte del presbiterio e dell'abside	5
M24 - Volte delle cappelle	1
MECCANISMI DI COLLASSO NELLA CUPOLA	
M14 - Cupola/ tamburo	1
M15 - Lanterna	1

Provvedimenti di pronto intervento suggeriti

Opere di ripristino: /

Opere di miglioramento sismico: /

Opere di pronto intervento: /

Opere già eseguite: /

Messa in sicurezza

Nel 2013, il progetto di riabilitazione strutturale post-sismica in somma urgenza della chiesa parrocchiale ha previsto il puntellamento delle strutture voltate in foglio, mediante centinatura con sistema a tubi e giunti.²⁶⁷ La tecnica, agevolmente adattabile alla geometria delle volte, permette di irrigidire anche le strutture ortogonali. Inoltre, i puntelli, andando a sostenere gli elementi danneggiati in configurazione deformata di quasi collasso, riducono le azioni trasmesse dagli stessi sulle strutture di sostegno d'ambito. Durante l'esecuzione dei lavori si è manifestata la necessità di introdurre modifiche alla previsione originaria di progetto per il severo aggravio del quadro fessurativo dovuto al notevole lasso temporale intercorso tra l'evento sismico principale e l'inizio effettivo del cantiere di messa in sicurezza. Ciò ha richiesto l'estensione del ponteggio in tubi e giunti a nuovi settori.²⁶⁸

Costi: L'Ordinanza Commissariale n.36 del 2013²⁶⁹ ha autorizzato l'intervento di messa in sicurezza per una spesa di € 411.849,87. L'estensione del ponteggio, resasi necessaria in corso d'opera, ha comportato una maggiorazione di € 39.082,34 (15,49% del totale, che comunque viene lasciato invariato).

VALUTAZIONE ECONOMICA A22.3	Già eseguiti dai VF	
Ordinanza Commissariale n.36/2013	411.849,87 €	
INTERVENTO	PREVENTIVO	INCIDENZA
Acquisto ponteggio	150.000,00 €	43%
Montaggio ponteggio	63.138,26 €	18%
Puntellatura in legno	137.816,17 €	39%
TOTALE LAVORI	350.954,43 €	85%
IVA (10%)	35.095,44 €	
SPESE TECNICHE	25.800,00 €	
TOTALE OPERE DA APPALTARE	411.849,87 €	

²⁶⁷ Tale opera, stimata di cubatura vuoto per pieno pari a circa 11.200 mc, è stata calcolata sulla scorta del sisma di sito, con periodo di ritorno tipico per le opere provvisionali. Il tempo di realizzazione del ponteggio è stato stimato pari a 75 giorni di cui 25 per la progettazione e l'autorizzazione da parte le MIBACT e 50 per il montaggio, operato da tre squadre di montatori.

²⁶⁸ Questo imprevisto è diventato occasione per realizzare un ballatoio sommitale, con relativo sottoponte, in corrispondenza della cupola in modo da creare un unico accesso per i vari campi di volta. A questo si aggiunge la realizzazione di un accesso in sicurezza al sottotetto della chiesa, mediante centinatura della prima campata della volta a botte (quella parzialmente crollata) e di un accesso esterno al sottotetto della sagrestia, altrimenti non ispezionabile, mediante installazione di un ponteggio isolato a tubi e giunti.

²⁶⁹ Ordinanza Commissariale n.36/2013 - *Intervento provvisorio di messa in sicurezza della Chiesa Santa Maria Assunta di Reggio per evitare la compromissione irreversibile del bene e per salvaguardarne il valore intrinseco*

Intervento definitivo

La volta a botte in prossimità della controfacciata viene ricostruita con un sistema ligneo (per le caratteristiche di leggerezza ed elasticità) che si avvale di tecniche tradizionali tipiche del territorio reggiano. La nuova volta a botte risulta così costituita da archi lignei composti dall'accostamento di tre assi di pioppo (sp.4cm) chiodate trasversalmente e unite con un collegamento tipo coda di rondine nel piano di sviluppo dell'arco. Gli archi sono posti a passo ravvicinato e sono collegati tra loro da elementi lignei trasversali in pioppo. L'appoggio sulla muratura avviene tramite dormiente ligneo opportunamente sagomato. Infine, l'intradosso è rivestito da listelli in legno di abete, intonacati a gesso e trattamento finale a calce dipinta in analogia l'esistente. Le altre strutture lesionate vengono consolidate e riparate mediante riapparecchiatura delle murature, iniezioni di malta fluida, e applicazione all'estradosso di fibre in acciaio galvanizzato su supporto in fibra di vetro. Nella zona presbiteriale vengono eliminati i carichi puntiformi (passerella) e le strutture che provocano fenomeni di martellamento sulle volte. Gli archi vengono incatenati alle reni, completando e riparando il sistema esistente, per eliminare le spinte orizzontali. I setti murari della lanterna, al di sopra della cupola centrale, vengono rinforzati attraverso interventi puntuali di ristilatura armata dei giunti e un sistema di cerchiatura metallica del serramento, opportunamente integrata al contesto architettonico.²⁷⁰ Il telaio fisso del serramento diventa elemento strutturale di confinamento e la vetratura viene studiata per consentire lo sfiato dell'aria calda, attraverso una piccola intercapedine, il cui accumulo nella calotta accelera i degni degli apparati pittorici interni.

Costi: L'importo a piano e a programma stanziato per l'intervento di recupero, restauro e risanamento conservativo con miglioramento sismico della Chiesa parrocchiale di Santa Maria Assunta a Reggio (RE) ammonta a € 381.355,73 per il II stralcio e a € 1.003.385 per il III stralcio. Il progetto ha richiesto € 1.236.444,50 per i lavori sulla chiesa e campanile (al netto di IVA) di cui € 683.451,45 sono serviti per gli interventi sulle volte, cupola e coperture.

Valutazione economica A22.1	921.000,00 €	
Valutazione economica A22.2	735.000,00 €	
TOTALE	1.656.000,00 €	
IMPORTO GENERALE (I STRALCIO)	1.873.409,01 €	
IMPORTO GENERALE (II STRALCIO)	381.355,73 €	
IMPORTO GENERALE (III STRALCIO)	1.003.385,39 €	
TOTALE LAVORI	3.258.150,13 €	
INTERVENTO	PREVENTIVO	INCIDENZA
COPERTURA E SOTTOTETTO	403.050,86 €	35%
Rimozione manto copertura	43.456,99 €	
Collegamenti nodi tra elementi lignei e con la muratura	111.639,19 €	

²⁷⁰ La *Commissione Congiunta* chiede che l'intervento di cerchiatura delle finestre della lanterna sia realizzato arretrato rispetto al filo esterno delle murature, o in alternativa, che venga occultato dall'infisso.

Irrigidimento copertura	63.242,31 €	
Opere di finitura copertura	21.673,45 €	
Rimontaggio manto di copertura	118.151,13 €	
Consolidamento muratura	44.887,79 €	
VOLTE	226.448,65 €	20%
Demolizioni	21.336,34 €	
Riempimento rinfianchi	17.317,29 €	
Consolidamento con fibre estradossali	86.440,16 €	
Risarcitura lesioni	12.140,96 €	
Ricostruzione volta a botte in legno	72.742,90 €	
Catene	16.471,00 €	
CUPOLA	53.951,94 €	5%
Revisione copertura	18.194,34 €	
Consolidamento con fibre estradossali	9.918,88 €	
Consolidamento muratura	5.385,12 €	
Infissi strutturali	6.330,02 €	
Opere di finitura	14.123,58 €	
PROSPETTI ESTERNI	198.790,78 €	17%
Consolidamento murature	46.022,07 €	
Ripristino superfici	152.768,71 €	
PROSPETTI INTERNI	254.760,25 €	22%
Consolidamento murature	185.771,37 €	
Ripristino superfici	68.988,88 €	
TOTALE LAVORI	1.137.002,48 €	35%
PONTEGGIO ABSIDE/CUPOLA/CAMPANILE	26.273,37 €	19%
Montaggio	7.695,32 €	
Noleggio	10.852,38 €	
Smontaggio	7.725,67 €	
PONTEGGIO ESISTENTE	57.246,09 €	41%
Montaggio	25.234,75 €	
Noleggio	22.943,61 €	
Smontaggio	9.067,73 €	
Recinzazioni	5.564,40 €	4%
Noleggio piani di lavoro e scale di cantiere	49.855,52 €	36%
ONERI PER LA SICUREZZA (PONTEGGI)	138.939,38 €	4%

Il bando di gara per l'appalto dei lavori ha richiesto come soluzione tecnica migliorativa/integrativa per l'esecuzione dei lavori (OT2) un'offerta di acquisto delle opere provvisorie già montate all'interno della chiesa, comprensiva di manutenzione e noleggio per tutta la durata del cantiere²⁷¹. Per questo il costo del montaggio e noleggio dei ponteggi esistenti viene scorporato dalla spesa complessiva in modo che l'impresa possa fare la sua offerta. Questo dato ci fornisce il costo del noleggio dei ponteggi, previsto per nove mesi, che risulta pari a una spesa mensile di € 2.549,29. Considerando che le strutture sono state in loco, indicativamente da giugno 2013 a dicembre 2018 (fine lavori) si può calcolare la spesa complessiva che si sarebbe sostenuta per il nolo del presidio di sicurezza, ovvero € 168.253,1 (2.549,29x66). Se la si confronta con la spesa per l'acquisto del ponteggio in fase emergenziale (€ 150.000,00) essa risulta minore, seppur di poco. Si consideri però che la richiesta di acquisto del ponteggio da parte della ditta aggiudicatrice, ipotizzata intorno al 25% del costo iniziale d'acquisto, permette di rientrare di ulteriori € 37.500. L'acquisto del ponteggio dunque appare in questo caso maggiormente conveniente rispetto al suo noleggio per cinque anni, permettendo un risparmio pari a € 55.753,14.

Note

I presidi di sicurezza sono stati rimossi al termine dell'intervento di consolidamento definitivo. Tuttavia, già in fase emergenziale, il progetto della centinatura ha previsto che tale struttura restasse in sito fino alla realizzazione delle opere di riparazione e ripristino al fine di consentirne l'ispezione ravvicinata delle strutture in condizioni di sicurezza per redigere il progetto esecutivo e svolgere le lavorazioni di consolidamento finale. L'opera provvisoria è dunque stata progettata non solo al fine di mettere in sicurezza la struttura ma anche come strumento a supporto della progettazione e realizzazione dell'intervento finale. Il progetto di messa in sicurezza ha così rappresentato una buona base per la redazione del progetto esecutivo, raggiungendo un adeguato livello di conoscenza storica e del danno tanto i progettisti desiderano precisare *“che confermano in sede di progetto esecutivo quanto esplicitato in fase preliminare, ritenendo complete e idonee le valutazioni relative all'individuazione dei danni.”*²⁷² In considerazione della tempistica ipotizzata per la realizzazione delle opere definitive (cinque anni) e quindi per il mantenimento in opera del presidio di sicurezza, sono state valutate sia la possibilità di noleggiare i ponteggi, sia quella di acquistarli. Dal punto di vista economico, appare più conveniente, in fase di messa in sicurezza, l'acquisto e la successiva rivendita del materiale, piuttosto che il noleggio. Un'analisi di mercato ha stimato un potenziale recupero della spesa pari al 25% del costo iniziale di acquisto, considerando anche il fatto che la struttura sarà installata all'interno dell'edificio, e pertanto, oggetto di basso deperimento per ossidazione ed agenti esterni. Nel caso specifico, questa strategia ha permesso di risparmiare circa 1/3 del costo di noleggio. Tuttavia la soluzione non sembra sempre applicabile in considerazione dell'incertezza di poter effettivamente rivendere le strutture acquistate e soprattutto di poter garantire un buono stato di conservazione, specialmente se collocate all'esterno.

²⁷¹ Il soddisfacimento di questa richiesta, insieme ad altre quali il completamento dell'impianto di illuminazione e il miglioramento delle opere di riordino pittorico, del restauro degli elementi lignei, del riposizionamento degli arredi interni e del fissaggio dell'assito di controvento, assegnava un punteggio massimo di 40punti/100.

²⁷² Progetto esecutivo, Relazione del danno, p.3

ALLEGATO E

Nel presente allegato sono presentati, per ciascuno dei 19 casi studio analizzati, gli interventi provvisionali e di consolidamento definitivo relativi ai meccanismi di collasso nelle coperture.

E1. COLLEGIATA DI SANTA MARIA MAGGIORE

PIEVE DI CENTO (BO)

La chiesa non ha riportato danni alle strutture di copertura dell'aula, del transetto e dell'abside. Tuttavia, il sisma ha causato, oltre al crollo della lanterna e della parte centrale della cupola, anche quello della sovrastante copertura lignea.

PARZIALMENTE AGIBILE/AGIBILE CON PROVVEDIMENTI	ID 0,30
MECCANISMI DI COLLASSO NEGLI ELEMENTI DI COPERTURA	
M19 - Elementi di copertura: aula	1
M20 - Elementi di copertura: transetto	0
M21 - Elementi di copertura: abside	1

Provvedimenti di pronto intervento suggeriti

PROVVEDIMENTI DI P.I.	
Revisione manto di copertura	-
Copertura provvisoria	LIM.
Ripristino smaltimento acque meteoriche	-

Opere di ripristino: verifica sottotetto

Opere di miglioramento sismico: /

Opere di pronto intervento: protezione cupola da intemperie

Opere già eseguite: /

Messa in sicurezza

Dopo la prima fase di consolidamento della cupola e tamburo e di puntellamento degli archi e delle volte sottostanti, inizia la seconda fase di messa in sicurezza, ovvero la realizzazione della copertura provvisoria.²⁷³ Il progetto esecutivo proponeva una struttura leggera con elementi tubolari in acciaio, dalla forma simile a quella originaria, appoggiata sulla sommità delle quattro colonne da cui partono i pennacchi. Tuttavia, il consolidamento del tamburo, resosi necessario in

²⁷³ Seppur con carattere provvisorio, la copertura è stata progettata per garantire la sua funzionalità per tutto il tempo necessario all'esecuzione delle opere definitive di messa in sicurezza della costruzione, che si prevede essere particolarmente lungo come si legge dalla relazione di progetto: "in considerazione del particolare pregio dell'intera chiesa, delle opere interne e della rilevanza che detta costruzione riveste nel contesto cittadino, nonché della necessaria tutela posta sulla costruzione da parte della *Soprintendenza* ai Beni Culturali e Architettonici, si ritiene che i tempi per il completo ripristino della costruzione si prospettino abbastanza lunghi, al di là anche del reperimento di significativi finanziamenti."

corso d'opera in seguito all'aggravio del dissesto, ha restituito la capacità portante a questo elemento architettonico (prima solo da proteggere). Ciò ha consentito di poggiare la copertura provvisoria direttamente sul tamburo (come inizialmente ipotizzato dai Vigili del Fuoco).²⁷⁴ La soluzione definitiva prevede dunque una struttura leggera in legno e acciaio, a forma di cuspidi, poggianti direttamente sul tamburo. Nello specifico, la struttura portante è composta da travi e pilastri di legno ancorati a due profilati UPN in acciaio collocati sia all'interno che all'esterno della muratura del tiburio. La struttura è irrigidita da un sistema di contenimento esterno, composto da tiranti e piastre in acciaio ancorate ai pilastri lignei, e da un sistema di irrigidimento interno, composto da una coppia di catene in acciaio incrociate collegate al profilato in acciaio presente all'interno della muratura. Infine la struttura è chiusa da pannelli di compensato e impermeabilizzata da un manto di copertura in guaina bituminosa con quattro lucernari trasparenti in plexiglass per permettere l'illuminazione naturale.

Intervento definitivo

Nonostante alcune ipotesi di ricostruzione in chiave moderna, l'intervento definitivo di restauro strutturale prevede il ripristino della copertura (oltre che della cupola e della lanterna) con forme e materiali originali.

Note

L'intervento di messa in sicurezza realizza quanto prescritto dalla scheda di rilievo del danno, realizzando una copertura provvisoria limitata alla cupola crollata. La struttura di protezione ha un carattere esclusivamente temporaneo e, seppure progettata per restare in loco per lungo periodo, l'intervento definitivo impone la sua completa rimozione.

²⁷⁴ La nuova soluzione appare più efficace sia da un punto di vista strutturale, in quanto durante il cantiere i quattro pilastri all'incrocio della navata e del transetto sono risultati essere cavi all'interno e quindi meno robusti di quanto stimato in fase progettuale, sia da un punto di vista economico, permettendo di ridurre i tempi di esecuzione e i costi di costruzione.

E2. CHIESA DI SAN LORENZO MARTIRE CASUMARO DI CENTO (FE)

La chiesa non ha riportato danni alle strutture di copertura.

INAGIBILE	ID 0,35
MECCANISMI DI COLLASSO NEGLI ELEMENTI DI COPERTURA	
M19 - Elementi di copertura: aula	NP
M20 - Elementi di copertura: transetto	NP
M21 - Elementi di copertura: abside	0

Provvedimenti di pronto intervento suggeriti

PROVVEDIMENTI DI P.I.	
Revisione manto di copertura	-
Copertura provvisoria	-
Ripristino smaltimento acque meteoriche	-

Opere di ripristino: /

Opere di miglioramento sismico: miglioramento strutturale della copertura nella parte seicentesca della chiesa e controllo delle teste delle travi

Opere di pronto intervento: /

Opere già eseguite: /

Messa in sicurezza

Non sono stati eseguiti interventi di messa in sicurezza sulle strutture di copertura.

Intervento definitivo

Non è stato reperito materiale relativo all'intervento di consolidamento finale delle strutture di copertura.

Note

E3. AUDITORIUM EX-CHIESA DI SAN LORENZO CENTO (FE)

La chiesa non ha riportato danni alle strutture di copertura.

INAGIBILE	ID 0,21
MECCANISMI DI COLLASSO NEGLI ELEMENTI DI COPERTURA	
M19 - Elementi di copertura: aula	0
M20 - Elementi di copertura: transetto	NP
M21 - Elementi di copertura: abside	0

Provvedimenti di pronto intervento suggeriti

PROVVEDIMENTI DI P.I.	
Revisione manto di copertura	-
Copertura provvisoria	-
Ripristino smaltimento acque meteoriche	-

Opere di ripristino: /

Opere di miglioramento sismico: /

Opere di pronto intervento: /

Opere già eseguite: /

Messa in sicurezza

Non sono stati eseguiti interventi di messa in sicurezza sulle strutture di copertura.

Intervento definitivo

Non è stato reperito materiale relativo all'intervento di consolidamento finale delle strutture di copertura.

Note

E4. CHIESA DI SAN FILIPPO NERI CENTO (FE)

La chiesa ha riportato danni lievi alle strutture di copertura.

AGIBILE CON PROVVEDIMENTI	ID 0,34
MECCANISMI DI COLLASSO NEGLI ELEMENTI DI COPERTURA	
M19 - Elementi di copertura: aula	1
M20 - Elementi di copertura: transetto	NP
M21 - Elementi di copertura: abside	1

Provvedimenti di pronto intervento suggeriti

PROVVEDIMENTI DI P.I.	
Revisione manto di copertura	-
Copertura provvisoria	-
Ripristino smaltimento acque meteoriche	-

Opere di ripristino: /

Opere di miglioramento sismico: sistemazione copertura

Opere di pronto intervento: /

Opere già eseguite: /

Messa in sicurezza

Non sono stati eseguiti interventi di messa in sicurezza sulle strutture di copertura.

Intervento definitivo

Il progetto prevede lo smontaggio di ampi tratti di copertura, lasciando temporaneamente a nudo le membrature sottostanti. Si rende pertanto necessaria l'esecuzione di una protezione temporanea, eventualmente integrata alle strutture di ponteggio, al fine di proteggere dalle intemperie gli spazi sottostanti nelle fasi di assenza della stabile copertura definitiva.

Note

E5. CHIESA DI SANT'ANNA

RENO CENTESE (FE)

La chiesa non ha riportato danni alle strutture di copertura.

INAGIBILE	ID 0,20
MECCANISMI DI COLLASSO NEGLI ELEMENTI DI COPERTURA	
M19 - Elementi di copertura: aula	0
M20 - Elementi di copertura: transetto	NP
M21 - Elementi di copertura: abside	0

Provvedimenti di pronto intervento suggeriti

PROVVEDIMENTI DI P.I.	
Revisione manto di copertura	-
Copertura provvisoria	-
Ripristino smaltimento acque meteoriche	-

Opere di ripristino: /

Opere di miglioramento sismico: /

Opere di pronto intervento: /

Opere già eseguite: /

Messa in sicurezza

Non sono stati eseguiti interventi di messa in sicurezza sulle strutture di copertura.

Intervento definitivo

Non è stato reperito materiale relativo all'intervento di consolidamento finale delle strutture di copertura.

Note

E6. CHIESA DI SAN MICHELE ARCANGELO BOMPORTO (MO)

La chiesa non ha riportato danni alle strutture di copertura.

INAGIBILE	ID 0,38
MECCANISMI DI COLLASSO NEGLI ELEMENTI DI COPERTURA	
M19 - Elementi di copertura: aula	0
M20 - Elementi di copertura: transetto	NP
M21 - Elementi di copertura: abside	0

Provvedimenti di pronto intervento suggeriti

PROVVEDIMENTI DI P.I.	
Revisione manto di copertura	-
Copertura provvisoria	-
Ripristino smaltimento acque meteoriche	-

Opere di ripristino: ripristino strutturale delle connessioni della facciata alle murature perimetrali e alla copertura

Opere di miglioramento sismico: /

Opere di pronto intervento: /

Opere già eseguite: /

Messa in sicurezza

Non sono stati eseguiti interventi di messa in sicurezza sulle strutture di copertura.

Intervento definitivo

Non è stato reperito materiale relativo all'intervento di consolidamento finale delle strutture di copertura.

Note

E7. ORATORIO DI SAN ROCCO

BOMPORTO (MO)

La chiesa non ha riportato danni alle strutture di copertura.

INAGIBILE	ID 0,20
MECCANISMI DI COLLASSO NEGLI ELEMENTI DI COPERTURA	
M19 - Elementi di copertura: aula	0
M20 - Elementi di copertura: transetto	NP
M21 - Elementi di copertura: abside	NP

Provvedimenti di pronto intervento suggeriti

PROVVEDIMENTI DI P.I.	
Revisione manto di copertura	-
Copertura provvisoria	-
Ripristino smaltimento acque meteoriche	-

Opere di ripristino: /

Opere di miglioramento sismico: /

Opere di pronto intervento: /

Opere già eseguite: /

Messa in sicurezza

Non sono stati eseguiti interventi di messa in sicurezza sulle strutture di copertura.

Intervento definitivo

Non è stato reperito materiale relativo all'intervento di consolidamento finale delle strutture di copertura.

Note

E8. CHIESA DI SAN NICOLÒ DA BARI BOMPORTO (MO)

La chiesa ha riportato danni alle strutture di copertura dell'aula.

TEMPORANEAMENTE INAGIBILE	ID 0,26
MECCANISMI DI COLLASSO NEGLI ELEMENTI DI COPERTURA	
M19 - Elementi di copertura: aula	3
M20 - Elementi di copertura: transetto	NP
M21 - Elementi di copertura: abside	2

Provvedimenti di pronto intervento suggeriti

PROVVEDIMENTI DI P.I.	
Revisione manto di copertura	EST.
Copertura provvisoria	LIM.
Ripristino smaltimento acque meteoriche	-

Opere di ripristino: ripristino della connessione tra le murature laterali e la copertura

Opere di miglioramento sismico: ripasso del manto di copertura

Opere di pronto intervento: /

Opere già eseguite: /

Messa in sicurezza

Non è stato reperito materiale relativo all'intervento di messa in sicurezza delle strutture di copertura.

Intervento definitivo

Non è stato reperito materiale relativo all'intervento di consolidamento finale delle strutture di copertura.

Note

E9. CHIESA DI SANT'EGIDIO ABATE CAVEZZO (MO)

La parte di copertura compresa tra l'arco trionfale e la facciata, appoggiato sugli snelli arconi trasversali della grande volta a botte nervata, è collassata trascinando con se l'intera volta e i muri del cleristorio (M19).

INAGIBILE	ID 0,58
MECCANISMI DI COLLASSO NEGLI ELEMENTI DI COPERTURA	
M19 - Elementi di copertura: aula	4
M20 - Elementi di copertura: transetto	5
M21 - Elementi di copertura: abside	0

Provvedimenti di pronto intervento suggeriti

PROVVEDIMENTI DI P.I.	
Revisione manto di copertura	EST.
Copertura provvisoria	EST.
Ripristino smaltimento acque meteoriche	EST.

Opere di ripristino: rifacimento copertura

Opere di miglioramento sismico: eventuale cerchiatura interna della copertura

Opere di pronto intervento: /

Opere già eseguite: /

Messa in sicurezza

Nella schede di rilievo del danno viene segnalata l'importanza di coprire la chiesa con una copertura provvisoria per rallentare il degrado della strutture e proteggere le macerie e le opere ancora sepolte. Tuttavia, l'intervento provvisorio non ha previsto la realizzazione di una copertura provvisoria lasciando, per due anni, l'interno della chiesa esposto agli agenti atmosferici e alla presenza dei piccioni. Ciò ha favorito il progressivo deterioramento delle finiture interne, già gravemente danneggiate dal sisma.

Intervento definitivo

L'intervento definitivo ha previsto la realizzazione di una nuova copertura lignea, leggera, costituita da una serie di portali in legno lamellare, irrigiditi nel loro piano da strutture reticolari in acciaio, con arcarecci, sempre in legno lamellare, che

corrono tra portale e portale e che sostengono un tavolato in legno micro-lamellare²⁷⁵. Tale struttura viene isolata termicamente mediante pannelli in vetro cellulare. La finitura laterale avviene mediante rasatura armata con rete in fibra di vetro e intonachino ai silossani color mattone, mentre la finitura delle falde di copertura avviene mediante stesura di ondulina impermeabilizzante e manto in coppi. I portali principali vengono appoggiati, mediante piastre in acciaio e tirafondi, alla muratura sottostante. Inoltre, viene inserita una catena metallica trasversale che collega i due appoggi.

Note

I provvedimenti di pronto intervento indicati nella scheda di rilievo del danno non sono state realizzati, causando un aggravio dello stato conservativo della struttura. Realizzare la nuova copertura in fase emergenziale non sarebbe stato possibile per le precarie condizioni di sicurezza e per lo stato di danneggiamento delle murature laterali. Tuttavia, l'installazione di una struttura autoportante avrebbe consentito di ridurre i danni causati dagli agenti atmosferici e i conseguenti costi di rimozione del degrado. Ulteriore ottimizzazione della messa in sicurezza sarebbe stata quella di utilizzare questa struttura autoportante in modo definitivo, a supporto della copertura definitiva.

²⁷⁵ La volta, appesa alle strutture di copertura, viene ricostruita mediante pannelli curvilinei leggeri con adeguate prestazioni acustiche. Relazione di progetto, pp.26-28

E10. CHIESA DELLA BEATA VERGINE DEL ROSARIO

FINALE EMILIA (MO)

La copertura presenta i danni maggiori: un settore della copertura, corrispondente alla prima campata dell'aula, è crollata (M19), portando con se la volta in arellato. Ciò causa infiltrazioni d'acqua che non solo danneggiano i soffitti in cannucciato delle strutture voltate e l'orditura lignea della struttura di copertura ma mettono a rischio anche gli stucchi cinquecenteschi presenti all'interno della chiesa. Inoltre, si sono manifestate lesioni in prossimità degli appoggi delle travi lignee di copertura, scorrimento delle travi, sconnessione tra l'appoggio delle capriate e la muratura, scivolamento significativo del manto di copertura, sconnessioni e movimenti tra gli elementi lignei dell'orditura principale. Il danno riportato risulta in disaccordo con quello indicato nella scheda di rilievo del danno (D1), la quale segnala l'impossibilità di ispezionare il sottotetto dell'aula e dell'abside.

INAGIBILE	ID 0,54
MECCANISMI DI COLLASSO NEGLI ELEMENTI DI COPERTURA	
M19 - Elementi di copertura: aula	1
M20 - Elementi di copertura: transetto	NP
M21 - Elementi di copertura: abside	1

Provvedimenti di pronto intervento suggeriti

PROVEDIMENTI DI P.I.	
Revisione manto di copertura	EST.
Copertura provvisoria	LIM.
Ripristino smaltimento acque meteoriche	LIM.

Opere di ripristino: ripristino copertura lignea

Opere di miglioramento sismico: /

Opere di pronto intervento: /

Opere già eseguite: /

Messa in sicurezza

L'intervento sulla copertura, realizzato nel 2013, "rappresenta il naturale proseguimento"²⁷⁶ delle prime opere di messa in sicurezza realizzate tra agosto e ottobre 2012 sulla facciata e sul campanile. L'intervento richiede la predisposizione di ponteggi interni (nella navata centrale, nella navata sinistra, nell'abside e nella cappella) ed esterni (sul retro della

²⁷⁶ Allegato 3, p.2

chiesa) e l'installazione di puntellamenti e piani protettivi in tavolato d'abete al di sotto della struttura voltata dell'abside per poter eseguire le lavorazioni in sicurezza. Dopo queste operazioni preliminari, si procede alla rimozione del manto di copertura in coppi, delle pianelle e della piccola e media orditura in legno. Ove necessario, la muratura d'appoggio alla copertura viene consolidata con la tecnica dello scuci e cuci e successivamente viene realizzato un cordolo sommitale di irrigidimento, in acciaio (profilo C200), lungo tutto il perimetro, ancorato alla muratura sottostante mediante cuciture armate. Le testate delle travi in legno delle capriate sono state consolidate con delle cuciture armate e le connessioni nei nodi delle capriate sono state solidarizzate con chiodature; ove presente marcescenza, la testata viene ricostruita con betoncino di resine e fibre di bambù. Infine, riposizionata la piccola orditura e le pianelle, viene realizzato un irrigidimento di falda con soletta in c.a. e applicato uno strato impermeabilizzante prima del rimontaggio del manto di copertura in coppi.²⁷⁷

Costi: L'Ordinanza Commissariale n. 16 del 2013 ha autorizzato l'intervento di messa in sicurezza sulla copertura per una spesa pari a € 308.000,00.

VALUTAZIONE ECONOMICA A22.3		108.000,00 €
Ordinanza Commissariale n.27/2012		196.968,46 €
Ordinanza Commissariale n.16/2013		308.000,00 €
Ordinanza Commissariale n.52/2016		100.722,70 €
TOTALE		605.691,16 €
INTERVENTO	CONSULTIVO	INCIDENZA
Nolo ponteggi	18.480,89 €	7%
Puntellamento in legno	14.550,54 €	6%
Consolidamento muratura	22.227,90 €	9%
Consolidamento volte in arellato	3.184,51 €	1%
Smontaggio manto di copertura	14.848,65 €	6%
Cordolo perimetrale e cuciture armate	41.777,49 €	16%
Consolidamento capriate lignee	47.676,53 €	19%
Rimontaggio manto di copertura	65.751,57 €	26%
Finiture	10.723,89 €	4%
manodopera e nolo mezzi	17.897,67 €	7%
TOTALE		257.119,64 € 42%

Intervento definitivo

²⁷⁷ Allegato 3

ALLEGATI

La copertura dell'aula è stata irrigidita con un controventamento intradossale di falda, per le prime due campate lato facciata, costituiti da barre Ø18 disposte a croce di S. Andrea nel piano dei puntoni delle capriate. I controventi si collegano al prolungamento del cordolo di controfacciata realizzato in fase di somma urgenza. Anche le teste delle capriate sono state collegate al cordolo mediante carpenterie metalliche imbullonate alla travi e solidarizzate alla muratura con piastre e contropiastre a riscontro sul lato esterno. Nelle cappelle laterali e negli ambienti minori (tribune, corridoi e vano scala), la copertura è stata irrigidita con un controventamento nel piano di falda mediante doppio tavolato estradossale al di sopra del tavellonato laterizio, collegato ai travetti lignei con vitoni auto-mordenti, comprensivo di traliccio di controventamento in piatti metallici collegato alla muratura lungo la linea di colmo e di gronda.

Valutazione economica A22.1	947.000,00 €
Valutazione economica A22.2	1.088.000,00 €
TOTALE	2.035.000,00 €
IMPORTO GENERALE	1.929.078,18 €

Note

I provvedimenti di pronto intervento suggeriti dalle schede di rilievo del danno vengono in parte realizzati, seppur a un anno di distanza. La revisione del manto di copertura si configura come intervento pressoché definitivo, riducendo le lavorazioni in fase di consolidamento finale. Nell'allegato 3 si legge che *“l'intervento proposto consente di completare l'intervento di salvaguardia del Bene storico ripristinando l'integrità strutturale della copertura in modo definitivo con un indubbio vantaggio in termini costi-benefici rispetto ad un'opera totalmente provvisoria (peraltro già valutata e comunque costosa).”* Tuttavia, l'intervento di messa in sicurezza della copertura non appare particolarmente curato e dettagliato, in considerazione del tempo trascorso dall'evento sismico prima della sua presentazione. Inoltre, le lavorazioni previste sembrano talvolta invasive e poco rispettose della materia storica, in particolare per quanto riguarda il consolidamento delle teste delle travi (cuciture armate o ricostruzione con betoncino) e l'irrigidimento della falda (soletta in c.a. aumenta la massa in sommità).

E11. CHIESA DI SAN BARTOLOMEO

FINALE EMILIA (MO)

La chiesa ha riportato danni moderati alle strutture di copertura.

INAGIBILE	ID 0,44
MECCANISMI DI COLLASSO NEGLI ELEMENTI DI COPERTURA	
M19 - Elementi di copertura: aula	2
M20 - Elementi di copertura: transetto	NP
M21 - Elementi di copertura: abside	2

Provvedimenti di pronto intervento suggeriti

PROVVEDIMENTI DI P.I.	
Revisione manto di copertura	EST.
Copertura provvisoria	-
Ripristino smaltimento acque meteoriche	-

Opere di ripristino: /

Opere di miglioramento sismico: /

Opere di pronto intervento: /

Opere già eseguite: /

Messa in sicurezza

Non sono stati eseguiti interventi di messa in sicurezza sulle strutture di copertura.

Intervento definitivo

Non è stato reperito materiale relativo all'intervento di consolidamento finale delle strutture di copertura.

Note

E12. CHIESA DI SAN LUCA EVANGELISTA

MEDOLLA (MO)

La copertura dell'aula è crollata a causa della perdita di appoggio: il cedimento del pilastro cavo (per accesso al pulpito) ha comportato il crollo delle arcate che vi poggiavano e il cedimento dei relativi muri soprastanti. La mancata predisposizione di sistemi di intrusione da parte di animali e volatili ha portato, a distanza di sette anni, al completo ricoprimento di tutte le superfici interne dal guano.

INAGIBILE	ID 0,70
MECCANISMI DI COLLASSO NEGLI ELEMENTI DI COPERTURA	
M19 - Elementi di copertura: aula	5
M20 - Elementi di copertura: transetto	NP
M21 - Elementi di copertura: abside	2

Provvedimenti di pronto intervento suggeriti

PROVEDIMENTI DI P.I.	
Revisione manto di copertura	-
Copertura provvisoria	EST.
Ripristino smaltimento acque meteoriche	-

Opere di ripristino: ricostruzione della copertura della chiesa e della sacrestia

Opere di miglioramento sismico: Revisione impianto di smaltimento delle acque meteoriche e fissaggio dei nodi delle capriate

Opere di pronto intervento: copertura provvisoria estesa all'aula alle cappelle e al campanile

Opere già eseguite: /

Messa in sicurezza

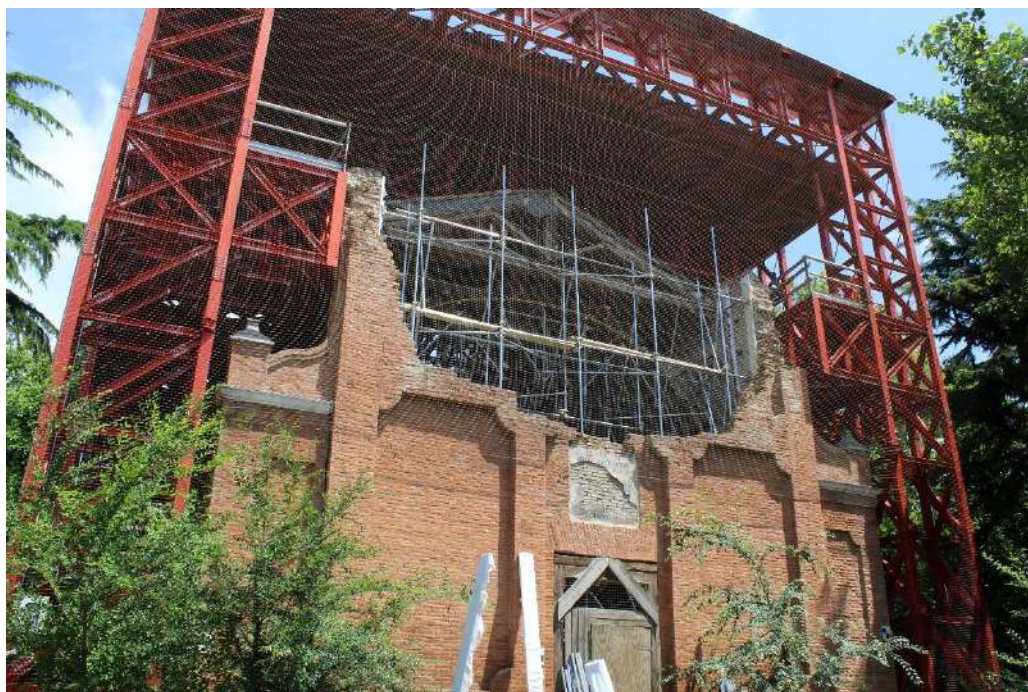
L'intervento provvisorio, realizzato nel 2014, è consistito nella realizzazione di portali metallici di supporto alla copertura provvisoria della chiesa al fine di preservare il Bene e poter approntare le conseguenti opere di ricostruzione. I portali sono costituiti da strutture reticolari prefabbricate, assemblate in loco, impostate su apposite fondazioni in c.a. Preliminarmente è stato necessario puntellare le strutture voltate all'interno della chiesa. L'intervento ha richiesto un'integrazione in corso d'opera in seguito al ritrovamento di tombe nell'area di sedime delle fondazioni. Terminata la realizzazione delle strutture esterne in carpenteria metallica, è stato eseguito un intervento di impacchettamento tra strutture in tubi innocenti interne alla chiesa e al struttura esterna di copertura. Il dissesto può essere stato favorito anche da fenomeni di martellamento tra la catena della capriata e la chiave della volta, le quali risultano essere particolarmente ravvicinate. L'intervento provvisorio, realizzato dai VVF nel 2014, ha messo in sicurezza l'interno della chiesa attraverso

la centinatura della navata con strutture metalliche a tubi e giunti. L'intervento provvisorio, realizzato dai VVF nel 2014, ha messo in sicurezza il campanile attraverso la realizzazione di cerchiature in cavi metallici.

Intervento definitivo

La soluzione inizialmente proposta per il consolidamento delle coperture, che prevede l'introduzione di strutture metalliche costituite da numerose travi reticolari, risulta eccessivamente impattante per dimensioni e tipologia, modificando in maniera incompatibile la struttura storica originaria. La nuova proposta, in attesa di approvazione, prevede una revisione della copertura ancora esistente attraverso il rimontaggio della grossa e piccola orditura e delle piastrelle in cotto, previa integrazione di parti ammalorate o mancanti. Al di sopra delle piastrelle viene proposta, in corrispondenza dell'aula, la realizzazione di un pacchetto composto da primer bituminoso, manto impermeabile prefabbricato, rete sintetica per armatura camicia di malta, camicia di malta, manto copertura a tegole di laterizio. In generale si propone la revisione del manto di copertura e dei canali discendenti in rame. I nodi vengono rinforzati attraverso l'applicazione di piastre in acciaio. Inoltre, vengono realizzati dei controventi metallici nel piano di falda.

Note



E13. CHIESA DEI SS SENESIO E TEOPOMPO MARTIRI MEDOLLA (MO)

La copertura è stata rifatta nel 1972 in laterocemento ed è composta da una trave di colmo, cordoli sommitali in calcestruzzo armato gettati in opera, travetti prefabbricati in calcestruzzo armato precompresso e tavelloni. Il danno risulta piuttosto limitato grazie anche alla presenza dei tiranti metallici orizzontali tra travetti contrapposti.

MECCANISMI DI COLLASSO NEGLI ELEMENTI DI COPERTURA	
M19 - Elementi di copertura: aula	1
M20 - Elementi di copertura: transetto	NP
M21 - Elementi di copertura: abside	0

Provvedimenti di pronto intervento suggeriti

PROVVEDIMENTI DI P.I.	
Revisione manto di copertura	-
Copertura provvisoria	-
Ripristino smaltimento acque meteoriche	-

Opere di ripristino: revisione manto e struttura di copertura

Opere di miglioramento sismico: /

Opere di pronto intervento: /

Opere già eseguite: /

Messa in sicurezza

Non sono stati eseguiti interventi di messa in sicurezza sulle strutture di copertura.

Intervento definitivo

Nonostante la disomogeneità della struttura di copertura rispetto alle murature storiche, non appare vantaggioso dal punto di vista economico procedere alla sostituzione dell'intero sistema di chiusura, anche in considerazione del danno limitato. Pertanto, il progetto esecutivo prevede la sostituzione solo dei tavelloni con un doppio tavolato ligneo al fine di assicurare un miglior collegamento trasversale.

Note

E14. CHIESA DELLA BEATA VERGINE DELLA PORTA MIRANDOLA (MO)

La chiesa ha riportato danni lievi alle strutture di copertura.

INAGIBILE	ID 0,53
MECCANISMI DI COLLASSO NEGLI ELEMENTI DI COPERTURA	
M19 - Elementi di copertura: aula	2
M20 - Elementi di copertura: transetto	NP
M21 - Elementi di copertura: abside	NP

Provvedimenti di pronto intervento suggeriti

PROVEDIMENTI DI P.I.	
Revisione manto di copertura	-
Copertura provvisoria	-
Ripristino smaltimento acque meteoriche	-

Opere di ripristino: verifica della struttura lignea di copertura

Opere di miglioramento sismico: /

Opere di pronto intervento: /

Opere già eseguite: /

Messa in sicurezza

Non sono stati eseguiti interventi di messa in sicurezza sulle strutture di copertura.

Intervento definitivo

Non è stato reperito materiale relativo all'intervento di consolidamento finale delle strutture di copertura.

Note

E15. CHIESA DEL GESÙ MIRANDOLA (MO)

Collasso della porzione di copertura a ridosso della facciata è crollata (M19). La rotazione del timpano ha provocato uno slittamento degli appoggi delle travi fino a sfilarsi dalla muratura, causando il crollo della porzione di tetto di dimensioni pari a 12x2,5 metri.

INAGIBILE	ID 0,50
MECCANISMI DI COLLASSO NEGLI ELEMENTI DI COPERTURA	
M19 - Elementi di copertura: aula	4
M20 - Elementi di copertura: transetto	1
M21 - Elementi di copertura: abside	0

Provvedimenti di pronto intervento suggeriti

PROVEDIMENTI DI P.I.	
Revisione manto di copertura	-
Copertura provvisoria	EST.
Ripristino smaltimento acque meteoriche	-

Opere di ripristino: ripristino e rifacimento della copertura della parte dietro la facciata principale

Opere di miglioramento sismico: miglioramento e riconfigurazione del comportamento scatolare dell'intera struttura con interventi idonei sia in copertura che nei paramenti murari

Opere di pronto intervento: copertura provvisoria nella zona dietro la facciata principale interessata dal crollo

Opere già eseguite: /

Messa in sicurezza

Dopo la rimozione e catalogazione delle porzioni crollate o in distacco, l'intervento provvisorio ha provveduto alla realizzazione di una copertura provvisoria in lamiera al di sopra del reticolo di facciata, ovvero in corrispondenza della porzione di coperto crollato, al fine di evitare che le precipitazioni atmosferiche compromettano ulteriormente le strutture murarie e gli interni.

La seconda fase di messa in sicurezza, propedeutica al progettazione esecutiva, ha esteso la realizzazione di una copertura provvisoria all'intera fabbrica, al fine di mettere in sicurezza le zone interne della chiesa. Pertanto, l'attuale manto di copertura sarà sostituito con una chiusura provvisoria in lamiera grecata che resterà installato per tutto il periodo necessario al consolidamento della chiesa. L'operazione prevede l'installazione di delle linee vita e la realizzazione del nuovo sistema di smaltimento delle acque piovane.

Intervento definitivo

Il progetto preliminare prevede il ripristino delle strutture di copertura. Durante la realizzazione del nuovo manto, la copertura provvisoria in lamiera grecata, realizzata in fase di messa in sicurezza, sarà sostituita da una copertura mobile sui ponteggi.

Le capriate lignee e l'orditura secondaria vengono smontate e revisionate in officina mediante verifica dello stato di conservazione, consolidamento con protesi, sostituzione parziale o totale di parti ammalorate o affiancamento con profili metallici di supporto, collegamento dei nodi delle capriate con piastre in acciaio zincato, trattamenti antiparassitari e antifungini, collegamento alle murature con ancoraggi metallici.

Riposizionate in sito, il sistema viene irrigidito attraverso la realizzazione di un cordolo in traliccio metallico a coronamento dei setti murari²⁷⁸ e di un sistema di controventamento con doppio tavolato ligneo incrociato.

Dopodiché, si procede al miglioramento dei collegamenti: l'orditura primaria viene ancorata alla muratura e al cordolo per mezzo di cuffie metalliche e perni filettati. Ciò, oltre ad evitare la fuoriuscita delle testate delle travi dalle murature, migliora la distribuzione degli sforzi sismici e garantisce il comportamento scatolare della fabbrica.

Infine, nelle parti più alte (aula abside e transetto), viene proposto un nuovo pacchetto di finitura per alleggerire i carichi in sommità.²⁷⁹

Note

Vi è corrispondenza tra i provvedimenti suggeriti dalla scheda di rilievo del danno e gli interventi realizzati in fase di messa in sicurezza e di intervento definitivo. Il presidio di sicurezza ha assolto a più funzioni: esso è servito non solo per la protezione degli spazi interni ma anche per la conoscenza della fabbrica in condizioni di sicurezza e per lo svolgimento delle successive lavorazioni. Tuttavia, seppur ampiamente giustificato, l'intervento sembra poco ottimizzato a causa della sovrapposizione e ripetitività di alcune lavorazioni: l'iniziale copertura provvisoria parziale viene sostituita da una copertura provvisoria totale che a sua volta, durante il cantiere, sarà nuovamente sostituita da una copertura mobile e, infine, l'opera sarà completamente rimossa.

²⁷⁸ Il cordolo è costituito da piatti metallici che formano una reticolare d'acciaio ed è ancorato alla muratura mediante barre filettate in acciaio zincato.

²⁷⁹ Il pacchetto proposto è composta da doppio tavolato, guaina ardesiata e coppi. Tuttavia, la *Commissione Congiunta* si mostra contraria a questa scelta chiedendo di riproporre la stessa tipologia di intervento proposta dalle coperture basse (travicelli, pannelle, rasatura con controvento in piatti metallici, guaina e coppi) ai fini conservativi. Ciononostante, il progetto decide di mantenere la scelta di alleggerimento del pacchetto di copertura in virtù del notevole miglioramento sismico ottenibile con la rimozione del pianellato, reputando sufficiente mantenere traccia del pianellato originale nelle coperture più basse.

E16. CHIESA DI SAN MICHELE ARCANGELO

NOVI DI MODENA (MO)

La chiesa ha riportato danni alle strutture di copertura dell'aula. La caduta della guglia del campanile ha sfondato parte la copertura del transetto.

INAGIBILE	ID 0,55
MECCANISMI DI COLLASSO NEGLI ELEMENTI DI COPERTURA	
M19 - Elementi di copertura: aula	3
M20 - Elementi di copertura: transetto	2
M21 - Elementi di copertura: abside	2

Provvedimenti di pronto intervento suggeriti

PROVEDIMENTI DI P.I.	
Revisione manto di copertura	-
Copertura provvisoria	LIM.
Ripristino smaltimento acque meteoriche	-

Opere di ripristino: rifacimento porzione di copertura del transetto

Opere di miglioramento sismico: incatenamento longitudinale e trasversale delle coperture

Opere di pronto intervento: /

Opere già eseguite: /

Messa in sicurezza

Non sono stati eseguiti interventi di messa in sicurezza sulle strutture di copertura.

Intervento definitivo

Non è stato reperito materiale relativo all'intervento di consolidamento finale delle strutture di copertura.

Note

E17. CHIESA DI SANTA CATERINA D'ALESSANDRIA NOVI DI MODENA (MO)

Il soffitto della navata e delle cappelle laterali sono completamente crollati (M19) mentre la copertura e le volte del presbiterio e del catino absidale risultano parzialmente crollati (M21). I crolli subiti hanno messo in evidenza situazioni preesistenti del manufatto già compromesse che lo hanno reso vulnerabile, in particolare per quanto riguarda le strutture lignee della copertura. Ad un anno dal sisma, l'assenza della copertura e l'esposizione delle murature e delle strutture interne agli agenti atmosferici, biologici ed antropici hanno prodotto nuovi fenomeni di degrado ed un aggravio di quelli già presenti.

INAGIBILE	ID 0,62
MECCANISMI DI COLLASSO NEGLI ELEMENTI DI COPERTURA	
M19 - Elementi di copertura: aula	5
M20 - Elementi di copertura: transetto	NP
M21 - Elementi di copertura: abside	3

Provvedimenti di pronto intervento suggeriti

PROVEDIMENTI DI P.I.	
Revisione manto di copertura	-
Copertura provvisoria	EST.
Ripristino smaltimento acque meteoriche	EST.

Opere di ripristino: rifacimento di tutte le coperture

Opere di miglioramento sismico: miglioramento sismico con incatenamento di tutte le pareti e coperture

Opere di pronto intervento: /

Opere già eseguite: /

Messa in sicurezza

L'intervento di messa in sicurezza, realizzato nel 2013, prevede il ripristino della copertura mediante l'introduzione di nuovi elementi strutturali e il recupero di quelli esistenti. Il sistema di copertura è costituito da una successione di telai in legno lamellare. La struttura così configurata è composta da capriate poggianti su piedritti fissati a terra mediante plinti in c.a., irrigiditi da due cordoli posti a diversa altezza. Piedritti e capriate sono realizzate con la medesima tecnologia, ovvero attraverso l'assemblaggio di elementi lignei modulari accoppiati con lame di acciaio pre-lavorate. Sia gli elementi in legno che in acciaio, collegati fra loro da piatti e perni metallici, vengono pre-forati per facilitarne la composizione a piè d'opera (o in officina). Il collegamento alla muratura avviene mediante connessione metallica.

L'esecuzione delle opere ha previsto diverse fasi di intervento. La prima fase è rivolta a creare adeguate condizioni di sicurezza per eseguire le lavorazioni successive. Prima di tutto vengono rimosse le parti pericolanti rimaste in sito e non recuperabili (creste murarie, porzioni di volta in foglio e carpenteria lignea parzialmente crollata). Le murature sommitali crollate vengono ricostruite e le murature sottostanti vengono consolidate mediante integrazione con tecnica della scuci e cuci, ristilatura dei giunti e applicazione in pressione di malta di calce idraulica ad alta resistenza. In questa fase vengono anche realizzati un cordolo sommitale, in malta di calce idraulica ad alta resistenza e barra in acciaio inox, e un cordolo in acciaio per la riduzione della snellezza della muratura. Questi interventi, per problemi di sicurezza, sono stati eseguiti mediante l'uso di mezzi meccanici dall'esterno, autogrù e piattaforma aerea.

Segue la fase di rimozione delle macerie con l'assistenza dei funzionari preposti delle Soprintendenze di Bologna coadiuvati dalla Direzione Regionale-UCR, al fine di recuperare sia eventuali elementi e parti architettoniche e/o decorative, sia materiali edili reimpiegabili.

Dopodiché, inizia il ripristino della struttura di copertura della navata centrale, previa rimozione del manto di copertura in coppi, del piano di posa in laterizio e dell'orditura minuta nelle parti non crollate durante gli eventi sismici. Per prima cosa vengono realizzati i plinti di fondazione in calcestruzzo armato. In seguito vengono assemblati e messi in opera i piedritti atti a garantire un efficace appoggio alle capriate. Tali elementi verticali sono collegati tra loro in direzione longitudinale mediante due livelli di travi di bordo, il primo in posizione sommitale e il secondo in posizione intermedia, al di sopra della linea di imposta delle volte crollate. Alla stessa quota, i piedritti sono collegati al nuovo cordolo metallico, precedentemente realizzato sul paramento in muratura, mentre in sommità il cordolo perimetrale in legno lamellare fibro-rinforzato viene collegato alla muratura di nuova fattura mediante inghisaggi diffusi. Dopodiché vengono assemblate e montate le capriate, composte da catena, puntoni e arcarecci. Le capriate esistenti vengono invece consolidate con interventi puntuali sui nodi e con la posa in opera di nuove catene lignee dove mancanti o inefficienti. Il ripristino della copertura si conclude con la posa in opera di un nuovo pacchetto di finitura costituito da doppio tavolato di irrigidimento e guaina impermeabile.

La fase finale riguarda la messa in sicurezza delle murature (scuci-cuci e iniezioni) e della volta dell'abside e l'integrazione della copertura della zona absidale e delle piccole cappelle laterali mediante la realizzazione di cordolo mono barra sommitale, la sostituzione di elementi lignei ammalorati, il miglioramento del collegamento nei nodi e la posa in opera del nuovo pacchetto di copertura analogo a quello della navata.²⁸⁰

Costi: L'Ordinanza Commissariale n.9 del 2013²⁸¹ ha autorizzato l'intervento provvisorio per una spesa di € 385.920,68. Successivamente, l'Ordinanza Commissariale n.21 del 2016²⁸² ha autorizzato un intervento di manutenzione per una spesa di € 32.256,71.

²⁸⁰ Progetto di messa in sicurezza, maggio 2013 - Relazione generale

²⁸¹ Ordinanza Commissariale n.9/2013 - *Intervento provvisorio urgente sulla Chiesa di Santa Caterina mediante puntellatura interna ed esterna e realizzazione di copertura provvisoria, finalizzato alla conservazione del monumento ed alla riapertura della viabilità circostante.*

²⁸² Ordinanza Commissariale n.21/2016 - *Intervento di manutenzione e ripristino funzionale delle opere provvisorie realizzate sulla Chiesa di S. Caterina e sul campanile, finalizzato alla salvaguardia della pubblica incolumità.*

VALUTAZIONE ECONOMICA A22.3	250.000,00 €	
Ordinanza Commissariale n.18/2012 (campanile)	101.794,32 €	
Ordinanza Commissariale n.9/2013 (chiesa)	385.920,68 €	
Ordinanza Commissariale n.21/2016 (manutenzione)	32.256,71 €	
TOTALE	519.971,71 €	
INTERVENTO	CONSULTIVO	INCIDENZA
Nolo ponteggi		0%
Rimozione puntellamento in legno (zona abside)	932,05 €	0%
Rimozione manto di copertura	8.492,30 €	3%
Consolidamento muratura	57.593,26 €	20%
Consolidamento volta abside (fibra + puntello)	7.135,74 €	3%
Realizzazione di fondazioni	2.044,96 €	1%
Realizzazione nuovi elementi di coertura	113.639,67 €	40%
Consolidamento elementi lignei esistenti	12.257,46 €	4%
Nuovo pacchetto di copertura	34.711,43 €	12%
manodopera e nolo mezzi	44.308,00 €	16%
TOTALE	281.114,87 €	54%
ONERI PER LA SICUREZZA	50.324,90 €	
TOTALE OPERE DA APPALTARE	331.439,77 €	

Intervento definitivo

Non è stato reperito materiale relativo all'intervento di consolidamento finale.

Valutazione economica A22.1	1.400.000,00 €
Valutazione economica A22.2	1.000.000,00 €
TOTALE	2.400.000,00 €
IMPORTO GENERALE	1.929.078,18 €

Note

L'intervento provvisorio mette in pratica le indicazioni delle schede di rilievo del danno.

Il presidio di sicurezza si contraddistingue per il carattere definitivo dell'intervento. Fin da subito il progetto si è proposto di ripristinare l'agibilità del Bene creando una situazione di accoglienza: per questo evita l'uso indiscriminato di puntelli (quelli esterni del catino absidale che invadono lo spazio della casa canonica vengono eliminati) che creano un senso di precarietà e preferisce usare materiali tradizionali come il legno, l'acciaio ed il laterizio, "ricostruendo e creando forme

architettoniche riconoscibili".²⁸³ Le strutture così realizzate possono dunque essere inserite nel progetto di restauro e ricostruzione, a vista o celate, recuperando in questo modo parte dei contributi e degli sforzi impiegati in fase emergenziale.

L'aspetto ancora più interessante risiede nei principi su cui si fonda questo intervento ovvero la standardizzazione e la possibilità di mantenere in sito in maniera definitiva le strutture utilizzate per mettere in sicurezza la fabbrica. L'uso unità standard, leggere e maneggevoli, pronte ad essere assemblate in loco, consente di ridurre costi, limitando anche l'incidenza dei mezzi di movimentazione. La modularità di questi elementi, il più possibile componibili secondo le diverse esigenze, garantisce facile adattabilità alla forma dell'architettura storica, prestandosi al potenziale impegno in una pluralità di casi.

Inoltre, l'impiego di materiali (legno e acciaio) e tecnologie a secco in grado di rispondere ad una efficiente e rapida sequenza di montaggio e posa in opera degli elementi costruttivi permette di velocizzare le operazioni di assemblaggio ma anche l'eventuale successivo smontaggio. Esigenze e razionalizzazione del cantiere, inteso come equilibrio e contenimento dei costi, impongono revisioni che pur garantendo il raggiungimento degli obiettivi consentono economie e semplificazioni delle operazioni.

Infine, il progetto appare anche particolarmente rispettoso dell'esistente in quanto le capriate originaria, ancora in grado di svolgere funzione portanti, non vengono sostituite ma consolidate con interventi puntuali.

La stessa impostazione è stata riproposta per la Chiesa di San Giovanni Battista a Cavezzo (MO), una delle chiese maggiormente danneggiate.²⁸⁴ Il progetto utilizza gli stessi elementi modulari, assemblandoli in funzione della geometria specifica dell'edificio. Tuttavia, nonostante l'Ordinanza Commissariale n.115 del 2013²⁸⁵ abbia stanziato € 708.483,06, l'intervento sembra non essere stato realizzato, principalmente a causa di questioni burocratiche.

²⁸³ Progetto di messa in sicurezza, maggio 2013 - Relazione Generale: *“Così, le strutture di copertura e di sostegno alla stessa, sono realizzate in legno e acciaio, mentre le murature vengono consolidate o ricostruite con malte di calce idraulica ad alta resistenza e tessuti in acciaio al carbonio.”*

²⁸⁴ Nella scheda di valutazione economica viene segnalata la *“perdita del Bene Culturale (chiesa + canonica)”* per un valore pari a 6.000.000 euro.

²⁸⁵ Ordinanza Commissariale n.115/2013 - *Intervento provvisorio di messa in sicurezza della Chiesa parrocchiale di S. Giovanni Battista, via di Mezzo, loc. Disvetto, mediante smontaggio delle parti pericolanti, puntellamento e consolidamento delle strutture orizzontali e verticali e della copertura, finalizzato alla salvaguardia della pubblica incolumità ed alla conservazione del bene.*

E18. CHIESA DI SANTA MARIA ANNUNCIATA

REGGIOLO (RE)

La chiesa ha riportato danni alle strutture di copertura dell'aula. La scheda di rilievo del danno segnala il pericolo di infiltrazioni di acque piovane in corrispondenza dei rappezzi di copertura e delle navate laterali più esterne, distaccate.

INAGIBILE	ID 0,36
MECCANISMI DI COLLASSO NEGLI ELEMENTI DI COPERTURA	
M19 - Elementi di copertura: aula	4
M20 - Elementi di copertura: transetto	NP
M21 - Elementi di copertura: abside	1

Provvedimenti di pronto intervento suggeriti

PROVVEDIMENTI DI P.I.	
Revisione manto di copertura	-
Copertura provvisoria	R
Ripristino smaltimento acque meteoriche	EST.

Opere di ripristino: rifacimento delle porzioni di copertura crollata

Opere di miglioramento sismico: ripasso dell'intero manto di copertura

Opere di pronto intervento: /

Opere già eseguite: /

Messa in sicurezza

L'intervento di messa in sicurezza ha realizzato una copertura provvisoria vicino al timpano ma non è stato possibile reperire materiale più dettagliato in merito.

Intervento definitivo

Non è stato reperito materiale relativo all'intervento di consolidamento finale delle strutture di copertura.

Note

E19. CHIESA DI SANTA MARIA ASSUNTA

REGGIOLO (RE)

Le strutture di copertura hanno riportato danni lievi. Tuttavia, proprio l'azione spingente delle coperture ha favorito la formazione dello stato fessurativo dell'intera fabbrica, causando rotazioni fuori dal piano delle murature d'ambito e fessurazioni in prossimità dell'appoggio delle travi lignee. In particolare si evidenzia l'assenza di dispositivi atti ad assicurare il contatto effettivo tra i pezzi in sovrapposizione nei nodi e la scarsità del franco all'incastro del puntone con estremità della catena. Inoltre, la sezione di appoggio dei puntoni contro la catena appare di dimensioni eccessivamente ridotte. In generale, gli appoggi dei travetti di falda sui dormiente d'interfaccia alle sottostanti murature risultano scarsi e si evidenziano alcuni sfilamenti, forse generati anche da movimenti pregressi.

INAGIBILE	ID 0,50
MECCANISMI DI COLLASSO NEGLI ELEMENTI DI COPERTURA	
M19 - Elementi di copertura: aula	1
M20 - Elementi di copertura: transetto	1
M21 - Elementi di copertura: abside	1

Provvedimenti di pronto intervento suggeriti

PROVEDIMENTI DI P.I.	
Revisione manto di copertura	-
Copertura provvisoria	-
Ripristino smaltimento acque meteoriche	-

Opere di ripristino: /

Opere di miglioramento sismico: /

Opere di pronto intervento: /

Opere già eseguite: /

Messa in sicurezza

Non sono stati eseguiti interventi di messa in sicurezza sulle strutture di copertura.

Intervento definitivo

Il progetto prevede miglioramento dei collegamenti tra elementi lignei e le murature mediante carpenteria metallica e la realizzazione di un controvento di falda nel piano delle coperture, atto a solidarizzare gli elementi e irrigidire il piano. Il controvento è costituito da un doppio tavolato ligneo collegato a un cordolo perimetrale in acciaio per eliminare le spinte. Per concludere l'intervento si prevede il riposizionamento del manto di copertura, l'installazione di una linea vita a basso impatto percettivo, la sostituzione dei lucernari esistenti e la sostituzione delle lattonerie dissestate.

ALLEGATO F

Nel presente allegato sono presentati, per ciascuno dei 19 casi studio analizzati, gli interventi provvisionali e di consolidamento definitivo relativi ai meccanismi di collasso nel campanile.

F1. COLLEGIATA DI SANTA MARIA MAGGIORE

PIEVE DI CENTO (BO)

La chiesa ha riportato danni moderati alla torre campanaria.

PARZIALMENTE AGIBILE/AGIBILE CON PROVVEDIMENTI	ID 0,30
MECCANISMI DI COLLASSO NEL CAMPANILE	
M27 - Torre campanaria	2
M28 - Cella campanaria	0

Provvedimenti di pronto intervento suggeriti

Opere di ripristino: /

Opere di miglioramento sismico: /

Opere di pronto intervento: /

Opere già eseguite: guglia già messa in sicurezza

Messa in sicurezza

Non sono stati eseguiti interventi di messa in sicurezza sul campanile.

Intervento definitivo

Non è stato reperito materiale relativo all'intervento di consolidamento finale sul campanile.

Note

F2. CHIESA DI SAN LORENZO MARTIRE CASUMARO DI CENTO (FE)

Il martellamento tra chiesa e campanile ha causato la formazione di tre ampie fessure che si diramano con andamento inclinato dal punto di contatto tra le due strutture. Inoltre, l'effetto rotazionale, causato dal vincolo asimmetrico della base del campanile (solo su un lato e mezzo del suo perimetro) ha prodotto fenomeni torsionali e sfalsamento delle murature. I dissesti presenti (fuori-piombo e lesioni) hanno conferito notevole instabilità alla struttura, che sotto l'effetto di nuove azioni sismiche, avrebbe potuto crollare sulla chiesa o in strada.

INAGIBILE	ID 0,35
MECCANISMI DI COLLASSO NEL CAMPANILE	
M27 - Torre campanaria	3
M28 - Cella campanaria	1

Provvedimenti di pronto intervento suggeriti

Opere di ripristino: consolidamento strutturale del fuori piombo del campanile e della muratura lesionata

Opere di miglioramento sismico: incatenamento del campanile nella porzione da consolidare

Opere di pronto intervento: messa in sicurezza del campanile da eseguire con estrema attenzione e con tecnica del cerchiaggio. Valutare eventuale demolizione del campanile.

Opere già eseguite: /

Messa in sicurezza

Grazie alla proposta della commissione tecnica viene evitata la demolizione della struttura. La messa in sicurezza del campanile è iniziata con il puntellamento della torre per consentire lo svolgimento in sicurezza delle successive operazioni. La struttura reticolare di sostegno, in tubi e giunti, copre l'intero parte lesionata del fusto ed è caricata alla base con contrappesi e vincolata all'estremità libera per evitarne il possibile ribaltamento e spostamento sotto l'azione di nuove forze sismiche. Smorzatori respingenti in neoprene sono stati inseriti tra la struttura reticolare e il campanile per scongiurare la possibilità di martellamento e per non modificare eccessivamente la rigidità della muratura. Questa prima fase di puntellamento ha permesso la riapertura dei negozi e di un passaggio pedonale vicino al campanile. Resta però, in questo primo momento, il pericolo di caduta sulla chiesa a causa dell'impossibilità di realizzare la puntellatura sui due lati adiacenti ad essa.

Successivamente è stato possibile ripristinare le capacità strutturali del manufatto mediante sigillatura delle principali lesioni con malta fluida premiscelata a rapida presa e a ritiro compensato. L'operazione è stata svolta da cestello aereo, solo per i lati del campanile protetti dalle strutture di sostegno.



Dopodiché sono state applicate due fasciature verticali in fibra di carbonio, a doppio strato, sulle facce libere, per l'intera lunghezza disponibile. Anche questa operazione è stata realizzata da cestello aereo, previa rimozione dell'intonaco.

Infine, è stata realizzata una cerchiatura orizzontale, su due livelli, con barre in acciaio e piastre angolari. Ripristinata una sufficiente resistenza strutturale, ispezioni interne permettono di stabilire l'eventuale necessità di ulteriori rinforzi.

Il sopralluogo effettuato in data 03/02/2016 ha evidenziato precarie condizioni delle strutture di sostegno: l'esposizione prolungata agli agenti atmosferici ha generato il deterioramento delle parti in legno e la corrosione degli elementi in acciaio (30-35% nei tubi e 25% nei giunti), cui consegue anche l'allentamento delle basette regolabili poste a contatto con le murature. A distanza di tre anni si rende dunque necessario un intervento di manutenzione della struttura con integrazione e sostituzione delle parti degradate per il ripristino dell'efficienza strutturale. L'intervento è stato occasione di riconfigurazione del ponteggio per migliorare la viabilità circostante, rendendo più compatta l'installazione.

Costi: L'ordinanza commissariale n.37 del 2012 ha autorizzato l'intervento provvisorio urgente per una spesa di € 54.450,00. L'ordinanza n.137 del 06/11/2013 ha poi autorizzato l'intervento provvisorio di messa in sicurezza del campanile, finalizzato alla riapertura della viabilità e della zona rossa, per una spesa di € 90.250,62. L'ordinanza n.21 del 08/04/2016 ha autorizzato interventi di manutenzione e ripristino funzionale dei ponteggi installati sul campanile per la spesa di € 28.050,00.

Valutazione economica A22.3	NP	
Ordinanza Commissariale n.37/2012	54.450,00 €	
Ordinanza Commissariale n.137/2013	90.250,62 €	
Ordinanza Commissariale n.21/2016	28.050,00 €	
INTERVENTO	PREVENTIVO	INCIDENZA
Intervento provvisorio urgente	144.700,62 €	84%
Manutenzione	28.050,00 €	16%
TOTALE	172.750,62 €	100%

Intervento definitivo

Dopo aver valutato diverse possibilità,²⁸⁶ l'intervento definitivo prevede una prima fase in cui viene realizzata una camicia interna in calcestruzzo armato, spinottata alla muratura, in grado di ripristinare la verticalità dei carichi e migliorare la risposta sismica del manufatto. Questa operazione permette di rimuovere le opere provvisorie di fasciatura e puntellamento e di effettuare le lavorazioni successive in estrema sicurezza. Vengono presi alcuni accorgimenti ai fini della conservazione: l'incamiciatura viene realizzata solo all'interno, per mantenere inalterate le caratteristiche geometriche ed architettoniche delle facciate esterne, uno strato di intonaco di calce viene interposto tra il calcestruzzo e la muratura storica per garantire la reversibilità dell'intervento.

Successivamente, l'intervento si completa con il ripristino della muratura danneggiata mediante tecnica dello scuci-cuci, iniezioni di malta strutturale a base calce e rifacimento dell'intonaco esterno con rete fibrorinforzata.

Infine, viene creato un giunto sismico tra le fabbriche adiacenti, rimuovendo la porzione di muratura tra la torre campanaria e la chiesa.

Costi: L'importo a piano e a programma stanziato gli interventi di riparazione con rafforzamento locale e miglioramento sismico necessari per il ripristino dell'agibilità della Chiesa di San Lorenzo ammonta a € 845.000,00. Di questa somma, € 212,614,54 sono destinati alle opere sul campanile.

Valutazione economica A22.1	350.000,00 €	
Valutazione economica A22.2	180.000,00 €	
	TOTALE	530.000,00 €
IMPORTO LAVORI	550.890,69 €	
ONERI SICUREZZA	66.384,76 €	
SPESE TECNICHE	294.109,31 €	
IMPORTO GENERALE	845.000,00 €	
INTERVENTO	PREVENTIVO	INCIDENZA
Ponteggi	9.429,12 €	4%
Camicia in calcestruzzo armato	114.585,61 €	54%
Consolidamento della muratura	49.106,50 €	23%

²⁸⁶ L'ipotesi di incatenamento esterno con tirantature è stata scartata poiché difficilmente realizzabile nella porzione di attacco alla chiesa e non sufficiente a garantire la continuità del fusto e la possibilità di assorbire azioni flessionali; la possibilità di installare una struttura metallica tipo traliccio all'interno della torre è stata eliminata poiché la rigidità della struttura in muratura è tale da comportare l'adozione di pesanti profili metallici di difficile inserimento all'interno del fusto; la soluzione di applicare intonaco fibrorinforzato esterno con fasciature in materiali FRP avrebbe generato la perdita della ricchezza decorativa delle cornici (sporgenza di pochi centimetri sarebbe scomparsa con l'ispessimento degli intonaci); la demolizione e ricostruzione avrebbe implicato la perdita del bene storico.

Giunto sismico	58,33 €	0%
Volte e Copertura	39.434,99 €	19%
TOTALE	212.614,54 €	39%

Note

I provvedimenti di pronto intervento suggeriti nella scheda di rilievo del danno vengono solo in parte realizzati negli interventi di messa in sicurezza e di consolidamento definitivo.

Nonostante l'estrema urgenza, l'intervento provvisorio è stato concepito in funzione del suo completamento durante l'intervento definitivo. L'intervento di fasciatura avrebbe dovuto essere esteso ai due lati mancanti e ricoperto con nuovo intonaco al fine di ridurne l'impatto estetico. Le cerchiature metalliche esterne avrebbero dovuto essere sostituite con altre a scomparsa. Di fatto, l'intervento definitivo non tiene conto di questa possibilità, rimuovendo tutte le opere provvisorie. Solo il ponteggio, parzialmente integrato, è stato riutilizzato per lo svolgimento delle lavorazioni.

Ad ogni modo, in questo caso, la tipologia di intervento scelto è stata fortemente condizionata dall'entità del danneggiamento che ha richiesto particolari precauzioni ai fini della sicurezza. Un altro grande vincolo è generato dalla conformazione della fabbrica, adiacente alla canonica della chiesa: ciò ha impedito operare sui due lati non raggiungibili del campanile.

Dal punto di vista dei costi, l'intervento provvisorio (compresa la sua manutenzione) è costato il 20% in meno dell'intervento definitivo, tenendo inoltre presente che l'incarniciatura interna non sarebbe stata realizzabile senza le condizioni di sicurezza ottenute grazie alla struttura di sostegno.

Si ponga inoltre attenzione al costo estremamente ridotto richiesto dalla creazione del giunto sismico, la cui mancanza ha generato la maggior parte dei danni sopra descritti. Appare dunque evidente come interventi preventivi di questo tipo possano evitare l'insorgere di gravi problematiche a fronte di una spesa estremamente ridotta, neanche paragonabile al costo di riparazione.

F3. AUDITORIUM EX-CHIESA DI SAN LORENZO CENTO (FE)

La torre campanaria non ha subito particolari dissesti mentre la cella campanaria è stata gravemente danneggiata dalla prima scossa (la seconda ha poi esteso il danno alla chiesa). La cella campanaria ha mostrato scardinamenti delle murature portanti, disassamento delle colonne di circa 10 cm, distacco dei capitelli, crolli diffusi, numerose lesioni a taglio (anche passanti) nella muratura in prossimità delle aperture della parte ottagonale, fratture degli archi in chiave e alle reni e distacco di questi ultimi dalla muratura laterale.

INAGIBILE	ID 0,21
MECCANISMI DI COLLASSO NEL CAMPANILE	
M27 - Torre campanaria	2
M28 - Cella campanaria	4

Provvedimenti di pronto intervento suggeriti

Opere di ripristino: smontaggio e ricostruzione della cella del campanile

Opere di miglioramento sismico: /

Opere di pronto intervento: /

Opere già eseguite: /

Messa in sicurezza

L'intervento di messa in sicurezza, realizzato subito dopo la scossa del 20 maggio, ha cercato di restituire solidità e compattezza alla cella collegando murature, colonne e copertura. L'intervento è stato eseguito in tre fasi, da piattaforma aerea. Per prima cosa si è proceduto alla sbadacchiatura delle aperture inserendo delle centine in legno al fine di sostenere il carico influente sull'arco e ridurre le sollecitazioni sui piedritti limitando l'apertura delle lesioni esistenti sugli stessi. Dopodiché è stata messa in sicurezza la porzione ottagonale mediante cerchiatura della muratura con quattro livelli di funi in acciaio dotate di tenditori per conferire l'adeguato grado di confinamento. Le funi passano all'interno di anelli saldati sulle piastre sagomate in acciaio poste in prossimità degli spigoli dell'ottagono. Tra le piastre, di altezza pari a quella dell'apertura, e la muratura sono state interposte tavole in legno per ripristinare la planarità della superficie e garantire aderenza fra struttura esistente e rinforzo. Infine le colonne sono state collegate alla struttura muraria interna attraverso cerchiatura con nastri in tessuto, previa posa in opera di distanziatori in legno tra le due parti.

Dopo la scossa del 29 maggio l'intervento di messa in sicurezza viene esteso all'intera torre campanaria. Viene realizzato un ponteggio strutturale in tubi e giunti con funzione di sostegno ma anche per fornire un piano di lavoro e una zona di appoggio per le lavorazioni di demolizione manuale e ricostruzione della parte sommitale del campanile. Il ponteggio nella parte alta presenta diagonali in pianta e in sezione per contrastare l'eventuale spinta della struttura.

Gli interventi realizzati in fase emergenziale non permettono di ridare agibilità alla struttura né agli edifici limitrofi.

Costi: L'intervento con opere provvisorie urgenti ed indifferibili sul campanile e sulla lanterna sono state commissionate dalla Fondazione Patrimonio degli Studi alla ditta Restauri Innovativi Tecnologici S.r.l. per un importo consuntivo che ammonta a 88' 249,40 €. (80' 226,72 € + iva 10%).

Valutazione economica A22.3 (stimato dal rilevatore)	10.000,00 €	
Ordinanza Commissariale n.80/2014	120.000,00 €	
IMPORTO EFFETTIVO (escluso iva 10%)	80.226,72 €	
INTERVENTO	PREVENTIVO	INCIDENZA
Cantiere, manodopera e nolo mezzi	29.853,91 €	45%
Sbadacchiatura	2.203,53 €	3%
Cerchiatura	7.014,70 €	10%
Ponteggio	28.000,00 €	42%
TOTALE	67.072,14 €	84%
IVA (10%)	6.707,21 €	
TOTALE OPERE DA APPALTARE	88.249,39 €	

Intervento definitivo

In seguito alle indagini di approfondimento, è stata concordata la cucitura del campanile con il corpo della chiesa in corrispondenza della quota alla quale il campanile fuoriesce dall'edificio.

È stato confermato lo smontaggio della cella, la pulizia dei mattoni e il successivo rimontaggio dell'ottagono inserendo una barra in acciaio ogni tre corsi di malta secondo la tecnica della muratura armata. L'intervento eseguito sulle colonne ha previsto lo smontaggio dei mattoni, la loro pulitura e il successivo rimontaggio. All'interno della cavità della colonna è stata inserita in fase di montaggio, una gabbia circolare di armatura con barre in acciaio e staffatura a spirale. La cavità della colonna è stata infine riempita con calcestruzzo strutturale alleggerito. Per rendere le colonne solidali con il resto della struttura sono state inseriti ferri di ripresa con lunghezza di ancoraggio di 60 cm all'interno della colonna in un foro passante preesistente nel capitello. Per rendere ancora più efficace il comportamento scatolare della cella è stato realizzato un cordolo in cemento armato posizionato in sommità all'ottagono alla base del tetto, ricoperto all'esterno da uno strato di mattoni per non lasciare traccia e preservare l'aspetto esteriore della costruzione. Per assorbire gli sforzi di trazione che nascono all'interno della muratura in prossimità delle aperture della cella viene inserita alle reni di ogni arco una catena in acciaio a sezione rettangolare. In ultimo si ritiene necessario procedere alla sostituzione della copertura esistente con una nuova struttura in abete massello, composta da quattro puntoni sui quali poggiano travi rompi-tratta e il tavolato, opportunamente collegata al cordolo sommitale in c.a. Gli interventi di miglioramento sismico necessari per ridurre la vulnerabilità della struttura hanno ridato agibilità al liceo adiacente.

Valutazione economica A22.1	310.000,00 €
Valutazione economica A22.2	260.000,00 €
TOTALE	570.000,00 €

ALLEGATI

IMPORTO GENERALE (escluso iva 10%)	334.729,62 €	
INTERVENTO	PREVENTIVO	INCIDENZA
Rimozione opere provvisionali	2.933,11 €	1%
Nolo mezzi e spese cantiere	30.117,74 €	11%
Nolo ponteggio	7.006,94 €	3%
Cucitura armata	42.400,96 €	16%
Scuci e cucì	35.875,68 €	13%
Pulitura muratura	28.429,99 €	11%
Catene	6.691,99 €	2%
Smontaggio e rimontaggio della cella	85.177,45 €	32%
Sostituzione della copertura	6.592,35 €	2%
Scale	23.412,73 €	9%
Finitura	19.432,54 €	7%
TOTALE	268.638,93 €	80%
IVA (10%)	26.863,89 €	
SPESE TECNICHE (IVA 22%)	130.020,57 €	
TOTALE OPERE DA APPALTARE	498.223,15 €	

Note

I provvedimenti suggeriti dalla scheda corrispondono a quanto realizzato nell'intervento definitivo. Gli interventi realizzati per la messa in sicurezza, nonostante non segnalati nella scheda, hanno un carattere spiccatamente temporaneo e provvisorio in quanto nati in un particolare contesto di emergenza, in cui l'unico obiettivo era la pubblica incolumità. Tuttavia, la seconda scossa ha dimostrato l'efficacia del presidio di sicurezza già presente che, verosimilmente, ha impedito il crollo della cella già danneggiata. Ciò ricorda quanto sia importante agire con tempestività e rapidità. A tal proposito, si ricorda che la messa in sicurezza della cella campanaria ha richiesto tempi molto ridotti, solo tre giorni.



F4. CHIESA DI SAN FILIPPO NERI CENTO (FE)

La chiesa ha riportato danni moderati al campanile.

AGIBILE CON PROVVEDIMENTI	ID 0,34
MECCANISMI DI COLLASSO NEL CAMPANILE	
M27 - Torre campanaria	2
M28 - Cella campanaria	NP

Provvedimenti di pronto intervento suggeriti

Opere di ripristino: /

Opere di miglioramento sismico: /

Opere di pronto intervento: /

Opere già eseguite: /

Messa in sicurezza

Non sono stati eseguiti interventi di messa in sicurezza sul campanile.

Intervento definitivo

Non è stato reperito materiale relativo all'intervento di consolidamento finale sul campanile.

Note

F5. CHIESA DI SANT'ANNA

RENO CENTESE (FE)

Nonostante, in genere, i campanili isolati rispondano bene alle sollecitazioni sismiche, la torre campanaria di Reno Centese ha invece riportato un alto livello di danneggiamento in seguito alla scossa del 20 maggio 2012, probabilmente a causa dalla forte componente verticale del sisma avvertita nelle aree vicine all'epicentro (Finale Emilia). Inoltre, il ponteggio che circondava la struttura al momento dell'evento sismico, in loco per lavori di ristrutturazione, potrebbe aver generato fenomeni di interazione e martellamento con la struttura muraria, aggravandone il quadro fessurativo. Nello specifico, il fusto del campanile ha riportato ampie fratture a taglio sui quattro lati. In questo caso però, non si è formata la tipica lesione a X in quanto, subito dopo la formazione della prima frattura inclinata, la parte superiore del tronco è slittata impedendo la formazione della seconda fessura diagonale. Così, su ogni lato, a circa 8 metri di altezza, si è creata una sola macro-lesione ad andamento diagonale con rototraslazione del tronco superiore.²⁸⁷ A ciò si aggiungono danni locali prodotti dalla presenza di cerchiature con capochiave interni alla muratura: di fronte al buon funzionamento della catena, il capochiave ha frantumato il paramento murario fino all'espulsione di materiale dallo spigolo di sud-est.²⁸⁸ Infine, una sottile lesione circolare sulla parte sommitale della guglia indica l'attivazione di un meccanismo di rottura per sollecitazione flessionale.

INAGIBILE	ID 0,20
MECCANISMI DI COLLASSO NEL CAMPANILE	
M27 - Torre campanaria	4
M28 - Cella campanaria	0

Provvedimenti di pronto intervento suggeriti

Opere di ripristino: riparazione delle lesioni nel campanile con eventuale smontaggio e rimontaggio

Opere di miglioramento sismico: /

Opere di pronto intervento: /

Opere già eseguite: cerchiatura diffusa del campanile e transennamento dell'area

Messa in sicurezza

Data l'impossibilità di avvicinarsi al campanile, per la prima fase di intervento, è stato necessario scegliere una tecnica di intervento che permettesse di ripristinare a distanza le adeguate condizioni di sicurezza per gli operatori. Prendendo spunto dalla tecnologia impiegata per la stabilizzazione delle rocce o degli scavi in galleria, le ampie lesioni sono state

²⁸⁷ (Di Tommaso & Casacci, 2013) - La parte superiore del tronco ha subito una dislocazione nelle due direzioni (15 cm in una direzione e 8 cm nella direzione ortogonale), maggiore nella parte superiore della lesione.

²⁸⁸ (Blasi, 2014, p. 234)

saturate con malta cementizia fibrorinforzata applicata a spruzzo attraverso l'uso di una lancia lunga 52 metri.²⁸⁹ È stata scelta una miscela dotata di fibre polimeriche e caratterizzata da un basso ritiro ed elevata resistenza meccanica a trazione e compressione nonché elevata energia di rottura. In questo modo la malta depositata, oltre a chiudere le fessure, ha creato una sorta di placcaggio con effetto di confinamento nei confronti del substrato.²⁹⁰

Nella seconda fase di intervento, operando dai ponteggi già installati per i lavori di restauro in corso prima dell'evento sismico, è stato realizzato un bendaggio del fusto, in direzione verticale e orizzontale, con strisce di composito pre-impregnato²⁹¹: sopra un doppio strato di fasce unidirezionali in fibra di vetro e di carbonio, applicate verticalmente lungo l'intera lunghezza delle quattro lesene angolari, si sovrappongono tre fasce orizzontali, con le medesime caratteristiche, posizionate ad interasse di 2,5 metri. Dalla relazione della Commissione Tecnica si legge che *“la soluzione proposta è stata scelta in quanto realizzabile con estrema rapidità e tale da poter essere applicata anche su una superficie scabra come quella realizzata con l'intervento della prima fase.”*²⁹² Infatti, nonostante i compositi si adattino bene alle superfici non planari, lo strato di betoncino proiettato ha generato un supporto particolarmente irregolare che ha reso necessaria la realizzazione di un ulteriore sottofondo di pareggiamento sulle lesene prima di applicare il composito. Le fasce orizzontali invece non hanno richiesto l'omogeneizzazione delle superfici interne delle facce del fusto poiché leggermente distaccate da esso per via delle lesene d'angolo sporgenti. Oltre a facilitarne l'applicazione, questo distacco agevola anche la rimozione delle fasce, facilmente tagliabili, favorendo la reversibilità dell'intervento.

Questo primo intervento di messa in sicurezza permette di ripristinare un grado di sicurezza tale da accedere all'interno del campanile per rilevare il reale stato di danneggiamento sulla base del quale definire eventuali ulteriori consolidamenti.

Costi: L'allegato 1 dell'ordinanza commissariale n.37 del 2012 ha autorizzato i lavori di messa in sicurezza del campanile per una spesa di € 9.863,62 per l'acquisto dei materiali. In seguito, l'Ordinanza Commissariale n.21 del 2016 ha autorizzato un nuovo finanziamento di €17.970,48 per la manutenzione e il ripristino funzionale dei ponteggi installati prima del sisma.

Valutazione economica A22.3 (stimato dal rilevatore)	Già eseguito
Ordinanza Commissariale n.37/2012	9.863,62 €
Ordinanza Commissariale n.21/2016	17.970,48 €

289 Nello specifico, è stata utilizzata un'autopompa dotata di braccio meccanico alla cui estremità era fissato un macchinario idraulico, comandato a distanza, che permetteva di direzionare lo spruzzo della miscela e di regolarne la velocità.

²⁹⁰ (Di Tommaso & Casacci, 2013)

291 È stato scelto di operare in condizioni wet-lay-up, impregnando le fasce a piè d'opera con apposito macchinario, per la maggiore rapidità di messa in opera rispetto alla tecnologia dry-lay-up che esigerebbe l'impregnazione a parete. Inoltre la pre-impregnazione consente l'uso di tessuti più pesanti evitando di incrementare il numero di strati.

292 C. Blasi, A. Di Tommaso, C. Modena, “Commissione per i primi interventi di messa in sicurezza degli edifici snelli danneggiati dal sisma - Linee Guida per la messa in sicurezza del campanile di Reno Centese (Cento)”14 giugno 2012, Bologna, pag.5.

	TOTALE	27.834,10 €	
INTERVENTO		PREVENTIVO	INCIDENZA
Intervento urgente (Spritz beton + fibre)		9.863,62 €	35%
Manutenzione ponteggi		17.970,48 €	65%
	TOTALE	27.834,10 €	100%

Intervento definitivo

Il progetto prevede tre fasi operative. La prima fase consiste nella rototraslazione del tronco superiore del campanile. L'intervento si prospetta alquanto delicato e complesso. Il sollevamento della parte sommitale richiede la realizzazione di un castello di carico, dotato di apposita fondazione (rimossa a fine intervento) e di un sistema meccanico di controllo degli spostamenti orizzontali impressi dal piano di carico al campanile (martinetti idraulici). Sarà inoltre necessario eseguire una serie di operazioni preliminari di irrigidimento e contenimento della cella campanaria (centinatura) e del troncone superiore del campanile oltre che la rimozione delle fibre e dello spritz beton applicati in fase emergenziale²⁹³ e lo smontaggio del ponteggio esistente (dopo averlo utilizzato per realizzare le sopracitate operazioni). Realizzato di castello di carico, si procede al taglio della muratura mediante sega a filo fusto: la parte superiore del campanile viene allora sollevata e riposizionata in continuità alla muratura sottostante, previa predisposizione di un giunto con piastre metalliche atte a fare da piano di appoggio nel tempo di maturazione della malta.²⁹⁴

Ricostituita la continuità verticale, si opera un rinforzo della struttura campanaria mediante tecnica dello scuci-cuci e ristilatura armata dei giunti per migliorare la resistenza a taglio e applicazione di tessuto in fibra di acciaio, sia all'interno che all'esterno degli angoli, per migliorare la resistenza a pressoflessione.²⁹⁵

È inoltre previsto il consolidamento della volta in muratura, posta sulla sommità del campanile, mediante realizzazione di una cappa fibro-rinforzata con rete in fibra di basalto ancorata alle murature con fiocchi.

Infine il progetto propone la demolizione della scala interna in muratura, parzialmente crollata, e la realizzazione di una nuova scala in acciaio.²⁹⁶ La proposta è stata attentamente valutata dalla *Commissione Congiunta* che ha voluto valutare

²⁹³ La cura nella rimozione dello spritz beton sarà in funzione del consolidamento finale: nelle zone oggetto di scuci-cuci lo spritz beton sarà demolito insieme alla muratura mentre nelle restanti porzioni verrà rimosso meccanicamente cercando di conservare il più possibile la muratura originale.

²⁹⁴ La *Commissione Congiunta* ha espresso perplessità in merito a questa scelta in quanto si verrebbe a creare un vero e proprio piano di taglio oltre che la concentrazione dei carichi statici in pochi punti di appoggio. È stato pertanto richiesto un approfondimento con opportune valutazioni, anche di tipo numerico.

²⁹⁵ La *Commissione Congiunta* ha ritenuto eccessivamente invasiva la compresenza della ristilatura armata dei giunti e il rinforzo con tessuti in fibra sull'intero fusto del campanile, soprattutto a fronte della totale assenza di consolidamento nella parte sommitale. Infatti, le cuciture armate, proposte per il consolidamento delle murature di spigolo della cella campanaria, non sono state autorizzate dalla *Commissione Congiunta*, la quale ha richiesto di valutare "interventi meno invasivi e più compatibili con la tutela del bene in oggetto". In definitiva, per evitare variazioni di rigidità e resistenza tra le parti rinforzate e non, è stata richiesta la ricalibrazione degli interventi.

²⁹⁶

la possibilità di un intervento di recupero richiedendo un approfondimento dello stato di fatto e di conservazione della struttura esistente. Accertate le condizioni irrecuperabili della scala originale, la Commissione ha suggerito di considerare una possibile integrazione tra la nuova struttura e il sistema di consolidamento all'interno del campanile con una conseguente riduzione o eliminazione degli interventi di rinforzo sulle murature del fusto (fasciature in fibra d'acciaio e ristilature armate), *"integrando la struttura della scala con elementi metallici verticali che possano surrogarne la funzione, minimizzando altresì gli scassi nelle murature"*.

Costi: L'importo a piano e a programma stanziato per il rinforzo strutturale con miglioramento sismico del campanile della Chiesa di Sant'Anna ammonta a € 556.284,85.

Valutazione economica A22.1	180.000,00 €	
Valutazione economica A22.2	320.000,00 €	
TOTALE	500.000,00 €	
IMPORTO LAVORI (escluso iva 10%)	382.909,66 €	
ONERI SICUREZZA (escluso iva 10%)	30.723,52 €	
SPESE TECNICHE	101.222,60 €	
IMPORTO GENERALE	566.284,85 €	
INTERVENTO	PREVENTIVO	INCIDENZA
OPERAZIONI PRELIMINARI	16.751,50 €	4%
Rimozione spritz beton	10.652,60 €	3%
Centinatura cella	424,36 €	0%
Smontaggi e demolizioni	5.674,54 €	1%
ROTO-TRASLAZIONE	233.598,39 €	61%
Castello di carico	184.305,30 €	48%
Traslazione	49.293,09 €	13%
RINFORZO STRUTTURALE	68.720,32 €	18%
Iniezioni armate	524,50 €	0%
Scuci-cuci	14.163,42 €	4%
Ristilatura armata dei giunti	24.150,50 €	6%
Consolidamento fusto con fibre in acciaio	28.258,50 €	7%
Consolidamento volta con fibre di basalto	1.623,40 €	0%
SCALA	17.414,39 €	5%
Demolizione scala in muratura	1.591,09 €	0%
Nuova scala metallica	15.823,30 €	4%
INTERVENTI ARCHITETTONICI	46.425,06 €	12%
TOTALE	382.909,66 €	100%

Note

La tecnica di intervento impiegata per la messa in sicurezza urgente del campanile, la proiezione di uno strato di betoncino fibro-rinforzato, ha permesso di intervenire in tempi rapidi, con costi ridotti e, soprattutto, in condizioni di massima sicurezza per gli operatori, che hanno potuto operare a distanza. In collaborazione con il rinforzo in compositi, l'intervento è risultato idoneo per ripristinare la stabilità e resistenza della struttura restituendo l'agibilità alle abitazioni nell'area rossa circostante. La tecnica è risultata di facile applicabilità, anche a fronte di forme irregolari o strutture difficilmente raggiungibili, per conformazione architettonica o, come in questo caso, per la presenza di ponteggi sui fronti.

Dall'altro lato, però, questo consolidamento non può essere considerato definitivo né riutilizzabile e dovrà essere sostituito da un intervento maggiormente integrato con la conservazione del Bene. Da questo punto di vista, la rimozione del betoncino a spruzzo ha però suscitato particolare preoccupazione: sono così state svolte delle indagini finalizzate alla definizione delle migliori modalità operative di pulitura²⁹⁷. Lo spritz beton si è dimostrato in buona parte rimovibile con attrezzi manuali o vibro-scalpelli pneumatici in grado di garantire una buona conservazione delle superfici in laterizio²⁹⁸. Restano tuttavia, tracce di cemento e piccole sbecature sui mattoni che rendono necessario un completamento con scalpellini manuali, stuccature localizzate e un trattamento di finitura atto ad uniformare la superficie trattata. Solo in piccole aree, la muratura ha perso le sue funzioni statiche e meccaniche per un eccessivo deterioramento in seguito alla rimozione del betoncino: in questi casi diventa necessario intervenire con tecnica di scuci e cuci. La superficie intonacata del campanile ha facilitato queste operazioni che sarebbero state più problematiche a fronte di una muratura faccia a vista.

Da un punto di vista dei costi si noti che la rimozione di quest'intervento provvisorio (€ 10.652,60) ha richiesto circa la stessa spesa effettuata per la sua realizzazione (€ 9.863,62). Tuttavia, l'economicità dell'intervento riduce notevolmente l'incidenza di questo intervento (meno del 4%) sulla spesa complessiva di ripristino strutturale del campanile.

297 Le indagini sono state svolte dalla Ditta Leonardo di Bologna

298 Il prezzo stimato per la rimozione del betoncino è di 92 euro/mq, incluso il calo a terra e il trasporto in discarica del materiale di risulta, esclusi gli oneri di discarica.

F6. CHIESA DI SAN MICHELE ARCANGELO BOMPORTO (MO)

Il campanile ha mostrato danni dovuti alla rotazione con effetti torsionali all'altezza di stacco della torre rispetto al corpo della chiesa adiacente. Si è verificata una lesione orizzontale passante lungo tutto il perimetro. I due piani superiori mostrano lesioni di taglio e gli archi delle finestre si sono aperti alle reni, denunciando il possibile disassamento e rischio di crollo sulla chiesa.

INAGIBILE	ID 0,38
MECCANISMI DI COLLASSO NEL CAMPANILE	
M27 - Torre campanaria	4
M28 - Cella campanaria	3

Provvedimenti di pronto intervento suggeriti

Opere di ripristino: ripristino strutturale della torre campanaria e della cella con cerchiature e angolari

Opere di miglioramento sismico: /

Opere di pronto intervento: messa in sicurezza della torre campanaria

Opere già eseguite: /

Messa in sicurezza

L'intervento di messa in sicurezza del campanile è consistito nella cerchiatura della cella campanaria con catene in acciaio, fasce in poliestere, nastri in fibra di carbonio e con l'applicazione di intonaco strutturale.

VALUTAZIONE ECONOMICA A22.3	10.000,00 €	
Ordinanza Commissariale n.2/2013	826,49 €	
Ordinanza Commissariale n.16/2013	14.090,85 €	
Ordinanza Commissariale n.115/2013	35.719,65 €	
TOTALE	50.636,99 €	
INTERVENTO	PREVENTIVO	INCIDENZA
Cerchiatura e applicazione di intonaco strutturale	29.766,37 €	100%
TOTALE	29.766,37 €	59%
IVA (10%)	2.976,64 €	
SPESE TECNICHE (IVA 22%)	2.976,64 €	
TOTALE OPERE DA APPALTARE	35.719,65 €	

Intervento definitivo

Non è stato reperito materiale relativo all'intervento di consolidamento finale sul campanile.

F7. ORATORIO DI SAN ROCCO

BOMPORTO (MO)

INAGIBILE	ID 0,20
MECCANISMI DI COLLASSO NEL CAMPANILE	
M27 - Torre campanaria	4
M28 - Cella campanaria	2

Provvedimenti di pronto intervento suggeriti

Opere di ripristino: consolidamento campanile con lanterna e guglia mediante cerchiature

Opere di miglioramento sismico: /

Opere di pronto intervento: transennamenti e messa in opera di cerchiature

Opere già eseguite: /

Messa in sicurezza

L'intervento di messa in sicurezza del campanile è consistito nell'applicazione di nastri in fibra di carbonio e intonaco strutturale.

VALUTAZIONE ECONOMICA A22.3	10.000,00 €	
Ordinanza Commissariale n.115/2013	39.780,33 €	
INTERVENTO	PREVENTIVO	INCIDENZA
Cerchiatura con fibre di carbonio e intonaco strutturale	33.150,27 €	100%
TOTALE	33.150,27 €	83%
IVA (10%)	3.315,03 €	
SPESE TECNICHE (IVA 22%)	3.315,03 €	
TOTALE OPERE DA APPALTARE	39.780,33 €	

Intervento definitivo

Non è stato reperito materiale relativo all'intervento di consolidamento finale sul campanile.

Note

F8. CHIESA DI SAN NICOLÒ DA BARI BOMPORTO (MO)

TEMPORANEAMENTE INAGIBILE	ID 0,26
MECCANISMI DI COLLASSO NEL CAMPANILE	
M27 - Torre campanaria	0
M28 - Cella campanaria	2

Provvedimenti di pronto intervento suggeriti

Opere di ripristino: consolidamento lesione cella campanaria

Opere di miglioramento sismico: /

Opere di pronto intervento: /

Opere già eseguite: /

Messa in sicurezza

Dopo aver valutato diverse possibili soluzioni, di comune accordo con il Servizio Suoli della Regione e con la Direzione Regionale dei Beni Architettonici, si è scelto di scartare le prime ipotesi di intervento minimo e limitato a singole porzioni della torre campanaria, a favore della realizzazione di un'intelaiatura interna in acciaio che si estende per tutto lo sviluppo verticale del campanile. Considerando questo intervento come il più affidabile, si è proceduto alla sua installazione: una volta rimosso il pericolo esterno indotto dal campanile è stato possibile ripristinare l'agibilità anche sull'adiacente chiesa.

VALUTAZIONE ECONOMICA A22.3	40.000,00 €	
Ordinanza Commissariale n.31/2014	64.285,10 €	
INTERVENTO	PREVENTIVO	INCIDENZA
Realizzazione di telaio interno	43.305,40 €	84%
Consolidamento muratura	1.180,14 €	
Sicurezza Cantiere	1.916,91 €	
Ponteggio	5.025,52 €	
TOTALE	51.427,97 €	80%
IVA (10%)	5.142,80 €	
SPESE TECNICHE (IVA 22%)	7.714,21 €	
TOTALE OPERE DA APPALTARE	64.284,98 €	

Intervento definitivo

Non è stato reperito materiale relativo all'intervento di consolidamento finale sul campanile.

F9. CHIESA DI SANT'EGIDIO ABATE CAVEZZO (MO)

Le lesioni principali sono concentrate tra la parte superiore del basamento e la parte inferiore del fusto, in corrispondenza del punto di contatto con il cornicione in c.a. dell'edificio adiacente. Il danneggiamento del campanile è dunque dovuto al fenomeno di martellamento tra le due strutture. Altre fratture sono comparse alla base e in sommità dei quattro pilastri della cella campanaria a causa delle oscillazioni "a telaio", per sollecitazioni a pressoflessione e taglio. Il sistema di tiranti presenti alle imposte degli archi ha efficacemente assorbito la loro spinta, come dimostrano le deformazioni subite dai capochiave (e le conseguenti fratture del paramento murario esterno). Infine, la parte sommitale della guglia è caduta, danneggiando la canonica. Lo stato di danneggiamento del campanile ha comportato la delimitazione di un'area rossa attorno al campanile.

INAGIBILE	ID 0,58
MECCANISMI DI COLLASSO NEL CAMPANILE	
M27 - Torre campanaria	4
M28 - Cella campanaria	4

Provvedimenti di pronto intervento suggeriti

Opere di ripristino: cerchiatura, consolidamento e risarcitura delle lesioni del campanile con rifacimento della guglia

Opere di miglioramento sismico: cerchiatura interna del campanile

Opere di pronto intervento: priorità della messa in sicurezza del campanile

Opere già eseguite: /

Messa in sicurezza

L'intervento proposto dalla commissione tecnica prevede due fasi operative, una successiva all'altra. La prima è volta a fornire una maggiore sicurezza agli operatori rispetto alla situazione attuale, attraverso la rimozione degli elementi pericolanti presenti sulla guglia e nella cella campanaria, operando da piattaforma appesa ad una gru, e l'applicazione di quattro fasciature in poliestere²⁹⁹ per eliminare il rischio immediato dovuto alla presenza delle lesioni nel fusto, operando da cestello.

La seconda fase è finalizzata al miglioramento delle condizioni statiche della torre, con parziale ripristino della continuità verticale, mediante sigillatura delle principali lesioni, tramite iniezioni di malta di calce premiscelata a rapida presa e a

²⁹⁹ Tra le fasce e la muratura andranno poste delle tavole di legno per non premere direttamente sugli spigoli e rischiare fratture. Le tavole di legno, ancorate con tasselli, potranno essere provviste di "occhielli" per sostenere le fasce.

ritiro compensato, e posa in opera di cerchiate in acciaio (operando da cestelli).³⁰⁰ La base del campanile viene confinata da angolari in acciaio e calastrelli, controventati con tiranti a Croce di Sant'Andrea: si realizza così un traliccio di discreta rigidità flessionale. Si consiglia anche la demolizione parziale del cornicione in cemento della copertura dell'edificio adiacente, lasciando un giunto di almeno 10 cm.

Tuttavia questa soluzione non è in grado di fronteggiare un possibile scorrimento e/o ribaltamento della parte superiore: l'agibilità degli edifici adiacenti non potrà dunque essere ripristinata fino a un intervento definitivo che migliori la resistenza alle azioni orizzontali.

Anche i piedritti della cella campanaria sono stati confinati con angolari e calastrelli in acciaio³⁰¹. Sulla guglia, per mantenere in loco la muratura sbriciolata, si è intervenuto con spritz di malte non cementizie, rivestite da una guaina impermeabilizzante.

Costi: L'ordinanza commissariale n.27 del 23/08/2012 ha autorizzato i lavori di messa in sicurezza del campanile, finalizzati alla riduzione dell'area nella zona rossa, per una spesa di € 156.799,60.

VALUTAZIONE ECONOMICA A22.3	400.000,00 €
Ordinanza Commissariale n.27/2012 (chiesa)	199.821,68 €
Ordinanza Commissariale n.27/2012 (campanile)	156.799,60 €
TOTALE	356.621,28 €

Intervento definitivo

Ad aprile 2014 viene consegnato il progetto preliminare che proponeva la realizzazione di un idoneo giunto sismico tra il campanile e l'edificio adiacente (modificandone il cornicione), il consolidamento del fusto mediante cerchiatura, incatenamento e rinforzo con fibre di carbonio (di tipo unidirezionale a doppio strato, poste nelle angolature interne per l'intera altezza, previo ripristino della continuità muraria) e la realizzazione di un telaio interno alla cella campanaria per diminuirne la deformabilità. Non è stato reperito ulteriore materiale di dettaglio relativo all'intervento di consolidamento finale sul campanile.

Costi: Il progetto preliminare prevedeva una spesa di € 10.000 per la rimozione dei presidi provvisori di messa in sicurezza e di € 205.184,94 per il consolidamento del campanile.

Valutazione economica A22.1	2.000.000,00 €
Valutazione economica A22.2	2.200.000,00 €
TOTALE	4.200.000,00 €

³⁰⁰ Le operazioni dovranno essere eseguite dall'alto verso il basso

³⁰¹ Vista l'impossibilità di tornare in quota per un'eventuale successiva ritesatura, si è preferito utilizzare l'acciaio e non le fasce in poliestere.

ALLEGATI

IMPORTO LAVORI (escluso iva 10%)	2.057.275,38 €	
ONERI SICUREZZA (escluso iva 10%)	441.198,48 €	
SPESE TECNICHE	891.526,14 €	
IMPORTO RICHIESTO	3.390.000,00 €	
IMPORTO GENERALE	3.312.352,23 €	
INTERVENTO	PREVENTIVO	INCIDENZA
Pulitura superfici	115.752,75 €	56%
Rinforzo strutturale con fibre di carbonio	43.389,34 €	21%
Posa in opera di catene	22.121,27 €	11%
Consolidamento muratura	7.039,14 €	3%
Solai e copertura	5.382,44 €	3%
Scale, finestre e portone d'ingresso	11.500,00 €	6%
TOTALE	205.184,94 €	10%

Note

Il campanile di Cavezzo, manufatto robusto e ben realizzato, diventa un esempio particolarmente significativo per evidenziare gli effetti del fenomeno di martellamento e per dimostrare come una piccola attenzione costruttiva, basata sulla semplice regola empirica di lasciare un giunto tra due edifici con diverso comportamento dinamico, avrebbe evitato il danno subito e gli onerosi interventi successivi (Blasi, 2014).

Dalla relazione del progetto di messa in sicurezza si legge che, *“si è previsto un intervento semi-definitivo [in quanto] tale rinforzo, dello spessore di pochi millimetri, non altera l'architettura del manufatto, potrà in futuro essere nascosto sotto un intonachino”*. In fase di consolidamento finale, sarà sufficiente prolungare l'armatura degli angolari nel corpo della muratura del sottostante per un garantire un vincolo più efficace. Tuttavia, in fase di consolidamento finale, è stato poi rimosso e sostituito con un telaio interno. Gli interventi di messa in sicurezza hanno avuto carattere del tutto provvisorio e saranno rimossi al momento del restauro definitivo, nonostante i costi elevati.

Ad ogni modo, in considerazione del fatto che i lavori di restauro definitivo possano essere realizzati in tempi non brevi, le opere provvisorie sono state progettate per rimanere in opera per un periodo medio-lungo, senza interferire con l'accessibilità dei luoghi circostanti e senza richiedere particolari oneri di manutenzione.

F10. CHIESA DELLA BEATA VERGINE DEL ROSARIO

FINALE EMILIA (MO)

Le principali lesioni sono localizzate alla base dello spiccatto del campanile e presentano andamento orizzontale e inclinato. Il meccanismo di danno si è attivato in seguito all'interazione con i fabbricati adiacenti.

INAGIBILE	ID 0,54
MECCANISMI DI COLLASSO NEL CAMPANILE	
M27 - Torre campanaria	4
M28 - Cella campanaria	2

Provvedimenti di pronto intervento suggeriti

Opere di ripristino: incatenamento e ripristino piombo della torre campanaria

Opere di miglioramento sismico: sistema di catene torre campanaria

Opere di pronto intervento: messa in sicurezza torre campanaria

Opere già eseguite: /

Messa in sicurezza

Al fine di garantire adeguate condizioni di sicurezza per lo svolgimento delle successive lavorazioni, la parte sommitale del fusto del campanile è stata preliminarmente cerchiata con fasce regolabili a cricchetto, interponendo elementi lignei verticali di collegamento.

Successivamente, il progetto ha previsto la realizzazione di una torre metallica di sostegno al campanile. Il presidio si compone di quattro tralicciature metalliche opportunamente collegate tra loro e ancorate ad un basamento in c.a. in testa a 16 micropali di fondazione, armati con tubi in acciaio. Alla quota di 4,5 metri, il collegamento tra le tralicciature funge da piano protettivo per permettere il passaggio in sicurezza di veicoli e pedoni. Alle quote superiori, i collegamenti metallici della tralicciatura si estendono a cerchiare il campanile e la cella: opportunamente ancorati alla massa muraria, consentono di trasmettere carichi e spinte alle tralicciature stesse.

Inoltre, in corrispondenza della quota di stacco del campanile, sono state realizzate delle cuciture armate con barre *Dywidag* Ø26, inclinate a 45° e incrociate a croce di S. Andrea.

Costi: Per la messa in sicurezza del campanile e della facciata della Chiesa del Rosario, la Regione Emilia Romagna ha disposto un finanziamento di € 196.968,46 (ordinanza commissariale n.27 del 23.08.2012) di cui € 72.675,30 per gli interventi provvisori sul campanile. La perizia di variante, del 10.01.13 ha calcolato una spesa effettiva di € 87.554,38. Successivamente, l'ordinanza 52/2016 "Interventi di mantenimento ed integrazione dei dispositivi provvisori propedeutici alla realizzazione degli interventi di ripristino dei danni già inseriti nel Programma delle Opere Pubbliche e dei Beni Culturali", ha assegnato al Comune di Finale Emilia un finanziamento di € 100.722,70 (IVA inclusa) per nolo di ponteggio e delle strutture metalliche e acquisto di parte delle strutture provvisori rimaste in loco.

VALUTAZIONE ECONOMICA A22.3	108.000,00 €	
Ordinanza Commissariale n.27/2012	196.968,46 €	
Ordinanza Commissariale n.16/2013	308.000,00 €	
Ordinanza Commissariale n.52/2016	100.722,70 €	
TOTALE	605.691,16 €	
INTERVENTO	PREVENTIVO	INCIDENZA
fasciature e sbadacchiature	3.536,48 €	3%
realizzazione fondazioni	10.607,52 €	9%
realizzazione di struttura metallica	47.021,40 €	38%
cuciture armate	5.535,69 €	4%
manodopera e nolo mezzi	5.974,20 €	5%
Manutenzione ponteggi (2016)	50.361,35 €	41%
TOTALE	123.036,64 €	20%

Intervento definitivo

Il progetto prevede due fasi di intervento: la prima è finalizzata al ripristino della continuità muraria, attraverso scuci e cucì della muratura e ristilatura dei giunti su tutto il campanile, mentre la seconda riguarda la realizzazione di un telaio metallico interno³⁰², costituito da graticci verticali Vierendeel, solidarizzati alle murature del fusto mediante cuciture armate Ø10/80" lungo tutto lo sviluppo dei montanti. Inoltre è previsto il rifacimento dei cinque impalcati con struttura lignea e doppio tavolato, irrigiditi da piatti metallici diagonali e cordoli metallici perimetrali, anch'essi solidarizzati alla muratura con barre filettate.

Anche nella cella campanaria è prevista l'installazione di un'intelaiatura metallica interna composta da cerchiature orizzontali, con riscontri esterni "a vista", e da montanti verticali, ancorati alla muratura sottostante con tirafondi in acciaio inox. Un'ulteriore cerchiatura metallica è posta alla base della lanterna, opportunamente collegata al telaio metallico sottostante, mentre per cuspide è prevista la revisione della struttura lignea con miglioramento delle connessioni tra gli elementi mediante viti e piastre in acciaio. Per garantire l'efficienza del telaio è necessario creare una superficie di contatto continua e omogenea tra i profili metallici e la muratura: considerate le irregolarità della superficie muraria, sarà necessario procedere con intasamento dei vuoti utilizzando idonee malte antiritiro a base di calce.

Costi: L'importo a piano stanziato per il recupero, restauro e risanamento conservativo con miglioramento sismico della Chiesa del Rosario ammonta a € 2.100.00,00; a programma è invece previsto un finanziamento di € 2.712.500,00. Di questa somma, € 81.071,28 sono destinati alle opere strutturali sul campanile.

³⁰² L'intervento definitivo si discosta da quanto previsto dalla scheda di rilievo del danno che suggeriva, come intervento di miglioramento sismico e ripristino strutturale della torre campanaria, l'installazione di catene.

Valutazione economica A22.1	947.000,00 €	
Valutazione economica A22.2	1.088.000,00 €	
TOTALE	2.035.000,00 €	
IMPORTO GENERALE	1.929.078,18 €	
INTERVENTO	PREVENTIVO	INCIDENZA
Rimozione fondazioni	2.512,09 €	3%
Rimozione struttura metallica	17.377,56 €	21%
Ripristino continuità muraria	19.818,02 €	24%
Telaio metallico interno	41.363,61 €	51%
TOTALE	81.071,28 €	4%

Note

La struttura metallica realizzata in fase emergenziale ha permesso di consolidare il campanile della Chiesa del Rosario nonostante la sua conformazione architettonica (inglobato all'interno di altri fabbricati) lo rendesse difficilmente raggiungibile. La modularità della struttura ha inoltre permesso anche di mettere in sicurezza non solo la torre campanaria ma anche il passaggio ad essa adiacente. La scelta di realizzare il puntellamento in acciaio – e non in legno – ha permesso di ridurre l'ingombro, seppur considerevole, e di mantenerne l'efficacia più a lungo nel tempo, seppur l'uso di questo materiale abbia innalzato notevolmente i costi.

Tuttavia, l'estrema urgenza con cui è stata gestita questa messa in sicurezza, prima realizzata e poi progettata, non ha permesso di ottimizzare l'intervento che è risultato alquanto impattanti: si pensi all'invasività e irreversibilità delle cuciture armate piuttosto che alla pesantezza e all'ingombro della struttura metallica di sostegno.

A ciò si aggiunge il fatto che quest'ultima non può essere riutilizzata nella fase di consolidamento finale: infatti, sebbene la relazione dei lavori conclude affermando che *“tali strutture consentiranno l'utilizzo anche per la realizzazione degli interventi in fase definitiva, limitando pertanto anche la realizzazione di nuove impalcature”*³⁰³, il progetto esecutivo ha previsto lo smontaggio di tutti i presidi di sicurezza e la completa sostituzione con nuove impalcature.

Da un punto di vista dei costi, la rimozione delle opere fondali e della struttura metallica ha richiesto 1/4 dell'importo destinato al consolidamento definitivo del campanile (€ 19.889,65).

A questo si aggiunge il costo iniziale di realizzazione, circa il 40% del finanziamento messo inizialmente a disposizione dalla Regione per la messa in sicurezza dell'intero complesso.

Si noti inoltre che le operazioni di realizzazione e successiva rimozione della struttura provvisoria hanno avuto un costo di € 107.444,03 a fronte di € 61.181,63 dell'intervento finale sul campanile: nello specifico, il telaio provvisorio esterno è costato il 70% in più del telaio interno.

303 2012_messa in sicurezza chiesa e campanile | doc120712

F11. CHIESA DI SAN BARTOLOMEO

FINALE EMILIA (MO)

Il campanile ha riportato danni lievi.

INAGIBILE	ID 0,44
MECCANISMI DI COLLASSO NEL CAMPANILE	
M27 - Torre campanaria	1
M28 - Cella campanaria	1

Provvedimenti di pronto intervento suggeriti

Opere di ripristino: /

Opere di miglioramento sismico: /

Opere di pronto intervento: /

Opere già eseguite: /

Messa in sicurezza

Non sono stati eseguiti interventi di messa in sicurezza sul campanile.

Intervento definitivo

Non è stato reperito materiale relativo all'intervento di consolidamento finale sul campanile.

Note

F12. CHIESA DI SAN LUCA EVANGELISTA

MEDOLLA (MO)

Il campanile ha subito il crollo completo della parte sovrastante la volta che costituiva il piano di calpestio della cella campanaria. Alcune parti della cella e della guglia sono state catalogate e messe al riparo nell'area di cantiere mentre altre sono ancora disperse nell'area circostante, ormai ricoperte da vegetazione. Le murature non crollate presentano gravi lesioni da taglio. La struttura è stata completamente puntellata.

INAGIBILE	ID 0,70
MECCANISMI DI COLLASSO NEL CAMPANILE	
M27 - Torre campanaria	4
M28 - Cella campanaria	5

Provvedimenti di pronto intervento suggeriti

Opere di ripristino: ricostruzione della cella campanaria ed eventuale smontaggio e ricostruzione di parte della torre

Opere di miglioramento sismico: /

Opere di pronto intervento: puntellamento campanile

Opere già eseguite: /

Messa in sicurezza

L'intervento provvisorio, realizzato dai VVF nel 2014, ha messo in sicurezza il campanile attraverso la realizzazione di cerchiature in cavi metallici.

Intervento definitivo

La soluzione inizialmente proposta per il consolidamento del campanile, ancorché parzialmente crollato, prevedeva l'inserimento di una invasiva struttura in profilati in acciaio composta da undici montanti in profili metallici. La Commissione ha valutato negativamente la proposta in quanto avrebbe provocato un'alterazione eccessiva dell'organismo costruttivo tradizionale, riducendo la muratura perimetrale a mero rivestimento. La nuova soluzione, in attesa di approvazione, prevede la ricostruzione delle strutture murarie crollate, riutilizzando il più possibile materiali recuperati dalle macerie, e l'inserimento di una struttura metallica interna collegata a tutte le murature della torre. Il telaio in acciaio si arresta al di sotto della volta, attraversata solo da due elementi metallici, per non interferire col funzionamento delle campane, e da appositi cavi per stabilizzare la guglia. Al di sopra della cella campanaria viene realizzato un impalcato in grigliato metallico. L'intervento si conclude con l'applicazione di due cerchiature esterne.

Note

F13. CHIESA DEI SS SENESIO E TEOPOMPO MARTIRI MEDOLLA (MO)

Il fusto del campanile presenta ampie fessure inclinate a X nella zona di stacco dalla chiesa: è evidente l'effetto negativo che la variazione di rigidità tra basamento e parte superiore ha avuto sul comportamento sismico della torre campanaria e sulle murature della chiesa, anch'esse lesionate a taglio. Scorrimenti altrettanto ampi sono visibili sugli spigoli, con conseguente dislocazione della parte alta della torre. La cella campanaria, caratterizzata da massa elevata, risultava particolarmente instabile. I dissesti presenti (lesioni e spostamenti) conferiscono notevole instabilità al campanile, che sotto l'effetto di nuove azioni sismiche potrebbe crollare: per questo, l'area è stata evacuata e chiusa al traffico nonostante gli edifici adiacenti siano risultati agibili.

INAGIBILE	ID 0,46
MECCANISMI DI COLLASSO NEL CAMPANILE	
M27 - Torre campanaria	3
M28 - Cella campanaria	4

Provvedimenti di pronto intervento suggeriti

Opere di ripristino: risarcitura lesioni nella torre campanaria e ricollocazione della cella e della guglia

Opere di miglioramento sismico: /

Opere di pronto intervento: /

Opere già eseguite: smontaggio parti pericolanti già eseguite da VVF

Messa in sicurezza

La commissione tecnica ha reputato indispensabile procedere con lo smontaggio parziale e controllato della cella campanaria, prevedendone la successiva ricostruzione. Prima di procedere con lo smontaggio sono state eseguite alcune operazioni preliminari per permettere l'avvicinamento degli operatori in sicurezza e per limitare il rischio di crolli durante la fase successiva. La parte del fusto maggiormente lesionata è stata consolidata con uno strato di betoncino proiettato³⁰⁴ applicato grazie all'uso di una autopompa con braccio meccanico alla cui estremità un macchinario idraulico permette di spruzzare a distanza di sicurezza l'impasto nella direzione desiderata e a velocità controllata. Successivamente, sono

³⁰⁴ La miscela, spruzzata sulle facce laterali del campanile fino a penetrare le ampie fessure, è dotata di fibre polimeriche e possiede basso ritiro ed elevata energia di frattura oltre elevate resistenze a compressione e trazione. Il guscio così costituito intorno alla muratura fessurata consente di valutare una completa riparazione, riportandosi ad uno stato simile a quello antecedente il sisma.

state messe in sicurezza le strutture ad esso adiacenti con puntelli in legno e tubo giunto³⁰⁵ realizzati dai Vigili del Fuoco di Modena. Dopodiché è stato possibile procedere con lo smontaggio parziale controllato della porzione di campanile libera dalle murature della chiesa: per garantirne il ricollocamento in fase di ricostruzione, la guglia è stata imbragata e smontata integra dal gruppo SAF di Modena³⁰⁶ mentre gli altri elementi sono stati smontati a mano da operai operanti in quota da un cestello³⁰⁷. Ogni elemento è stato numerato, stoccato e custodito in appositi pallet, fino al momento della ricostruzione. Per evitare l'infiltrazione delle acque meteoriche all'interno della chiesa, l'apertura lasciata dallo smontaggio del campanile è stata protetta con una copertura provvisoria realizzata con un telaio in legno e coperta con lamiere grecate. Lo spiccato del campanile rimasto in loco è stato messo in sicurezza mediante cerchiatura con cavi in acciaio e l'installazione di un ponteggio strutturale di puntellamento.

Costi: L'ordinanza commissariale n.37 del 10/09/2012 ha autorizzato l'intervento provvisorio urgente sulla torre campanaria per una spesa di € 249.083,40. Successivamente, l'ordinanza commissariale n.115 del 03/10/2013 ha autorizzato l'intervento provvisorio sulla chiesa e sulla canonica adiacente mediante puntellamento e tirantatura dei fronti esterni, finalizzato alla rimozione del pericolo di crollo sulla viabilità limitrofa per una spesa di € 232.050,34. Infine, l'ordinanza commissariale n.34 del 21/07/2015 ha autorizzato l'integrazione dell'intervento provvisorio sulla chiesa, per acquisto del ponteggio già in opera per una spesa di € 19.671,68.

VALUTAZIONE ECONOMICA A22.3		NP	
Ordinanza Commissariale n.37/2012		249.083,40 €	
Ordinanza Commissariale n.115/2013		232.050,34 €	
Ordinanza Commissariale n.53/2015		19.671,68 €	
TOTALE		500.805,42 €	
INTERVENTO	PREVENTIVO	INCIDENZA	
Intervento provvisorio su campanile	249.083,40 €	93%	
Acquisto ponteggio	19.671,68 €	7%	
TOTALE	268.755,08 €	54%	

Intervento definitivo

La scomposizione parziale e controllata dell'opera muraria del fusto e la successiva ricomposizione con i medesimi laterizi, opportunamente catalogati, è sembrata la soluzione che meglio potesse assicurare la fattibilità esecutiva (anche

305 Si noti che i puntelli, posizionati in corrispondenza dello spigolo libero della sagrestia e dell'estremità est della parete delle cappelle laterali, non creano intralcio in quanto insistono su un'area verde di pertinenza della chiesa stessa.

306 <http://www.vigilfuoco.it/sitiVVF/modena/notizia.aspx?codnews=15979&s=408>

307 partendo dall'alto, pezzo per pezzo, si arriverà fino al livello della copertura della navata della chiesa

ALLEGATI

in termini di sicurezza) e il maggior controllo degli esiti finali di comportamento strutturale.³⁰⁸ Si prevede dunque lo smontaggio del fusto del campanile e la sua ricostruzione mediante nuovo apparecchio murario sino alla quota di primo impalcato. Contestualmente alla ricostruzione della muratura andrà eseguito un telaio interno composto controventi con tiranti in acciaio e da profili angolari verticali collegati alle murature³⁰⁹ e ai nuovi impalcati lignei con profili perimetrali a C di irrigidimenti. Successivamente si procede al riposizionamento della cella campanaria, sollevata per mezzo di autogrù e ricollocata in sede, con eventuale movimentazione micrometrica mediante appositi martinetti idraulici³¹⁰. La connessione al fusto sottostante avverrà anche tramite la disposizione di un telaio metallico interno composto da cerchiature alla base e in sommità connesse ai montanti angolari³¹¹. Le strutture ad arco verranno consolidate con l'inserimento di catene con capochiave a paletto semplice di contrasto. Alla sommità del campanile è proposta una nuova copertura a cuspidi, in quanto si ritiene sconsigliabile ricollocare in sommità della torre le masse concentrate delle pesanti cornici in calcestruzzo armato. La nuova copertura, finalizzata alla riduzione delle masse, sarà realizzata con struttura metallica, zincata a caldo, falde a doppio tavolato in legno e copertura in lamiera analoga a quella esistente.³¹² L'intervento si concluderà con la realizzazione di una nuova scala metallica in appoggio dal primo impalcato esistente.

Costi: L'importo a piano (2013-2014) stanziato per la riparazione con miglioramento sismico della Chiesa parrocchiale dei Santi Senesio e Teopompo ammonta a € 1.737.5000,00. Il progetto preliminare ha richiesto € 2.237.500,00.

Valutazione economica A22.1	630.000,00 €
Valutazione economica A22.2	760.000,00 €
TOTALE	1.390.000,00 €

³⁰⁸ Nonostante la messa in sicurezza, non è stato possibile ispezionare l'interno del campanile per la gravità dei fenomeni riscontrati. La difficoltà di compiere rilievi di dettaglio con adeguate condizioni di sicurezza ha reso non immediata l'indicazione delle operazioni progettuali necessarie per la riparazione. Un intervento conservativo con tecniche di sostruzione muraria non è sembrato sufficiente per porre rimedio alle severe dislocazioni mentre la rototraslazione del fusto del campanile è apparsa un'operazione di non facile esecuzione. Per questi motivi, le due possibili soluzioni sono state escluse.

³⁰⁹ Nella relazione descrittiva si parla di zanche metalliche all'interno della muratura "aventi fattezze tali da indurre il minor impatto visibile possibile". Inoltre, la presenza di elementi a sviluppo orizzontale nella attuale configurazione, date dalla cornice basamentale, dalla balaustra e dalla cornice sommitale, rende agevole la possibilità di disporre profili metallici continui (piatti metallici) per la connessione tra telaio interno e la muratura, con ridotta interferenza visiva rispetto alla condizione attuale.

³¹⁰ I martinetti idraulici saranno opportunamente posizionati all'interno delle finestre di cella, prevedendo specifica preparazione delle zone di contrasto sia inferiore che superiore, nonché completo controventamento di tutto l'involucro murario, effettuato mediante carpenterie metalliche realizzare ad hoc che saranno poi completamente rimosse.

³¹¹ riscontri esterni della suddetta carpenteria con piastre a vista "realizzate a misura in maniera tale da indurre il minor impatto visivo possibile"

³¹² La nuova copertura è stata disegnata sulla base di una reinterpretazione critica di quanto documentato dalle foto che testimoniano lo stato precedente all'esecuzione della copertura del 1938.

IMPORTO LAVORI (escluso iva 10%)	1.412.000,00 €	
ONERI SICUREZZA (escluso iva 10%)	259.000,00 €	
SPESE TECNICHE E VARIE	566.500,00 €	
IMPORTO GENERALE	2.237.500,00 €	
INTERVENTO	PREVENTIVO	INCIDENZA
Operazioni preliminari	10.000,00 €	3%
Rimozione opere provvisoriale	8.000,00 €	2%
Noleggio ponteggi (chiesa & campanile)	75.000,00 €	23%
Smontaggio e ricostruzione fusto	120.000,00 €	37%
Telaio metallico interno fusto	64.000,00 €	20%
Riposizionamento cella + telaio	10.000,00 €	3%
Nuova copertura cuspidata	26.000,00 €	8%
Nuova scala metallica	10.000,00 €	3%
TOTALE	323.000,00 €	23%

Note

I provvedimenti suggeriti dalla scheda di rilievo del danno sono stati realizzati negli interventi di messa in sicurezza e di consolidamento finale. Tuttavia, i presidi di sicurezza realizzati in fase emergenziale sono stati completamente rimossi con l'intervento definitivo e non hanno contribuito alla sua realizzazione. Inoltre, il fatto che la base del campanile sia completamente circondata da altre strutture, rende impossibile intervenire sulla parte bassa, impedendo di intervenire mediante posa in opera di cerchiature continue in tutta la zona maggiormente fessurata.



F14. CHIESA DELLA BEATA VERGINE DELLA PORTA MIRANDOLA (MO)

Sul fronte posteriore è collocato un piccolo campanile che ha riportato danni gravi in seguito al sisma.

INAGIBILE	ID 0,53
MECCANISMI DI COLLASSO NEL CAMPANILE	
M27 - Torre campanaria	3
M28 - Cella campanaria	4

Provvedimenti di pronto intervento suggeriti

Opere di ripristino: /

Opere di miglioramento sismico: /

Opere di pronto intervento: /

Opere già eseguite: centinatura delle quattro monofore della cella campanaria, contenimento degli spigoli con elementi metallici ad L e cerchiatura con tiranti metallici

Messa in sicurezza

L'intervento di messa in sicurezza è consistito nel consolidamento delle murature del campanile. Non è stato reperito materiale di dettaglio.

Intervento definitivo

Non è stato reperito materiale relativo all'intervento di consolidamento finale sul campanile.

Note

F15. CHIESA DEL GESÙ MIRANDOLA (MO)

La scheda di rilievo del danno segnala il campanile come non presente. In realtà la struttura, inglobata nella chiesa, ha subito il crollo totale della cella campanaria che si trovava sul lato sud della chiesa, originariamente composta da una copertura lignea ad una falda, supportata da 3 pilastri in muratura. Il collasso è stato favorito dal fatto che questa struttura fosse completamente svincolata dalla chiesa e dall'assenza di un sistema di controventamento tale da assorbire la forza sismica indotta dalla campana, l'interazione con l'adiacente edificio comunale che ha innescato il fenomeno di martellamento sismico.

INAGIBILE	ID 0,50
MECCANISMI DI COLLASSO NEL CAMPANILE	
M27 - Torre campanaria	NP
M28 - Cella campanaria	NP

Provvedimenti di pronto intervento suggeriti

Opere di ripristino: /

Opere di miglioramento sismico: /

Opere di pronto intervento: /

Opere già eseguite: /

Messa in sicurezza

Non sono stati eseguiti interventi di messa in sicurezza sul campanile.

Intervento definitivo

Il progetto preliminare presentato nel 2015 propone la ricostruzione del campanile con la stessa configurazione originaria. Inoltre, viene proposto il controventamento con elementi metallici e la cerchiatura del campanile. Dei profili vengono ancorati sul fianco dei pilastri in muratura per irrobustire la parte verticale. Alla base dei profili vengono saldate delle piastre metalliche, collegate alla muratura sottostante con perni filettati e resina epossidica. Orizzontalmente vengono montate tre travi HEA a collegamento degli elementi verticali e un profilo trasversale che funge da supporto alle campane. Tutti i profili rimarranno nascosti dai pilastri in muratura, opportunamente sagomanti.

Note

F16. CHIESA DI SAN MICHELE ARCANGELO NOVI DI MODENA (MO)

I prospetti sud e ovest mostrano lesioni inclinate verticali e inclinate a taglio concentrate soprattutto nella seconda e terza partizione del fusto, a partire dalle finestre, con rottura delle piattabande e caduta di materiale dalle stesse. Anche alla base sono presenti lesioni da grave schiacciamento. Si evidenzia inoltre un consistente rigonfiamento dello spigolo sud-ovest a livello della seconda cornice. I solai superiori a quelli del primo piano sono crollati rendendo inaccessibile la cella campanaria se non dall'esterno servendosi di un cestello ponteggio. La croce posta a decorazione sulla cima della guglia risulta distaccata: parte di essa, cadendo sulla chiesa, ha sfondato la copertura del transetto.

INAGIBILE	ID 0,55
MECCANISMI DI COLLASSO NEL CAMPANILE	
M27 - Torre campanaria	5
M28 - Cella campanaria	2

Provvedimenti di pronto intervento suggeriti

Opere di ripristino: cerchiatura e consolidamento torre campanaria

Opere di miglioramento sismico: /

Opere di pronto intervento: si suggerisce in particolare la messa in sicurezza del campanile secondo le linee guida

Opere già eseguite: /

Messa in sicurezza

Gli interventi di messa in sicurezza proposti dalla commissione tecnica propongono diverse fasi operative per ripristinare livelli progressivamente crescenti di sicurezza. Per prima cosa, le linee guida propongono di ripristinare le capacità strutturali del campanile "cucendo" le lesioni verticali ed inclinate che si propagano sui due fronti, particolarmente concentrate tra seconda e terza partizione.³¹³ Le iniezioni di malta fluida e premiscelata a base di calce e pozzolana a ritiro compensato saranno realizzate a distanza di sicurezza mediante l'uso di una pompa con braccio meccanico direzionabile dall'operatore. Successivamente si procede alla sbadacchiatura con elementi in legno dei vani finestra presenti sui prospetti Ovest e Sud, punti di elevata vulnerabilità durante il sisma, con una conseguente concentrazione del danno. Una volta ristabilita la coesione dei fronti attraverso le preliminari operazioni di sigillatura e tamponatura delle finestre, si potrà procedere all'incatenamento del fusto, tramite il posizionamento di almeno sei ordini di cerchiature costituite da tiranti in acciaio ad alto limite elastico – tipo Diwidag (Φ26) – ancorate ad angolari in profilato di acciaio

³¹³ Particolare attenzione andrà posta alla ricucitura della lesione presente sullo spigolo Sud Ovest a livello della prima cornice, che presenta l'ampiezza maggiore (circa 3 cm) e il distacco della lesena.

predisposte con tubi di ancoraggio e dado per la messa in tensione. Il livello inferiore deve essere localizzato alla quota più bassa possibile consentita dalla costruzione addossata sul lato Est (a circa 7 m di quota), mentre l'ultimo livello di cerchiatura abbraccerà la cella campanaria, appena sopra l'ultima cornice (a circa 22 m di quota). Ove possibile si raccomanda di utilizzare angolari continui tra almeno due ordini d'incatenamenti, al fine di garantire un migliore contenimento degli spigoli, e di interporre tavole in legno (spessore circa 2 cm) per meglio distribuire gli sforzi sulle paraste. La messa in tensione deve essere calibrata in loco con il concetto di "piccola tesatura" e le barre dovranno essere controllate e ri-tesate dopo 30 giorni dal loro primo tensionamento, per contrastare prevedibili allentamenti. Le operazioni andranno svolte da almeno due operatori in simultanea, da cestelli aerei differenti. Questi interventi permettono l'accesso in sicurezza al campanile, necessario un rilievo della reale condizione interna e per successivi consolidamenti. Le opere di messa in sicurezza sono state realizzate dai VVF, secondo un iter leggermente diverso da quello suggerito dalle linee guida. Inizialmente è stata applicata una cerchiatura lungo il fusto del campanile con brache in poliestere, caricate con cricchetti. Migliorate le condizioni di sicurezza è stato possibile realizzare una cerchiatura con barre d'acciaio tesate.³¹⁴ Solo in seguito a queste operazioni, le lesioni sono state stuccate con calce in modo da ripristinare la continuità delle murature e le porzioni di muratura disgregate sono state ricostruite, soprattutto in corrispondenza degli architravi crollati posti al di sopra delle aperture.

Intervento definitivo

Il progetto preliminare propone la realizzazione di una struttura reticolare interna in acciaio e materiali compositi, al fine di fornire resistenza alle azioni taglianti. Il sistema di rinforzo strutturale si compone di: correnti in profili UPN260, posti in opera prima della rimozione delle cerchiature esterne della messa in sicurezza; diagonali di controvento realizzati in fasce FRCCM (fiber reinforced cementitious matrix) con matrice a base di calce e un tessuto unidirezionale di microtrefoli di acciaio galvanizzato; montanti costituiti dalla stessa muratura aiutata con fasce di FRCCM. Nella cella campanaria, vista la poca praticità di realizzazione di diagonali, si è preferito un sistema di rinforzo diffuso con l'impiego di FRCCM.³¹⁵ L'intervento prevede anche il ripristino dei soli intermedi, realizzati con due orditure di travi in legno e pianelle, il tutto reso collaborante mediante gettata di calcestruzzo armato strutturale alleggerito.

Note

Nonostante la scheda di rilievo del danno indicasse di seguire le linee guida elaborate dalla commissione tecnica, l'intervento ha seguito fasi operative diverse, invertendo le fasi di cerchiatura del fusto e di ripristino della continuità muraria. La proposta della commissione aveva previsto di sostituire cerchiature metalliche esterne con cerchiature a scomparsa inserite all'interno della muratura. In generale, i presidi di sicurezza installati in fase emergenziale sono stati completamente rimossi e sostituiti dagli elementi di consolidamento definitivo.

³¹⁴ A protezione degli spigoli e per meglio ripartire i carichi, sono stati posti in opera elementi lignei.

³¹⁵ Il sistema prende spunto dal torrizzo Gonzaga e dal campanile della Cattedrale di Noto.

F17. CHIESA DI SANTA CATERINA D'ALESSANDRIA NOVI DI MODENA (MO)

Gli eventi sismici del 20 e 29 maggio hanno gravemente lesionato il fusto del campanile, causando anche la caduta della parte terminale del cono in mattoni e di tre pinnacoli (su quattro) presenti alla sua base, al di sopra della cella campanaria. Le lesioni nel fusto si concentrano principalmente sul lato est, in quanto è quello che presenta le maggiori aperture a partire dal livello della copertura delle adiacenti cappelle laterali (punto di variazione della rigidità dei vincoli al movimento oscillatorio della torre). Gli altri lati sembrano aver subito danni minori. La lesione principale sul lato est, ampia alcuni centimetri, collega le tre aperture presenti sul fronte, con disgregazione di piattebande e davanzali, andando sostanzialmente a separare la torre in due macroelementi. Inoltre, a livello della cella campanaria, i quattro pilastri angolari sono interessati da espulsioni di materiale, per lo più in corrispondenza dei bolzoni delle cerchiature metalliche che hanno positivamente esercitato la loro funzione di contenimento, salvando, probabilmente il campanile. I tiranti sembrano ancora efficaci. Sono presenti elementi di finitura e porzioni di muratura pericolanti.

INAGIBILE	ID 0,62
MECCANISMI DI COLLASSO NEL CAMPANILE	
M27 - Torre campanaria	4
M28 - Cella campanaria	4

Provvedimenti di pronto intervento suggeriti

Opere di ripristino: consolidamento e cerchiatura della torre campanaria

Opere di miglioramento sismico: ripristino delle finiture interne ed esterne, compresi nuovi impianti

Opere di pronto intervento: messa in sicurezza urgente del campanile

Opere già eseguite: /

Messa in sicurezza

La situazione critica globale, insieme alla presenza di diversi detriti che rischiano di cadere dall'alto, rendono l'edificio un rischio per le costruzioni adiacenti e al tempo stesso impediscono l'accessibilità in sicurezza di tecnici e operatori. Pertanto, la prima parte di opere è mirata innanzitutto alla messa in sicurezza dell'ambiente di lavoro: gli interventi sono stati eseguiti da piattaforma sostenuta da gru posta ad adeguata distanza o mediante cestello con adeguato sbraccio, procedendo dall'alto verso il basso. Le murature pericolanti sono state rimosse mentre alcune porzioni staccate a livello dei pilastri della cella campanaria vengono incollate (con malte di calce a rapida presa o mediante iniezioni di resina) per evitare il rischio di caduta di materiale. Dopodiché viene realizzata una prima rapida cerchiatura del tronco del campanile e della guglia con fasce di poliestere, posizionate e tirate rapidamente mediante cricchetto. Segue l'esecuzione di iniezioni teleguidate di malta di calce a rapida presa nelle lesioni del fusto finalizzate ad un primo ripristino della continuità del materiale. Ripristinate così adeguate condizioni di sicurezza, e realizzata la sbadacchiatura lignea delle aperture del fusto e delle bifore della cella campanaria, si procede con l'intervento di cerchiatura metallica (con barre o cavi d'acciaio) in quanto induce una maggiore resistenza a compressione nella muratura e una maggiore resistenza della

struttura a taglio.³¹⁶ Le cerchiature metalliche possono rimanere in opera per tempi medio-lunghi, consentendo la rimozione delle fasce di poliestere, poco efficaci sul lungo periodo. Questo intervento non è applicabile nella parte inferiore del fusto, adiacente alla chiesa, non essendo possibile in questa fase entrare all'interno del campanile o della chiesa.

Costi: L'Ordinanza Commissariale n.18/2012 ha autorizzato la messa in sicurezza della Chiesa di Santa Caterina di Alessandria di Rovereto sulla Secchia (cerchiatura del campanile e cucitura armata delle lesioni sui muri del campanile) per una spesa di € 101.794,32.

VALUTAZIONE ECONOMICA A22.3		250.000,00 €
Ordinanza Commissariale n.18/2012 (campanile)		101.794,32 €
Ordinanza Commissariale n.9/2013 (chiesa)		385.920,68 €
Ordinanza Commissariale n.21/2016 (manutenzione)		32.256,71 €
TOTALE		519.971,71 €
INTERVENTO	CONSULTIVO	INCIDENZA
Cerchiatura campanile	101.794,32 €	100%
TOTALE	101.794,32 €	20%

Intervento definitivo

Il progetto preliminare prevede, previo consolidamento delle murature con scuci e cucii diffusi e risarcitura delle lesioni con ristilatura armata e stuccatura diffusa dei giunti, la realizzazione di un telaio interno in acciaio costituito da:

- Struttura di fondazione in c.a. composta da un cordolo in all'esterno del muro esistente e di una platea interna, collegati tra loro e alla muratura esistente mediante collegamenti passanti.
- Profilati metallici angolari per migliorare l'ammorsamento tra le pareti. I quattro profili ad L corrono lungo tutta l'altezza della torre, interrompendosi solo in corrispondenza del cordolo metallico di piano cui vengono saldati. Inoltre, sono collegati alla muratura mediante barre filettate ed imbullonate mentre non vengono ancorate alla fondazione in modo da creare una struttura staticamente e sismicamente indipendente rispetto alla muratura circostante, evitando l'insorgere di fenomeni di martellamento tra la struttura metallica e quella in muratura.
- Cordoli perimetrali di piano interno e risarcitura armata esterna per garantire un comportamento scatolare e limitare le deformazioni della struttura. In corrispondenza degli orizzontamenti viene predisposto un profilo ad L connesso alle pareti perimetrali mediante barre filettate. In corrispondenza degli angoli la barra filettata è passante e viene fissata all'eterno della muratura con un capochiave metallico, consentendo un adeguato contrasto all'azione del controvento che verrà solidarizzato al cordolo. Esternamente, si realizza una ristilatura armata lungo tutto il

³¹⁶ Una possibile soluzione suggerita dalla commissione tecnica, consiste nell'impiego di tiranti o cavi in acciaio, indicativamente $\Phi 26$, in acciaio ad alto limite elastico e piastre d'angolo dotate di tubi per l'ancoraggio rapido delle barre, poste in opera interponendo tra la muratura e l'angolare delle tavole di legno per meglio distribuire gli sforzi sulle paraste.

ALLEGATI

perimetro, in corrispondenza degli orizzontamenti: in questo modo si migliora il contributo del cordolo interno, a cui la risarcitura sarà collegata mediante barre filettate³¹⁷.

- Controventatura di piano per garantire una maggiore rigidità e limitare possibili sbandamenti del cordolo. Il controvento è composto da due tubolari metallici disposti a croce, connessi al cordolo mediante un piatto metallico saldato allo stesso.
- Controventatura di parete per garantire una maggiore stabilità della struttura alle azioni orizzontali. Le controventature sono realizzate su tutti i lati di ogni piano (tranne la cella campanaria) mediante una coppia di profili metallici disposti a K per limitare le interferenze con le aperture. La controventatura viene imbullonata ai cordoli di piano e ai montanti.

Per quanto riguarda la cella campanaria e la cuspide, l'intervento prevede la ricostruzione filologica di tre pilastri in sommità (ad imitazione dell'unico pilastro rimasto in loco), ancorati alla muratura sottostante con barre in acciaio, il recupero della struttura lignea di sostegno della cuspide e la ricostruzione di quest'ultima, a seguito dell'inserimento di un telaio interno di supporto, riproponendo gli elementi mancanti in analogia a quelli preesistenti³¹⁸.

Costi: Il progetto preliminare ha valutato un preventivo di spesa pari a € 381.500, esclusi gli oneri per la sicurezza.

Valutazione economica A22.1	1.400.000,00 €	
Valutazione economica A22.2	1.000.000,00 €	
TOTALE	2.400.000,00 €	
IMPORTO GENERALE	1.929.078,18 €	
INTERVENTO	PREVENTIVO	INCIDENZA
Opere provvisoriale	40.000,00 €	12%
Consolidamento delle murature	91.500,00 €	28%
Consolidamento cella campanaria	30.000,00 €	9%
Realizzazione di telaio interno	120.000,00 €	37%
Finiture	100.000,00 €	31%
TOTALE	381.500,00 €	
ONERI PER LA SICUREZZA	26.500,00 €	
TOTALE OPERE DA APPALTARE	408.000,00 €	

Note

I provvedimenti suggeriti dalla scheda di rilievo del danno sono stati realizzati negli interventi di messa in sicurezza e di consolidamento finale. I presidi di sicurezza vengono completamente rimossi durante l'intervento definitivo.

³¹⁷ Realizzando la ristilatura armate sulla faccia esterna del paramento solo in corrispondenza del cordolo metallico interno di piano si creano aree di diversa rigidità e quindi concentrazioni tensionali. Per questo motivo la *Commissione Congiunta* suggerito di diffonderle l'intervento sull'intera superficie muraria.

³¹⁸ Anche la sfera metallica sulla sommità e la croce vengono ricostruite con forme analoghe a quelle preesistenti.

F18. CHIESA DI SANTA MARIA ANNUNCIATA

REGGIOLO (RE)

La chiesa non ha riportato danni al campanile.

INAGIBILE	ID 0,36
MECCANISMI DI COLLASSO NEL CAMPANILE	
M27 - Torre campanaria	0
M28 - Cella campanaria	0

Provvedimenti di pronto intervento suggeriti

Opere di ripristino: /

Opere di miglioramento sismico: /

Opere di pronto intervento: /

Opere già eseguite: /

Messa in sicurezza

Non sono stati eseguiti interventi di messa in sicurezza sul campanile.

Intervento definitivo

Non è stato reperito materiale relativo all'intervento di consolidamento finale sul campanile.

Note

F19. CHIESA DI SANTA MARIA ASSUNTA

REGGIOLO (RE)

Il campanile evidenzia un grave danneggiamento del tamburo ottagonale soprastante la cella con formazione di altrettanti macro elementi costituiti dai semiarchi e dal piedritto compreso fra essi. Sono inoltre presenti gravi dislocazioni torsionali/flessionali dovute alla progressiva frattura dei piedritti alle base e in sommità.

INAGIBILE	ID 0,50
MECCANISMI DI COLLASSO NEL CAMPANILE	
M27 - Torre campanaria	2
M28 - Cella campanaria	4

Provvedimenti di pronto intervento suggeriti

Opere di ripristino: /

Opere di miglioramento sismico: /

Opere di pronto intervento: /

Opere già eseguite: già stato effettuato un complesso intervento di opere provvisionali

Messa in sicurezza

L'intervento somma urgenza dei VVF ha messo in sicurezza la struttura della cella campanaria attraverso l'applicazione di spritz beton corticale sul paramento esterno e l'installazione di una struttura metallica sospesa, in tubi e giunti, di sostegno al tamburo.

VALUTAZIONE ECONOMICA A22.3	Già eseguiti dai VVF	
Ordinanza Commissariale n.36/2013	411.849,87 €	
INTERVENTO	PREVENTIVO	INCIDENZA
Aquisto ponteggio	150.000,00 €	43%
Montaggio ponteggio	63.138,26 €	18%
Puntellatura in legno	137.816,17 €	39%
TOTALE LAVORI	350.954,43 €	85%
IVA (10%)	35.095,44 €	
SPESE TECNICHE	25.800,00 €	
TOTALE OPERE DA APPALTARE	411.849,87 €	

Intervento definitivo

Per pervenire al consolidamento del manufatto nel rispetto del suo intrinseco valore monumentale ed artistico, è necessario provvedere alla rimozione dello spritz beton applicato in urgenza poco dopo il sisma. È stata fatta una prova in opera che ha mostrato la tenacità del cemento applicato: è stato consigliata la sua rimozione tramite intervento manuale a martello e scalpello così da limitare al minimo le asportazioni di laterizio. Sarà necessaria la successiva integrazione del paramento murario mediante cocciopesto.

Per ripristinare la stabilità statica della cella la parte superiore, dislocata a seguito delle spinte orizzontali, viene riposizionata mediante martinetti. Nello specifico viene realizzata un sbadacchiatura delle otto finestre del tamburo (con cerchiature composte da piatti metallici). Dopodiché viene installato un sistema di cerchiatura provvisorio del tamburo con angolari verticali, posizionati sugli otto pilastri della cella, e tiranti costituiti da barre filettate (tipo diwidag M18). Si procede al posizionamento del sistema di sollevamento composta da pilastri metallici (profili in acciaio HEA 160), atti a sorreggere i martinetti idraulici, da travi metalliche (profili in acciaio HEA 160) sopra i martinetti idraulici e all'intradosso degli archi delle finestre, e da tiranti interni formati da barre circolari filettate (tipo Diwidag M18). Uno per volta, i martinetti vengono messi in pressione al fine di sollevare in modo parziale la parte superiore del tamburo e scaricare il peso portato dai pilastri. Seguono interventi di risarcitura delle lesioni, cucì-scucì e iniezioni di malta idraulica a base di calce naturale con inserimenti di cunei al fine di ricomporre l'effetto arco in pressione e l'ammorsamento delle parti disgiunte. terminate le operazioni di consolidamento le opere provvisorie vengono smontate.

Una volta ricollocata la cella in posizione, viene installato un sistema di rinforzo metallico, composto da profili metallici verticali interni e cerchiature esterne in corrispondenza delle linee di gronda, collegato alla muratura con piastre metalliche di contrasto e capochiave esterni a paletto di tipo tradizionale.³¹⁹ Limitando le cerchiature esterne, per motivi di tutela, diventa indispensabile provvedere all'installazione di catene metalliche alle reni degli archi, su entrambe i livelli delle arcate, per aumentare l'effetto scatolare e limitare quindi gli spostamenti dei pilastri in muratura in caso di evento sismico, uno dei fattori più significativi di vulnerabilità dell'oggetto architettonico.

Infine, per evitare brusche variazioni di rigidità, anche il fusto del campanile viene consolidato con un sistema di collegamento omogeneo e lineare che dalla base del fusto arriva fino alla cella campanaria, attestandosi al di sotto di essa dove le masse murarie risultano maggiormente stabili e rigide.³²⁰ A tal fine si sfrutta la ricostruzione della scala interna con struttura metallica come elemento di irrigidimento interno (per maggiori dettagli si veda il capitolo 4).

Costi: L'importo a piano e a programma stanziato per ammonta a € 381.355,73 per il II stralcio e a € 1.003.385 per il III stralcio.

³¹⁹ La progettazione di questo presidio recepisce le prescrizioni della *Commissione Congiunta* che richiede di alloggiare i piatti verticali all'interno della cella in quanto la loro collocazione esterna non risulta compatibile con le esigenze di tutela, intercettando le modanature delle sommità del campanile”

³²⁰ In ottemperanza delle indicazioni della *Commissione Congiunta*, sono stati eliminati gli andamenti irregolari dei piatti, in particolare in corrispondenza nei decori esterni e i collegamenti trasversali sono stati calibrati in modo da ridurne il numero e l'invasività.

ALLEGATI

Valutazione economica A22.1	921.000,00 €	
Valutazione economica A22.2	735.000,00 €	
TOTALE	1.656.000,00 €	
IMPORTO GENERALE (I STRALCIO)	1.873.409,01 €	
IMPORTO GENERALE (II STRALCIO)	381.355,73 €	
IMPORTO GENERALE (III STRALCIO)	1.003.385,39 €	
TOTALE LAVORI	3.258.150,13 €	
INTERVENTO	PREVENTIVO	INCIDENZA
Rimozione spritz beton	2.138,12 €	2%
Rototraslazione cella	39.010,56 €	39%
Catene	5.048,71 €	5%
Realizzazione scala di irrigidimento	44.202,29 €	44%
Consolidamento sommità campanile	2.862,85 €	3%
Opere di finitura	6.179,49 €	6%
TOTALE LAVORI	99.442,02 €	3%

Note

La scheda non dà indicazioni sugli interventi urgenti in quanto questi erano già stati realizzati al momento della compilazione della scheda. I presidi di sicurezza sono stati completamente rimossi al momento dell'intervento di consolidamento finale.



ALLEGATO G

Nel presente allegato sono presentati, per ciascuno dei 19 casi studio analizzati, gli interventi provvisionali e di consolidamento definitivo relativi ai meccanismi di collasso negli elementi non strutturali.

G1. COLLEGIATA DI SANTA MARIA MAGGIORE

PIEVE DI CENTO (BO)

La croce in cima alla guglia del campanile è stata danneggiata dall'evento sismico. Nell'immediato post-sisma i VVF hanno provveduto alla messa in sicurezza della cuspide mediante smontaggio della croce. Al momento del rilievo del danno la messa in sicurezza era già stata eseguita e pertanto è stato segnalato un danno pari a 0.

PARZIALMENTE AGIBILE/AGIBILE CON PROVVEDIMENTI	ID 0,30
MECCANISMI DI COLLASSO NEGLI ELEMENTI NON STRUTTURALI	
M26 - Aggetti (vele, guglie, pinnacoli, statue)	0

G2. CHIESA DI SAN LORENZO MARTIRE

CASUMARO DI CENTO (FE)

Nonostante venga segnalata la presenza di danni gravi negli aggetti, non viene preso alcun provvedimento di messa in sicurezza.

INAGIBILE	ID 0,35
MECCANISMI DI COLLASSO NEGLI ELEMENTI NON STRUTTURALI	
M26 - Aggetti (vele, guglie, pinnacoli, statue)	3

G3. AUDITORIUM EX-CHIESA DI SAN LORENZO

CENTO (FE)

Non vengono rilevati danni negli aggetti.

INAGIBILE	ID 0,21
MECCANISMI DI COLLASSO NEGLI ELEMENTI NON STRUTTURALI	
M26 - Aggetti (vele, guglie, pinnacoli, statue)	0

G4. CHIESA DI SAN FILIPPO NERI

CENTO (FE)

La Chiesa di San Filippo Neri ha riportato delle lesioni nelle velette dei pinnacoli in facciata e danni nella porzione sommitale della guglia del campanile. Durante la fase di messa in sicurezza, i VVF hanno provveduto allo smontaggio della parte sommitale della guglia. Al momento del rilievo del danno la messa in sicurezza era già stata eseguita e pertanto è stato segnalato un danno pari a 0. L'intervento definitivo ha poi previsto il ripristino dell'ancoraggio sia della parte terminale della guglia sia delle due decorazioni aggettanti poste sopra le due volute laterali mediante barre metalliche iniettate in prefori con malte antiritiro. Inoltre, per evitare lo sfilamento delle barre nel caso di attivazione del ribaltamento degli elementi secondati, queste ultime avranno alle estremità una rondella da stringere con relativo dado e controdado.

AGIBILE CON PROVVEDIMENTI	ID 0,34
MECCANISMI DI COLLASSO NEGLI ELEMENTI NON STRUTTURALI	
M26 - Aggetti (vele, guglie, pinnacoli, statue)	0

G5. CHIESA DI SANT'ANNA

RENO CENTESE (FE)

Non vengono rilevati danni negli aggetti.

INAGIBILE	ID 0,20
MECCANISMI DI COLLASSO NEGLI ELEMENTI NON STRUTTURALI	
M26 - Aggetti (vele, guglie, pinnacoli, statue)	0

G6. CHIESA DI SAN MICHELE ARCANGELO

BOMPORTO (MO)

Nonostante venga segnalata la presenza di danni molto gravi negli aggetti, non viene preso alcun provvedimento di messa in sicurezza.

INAGIBILE	ID 0,38
MECCANISMI DI COLLASSO NEGLI ELEMENTI NON STRUTTURALI	
M26 - Aggetti (vele, guglie, pinnacoli, statue)	4

G7. ORATORIO DI SAN ROCCO

BOMPORTO (MO)

Vengono segnalati danni moderati negli aggetti, che non richiedono provvedimenti di messa in sicurezza.

INAGIBILE	ID 0,20
MECCANISMI DI COLLASSO NEGLI ELEMENTI NON STRUTTURALI	
M26 - Aggetti (vele, guglie, pinnacoli, statue)	2

G8. CHIESA DI SAN NICOLÒ DA BARI

BOMPORTO (MO)

Non vengono rilevati danni negli aggetti.

TEMPORANEAMENTE INAGIBILE	ID 0,26
MECCANISMI DI COLLASSO NEGLI ELEMENTI NON STRUTTURALI	
M26 - Aggetti (vele, guglie, pinnacoli, statue)	0

G9. CHIESA DI SANT'EGIDIO ABATE

CAVEZZO (MO)

Crollo della parte sommitale della guglia.

INAGIBILE	ID 0,58
MECCANISMI DI COLLASSO NEGLI ELEMENTI NON STRUTTURALI	
M26 - Aggetti (vele, guglie, pinnacoli, statue)	5

G10. CHIESA DELLA BEATA VERGINE DEL ROSARIO

FINALE EMILIA (MO)

Vengono segnalati danni lievi negli aggetti sulla sommità della facciata. Nonostante l'entità del danno indicata nella scheda non richieda una messa in sicurezza urgente, il corpo sveltante centrale a sostegno della croce è stato smontato. L'intervento definitivo prevede la ricostruzione del fregio riposizionandovi la croce in sommità della facciata mediante tecniche tradizionali. Particolare attenzione viene riposta nei collegamenti alle strutture sottostanti: una spina metallica centrale viene inserita nella muratura al fine di inibire indesiderati distacchi in prospettiva sismica.

INAGIBILE	ID 0,54
MECCANISMI DI COLLASSO NEGLI ELEMENTI NON STRUTTURALI	
M26 - Aggetti (vele, guglie, pinnacoli, statue)	1

G11. CHIESA DI SAN BARTOLOMEO

FINALE EMILIA (MO)

Le lesioni presenti in facciata interessano anche la nicchia centrale dove è collocata una statua. Inoltre, sono crollati gli elementi sferici in pietra posti a decorazione del timpano. Nella fase di messa in sicurezza è stata effettuata la rimozione della statua presente in facciata, prevedendone la successiva ricollocazione in fase di intervento definitivo.

INAGIBILE	ID 0,44
MECCANISMI DI COLLASSO NEGLI ELEMENTI NON STRUTTURALI	
M26 - Aggetti (vele, guglie, pinnacoli, statue)	5

G12. CHIESA DI SAN LUCA EVANGELISTA

MEDOLLA (MO)

La sfera metallica con la banderuola in sommità della guglia è crollata insieme alla cella campanaria. L'elemento è stato catalogato e messo al riparo nell'area di cantiere.

INAGIBILE	ID 0,70
MECCANISMI DI COLLASSO NEGLI ELEMENTI NON STRUTTURALI	
M26 - Aggetti (vele, guglie, pinnacoli, statue)	5

G 13. CHIESA DEI SS SENESIO E TEOPOMPO MARTIRI

MEDOLLA (MO)

Collo di alcuni elementi svettanti sulla sommità della facciata principale e di una statua posta nella porzione superiore della stessa.

INAGIBILE	ID 0,46
MECCANISMI DI COLLASSO NEGLI ELEMENTI NON STRUTTURALI	
M26 - Aggetti (vele, guglie, pinnacoli, statue)	5

G14. CHIESA DELLA BEATA VERGINE DELLA PORTA

MIRANDOLA (MO)

Vengono segnalati danni moderati negli aggetti (lesioni nelle balaustre dietro il timpano di facciata) che non richiedono provvedimenti di messa in sicurezza.

INAGIBILE	ID 0,53
MECCANISMI DI COLLASSO NEGLI ELEMENTI NON STRUTTURALI	
M26 - Aggetti (vele, guglie, pinnacoli, statue)	2

G15. CHIESA DEL GESÙ

MIRANDOLA (MO)

Nonostante venga segnalata la presenza di danni molto gravi negli aggetti, non viene preso alcun provvedimento di messa in sicurezza.

INAGIBILE	ID 0,50
MECCANISMI DI COLLASSO NEGLI ELEMENTI NON STRUTTURALI	
M26 - Aggetti (vele, guglie, pinnacoli, statue)	4

G16. CHIESA DI SAN MICHELE ARCANGELO

NOVI DI MODENA (MO)

La croce posta a decorazione sulla cima della guglia risulta distaccata: parte di essa, cadendo sulla chiesa, ha sfondato la copertura del transetto. Nonostante venga segnalata la presenza di danni gravi negli aggetti, non viene preso alcun provvedimento di messa in sicurezza. L'intervento definitivo si propone di migliorare la capacità di spostamento mediante ritegni laterali o ampliamenti della base d'appoggio, migliorando la connessione con la struttura, tenendo presente però che una variazione delle proprietà dinamiche può portare ad un incremento dell'azione sismica dell'elemento.

INAGIBILE	ID 0,55
MECCANISMI DI COLLASSO NEGLI ELEMENTI NON STRUTTURALI	
M26 - Aggetti (vele, guglie, pinnacoli, statue)	3

G17. CHIESA DI SANTA CATERINA D'ALESSANDRIA

NOVI DI MODENA (MO)

Nonostante venga segnalata la presenza di danni molto gravi negli aggetti, non viene preso alcun provvedimento di messa in sicurezza.

INAGIBILE	ID 0,62
MECCANISMI DI COLLASSO NEGLI ELEMENTI NON STRUTTURALI	
M26 - Aggetti (vele, guglie, pinnacoli, statue)	4

G18. CHIESA DI SANTA MARIA ANNUNCIATA

REGGIOLO (RE)

Vengono segnalati danni lievi negli aggetti, che non richiedono provvedimenti di messa in sicurezza.

INAGIBILE	ID 0,36
MECCANISMI DI COLLASSO NEGLI ELEMENTI NON STRUTTURALI	
M26 - Aggetti (vele, guglie, pinnacoli, statue)	1

G19. CHIESA DI SANTA MARIA ASSUNTA

REGGIOLO (RE)

La scheda non rileva la presenza di elementi aggettanti. Tuttavia, dal progetto definitivo si apprende che successivi approfondimenti conoscitivi hanno evidenziato la presenza di elementi non strutturali che hanno subito gravi danni a seguito dell'evento sismico. Viene giudicato indispensabile provvedere ad un intervento di verifica e riparazione in vista della riapertura dell'edificio al pubblico. In particolare, si prevede il ripristino delle condizioni di stabilità della croce sommitale della facciata principale mediante verifica di tenuta del perno interno e del sistema di fissaggio alle strutture sottostanti e ritirantatura, puntuali riparazioni del ritegno esistente se necessario.

INAGIBILE	ID 0,50
MECCANISMI DI COLLASSO NEGLI ELEMENTI NON STRUTTURALI	
M26 - Aggetti (vele, guglie, pinnacoli, statue)	NP

ALLEGATO H

Nel presente allegato sono riportate le schede di valutazione dell'efficacia delle tecniche di messa in sicurezza, con i punteggi attribuiti ai diversi aspetti coinvolti: operativo, strutturale, conservativo ed economico.

TELAIO IN LEGNO

ASPETTI OPERATIVI	
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI	16 / 18
Progettazione	
<i>Riferimento a schemi di calcolo predefiniti</i>	● ● ●
<i>Standardizzazione</i>	● ● ● ●
<i>Modularità</i>	● ● ● ●
Realizzazione	
<i>Praticità delle lavorazioni</i>	● ● ● ●
<i>Facilità di reperire il materiale</i>	● ● ● ●
<i>Possibilità di prefabbricazione e/o preassemblaggio</i>	● ● ● ●
CARATTERISTICHE DIPENDENTI	19 / 27
Applicazione	
<i>Realizzabile anche senza preconsolidamento</i>	● ● ● ●
<i>Realizzabile anche in presenza di macerie</i>	● ● ● ●
<i>Adattabilità a conformazioni geometriche irregolari</i>	● ● ● ●
Sicurezza	
<i>Realizzabile a distanza</i>	● ● ● ●
<i>Realizzabile dall'esterno</i>	● ● ● ●
<i>Velocità di posa in opera</i>	● ● ● ●
Ingombro	
<i>Non ostacola il transito nelle aree circostanti</i>	● ● ● ●
<i>Non ostacola l'accessibilità/fruibilità dell'edificio</i>	● ● ● ●
<i>Non ostacola la realizzazione degli interventi successivi</i>	● ● ● ●
ASPETTI STRUTTURALI	
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI	10 / 15
Interazione con struttura in campo statico	
<i>Compatibilità delle dilatazioni</i>	● ● ● ●
<i>Sistema attivo</i>	● ● ● ●
Interazione con struttura in campo dinamico	
<i>Non incrementa la massa dell'edificio</i>	● ● ● ●
<i>Assenza di variazioni di rigidità</i>	● ● ● ●
<i>Assenza di fenomeni di martellamento</i>	● ● ● ●

ALLEGATI

CARATTERISTICHE DIPENDENTI		12 / 15
Efficacia del sistema in funzione del danno		
<i>Efficacia del sistema per livello di danno D1 e D2</i>		● ● ●
<i>Efficacia del sistema per livello di danno D3 e D4</i>		● ● ●
<i>Efficacia del sistema per livello di danno D5</i>		● ● ●
Durabilità		
<i>Resistenza al deterioramento</i>		● ● ●
<i>Facilità di manutenzione</i>		● ● ●
ASPETTI CONSERVATIVI		
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI		14 / 15
Reversibilità		
<i>Facilità di rimozione</i>		● ● ●
<i>Stato di conservazione della struttura dopo la rimozione</i>		● ● ●
Compatibilità		
<i>Compatibilità chimico-fisica con i materiali originari</i>		● ● ●
<i>Integrazione con la struttura architettonica</i>		● ● ●
Minimo intervento		
<i>Rapporto efficacia/invasività</i>		● ● ●
CARATTERISTICHE DIPENDENTI		9 / 9
Rispetto degli elementi di valore		
<i>Applicabile in presenza di stucchi ed elementi decorativi</i>		● ● ●
<i>Applicabile in presenza di superfici affrescate</i>		● ● ●
<i>Applicabile in presenza di muratura faccia a vista</i>		● ● ●
ASPETTI ECONOMICI		
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI		12 / 18
Economicità		
<i>Economicità del materiale</i>		● ● ●
<i>Economicità delle lavorazioni</i>		● ● ●
<i>Economicità della manutenzione</i>		● ● ●
<i>Rapporto efficacia/costo</i>		● ● ●
Possibilità di riutilizzo		
<i>Possibile riuso del materiale in altri interventi</i>		● ● ●
<i>Supporto per interventi successivi</i>		● ● ●

TELAIO IN ACCIAIO

ASPETTI OPERATIVI	
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI	15 / 18
Progettazione	
<i>Riferimento a schemi di calcolo predefiniti</i>	● ● ●
<i>Standardizzazione</i>	● ● ●
<i>Modularità</i>	● ● ●
Realizzazione	
<i>Praticità delle lavorazioni</i>	● ● ●
<i>Facilità di reperire il materiale</i>	● ● ●
<i>Possibilità di prefabbricazione e/o preassemblaggio</i>	● ● ●
CARATTERISTICHE DIPENDENTI	17 / 27
Applicazione	
<i>Realizzabile anche senza preconsolidamento</i>	● ● ●
<i>Realizzabile anche in presenza di macerie</i>	● ● ●
<i>Adattabilità a conformazioni geometriche irregolari</i>	● ● ●
Sicurezza	
<i>Realizzabile a distanza</i>	● ● ●
<i>Realizzabile dall'esterno</i>	● ● ●
<i>Velocità di posa in opera</i>	● ● ●
Ingombro	
<i>Non ostacola il transito nelle aree circostanti</i>	● ● ●
<i>Non ostacola l'accessibilità/fruibilità dell'edificio</i>	● ● ●
<i>Non ostacola la realizzazione degli interventi successivi</i>	● ● ●
ASPETTI STRUTTURALI	
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI	9 / 15
Interazione con struttura in campo statico	
<i>Compatibilità delle dilatazioni</i>	● ● ●
<i>Sistema attivo</i>	● ● ●
Interazione con struttura in campo dinamico	
<i>Non incrementa la massa dell'edificio</i>	● ● ●
<i>Assenza di variazioni di rigidità</i>	● ● ●
<i>Assenza di fenomeni di martellamento</i>	● ● ●

ALLEGATI

CARATTERISTICHE DIPENDENTI		14 / 15
Efficacia del sistema in funzione del danno		
<i>Efficacia del sistema per livello di danno D1 e D2</i>		● ● ●
<i>Efficacia del sistema per livello di danno D3 e D4</i>		● ● ●
<i>Efficacia del sistema per livello di danno D5</i>		● ● ●
Durabilità		
<i>Resistenza al deterioramento</i>		● ● ●
<i>Facilità di manutenzione</i>		● ● ●
ASPETTI CONSERVATIVI		
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI		11 / 15
Reversibilità		
<i>Facilità di rimozione</i>		● ● ●
<i>Stato di conservazione della struttura dopo la rimozione</i>		● ● ●
Compatibilità		
<i>Compatibilità chimico-fisica con i materiali originari</i>		● ● ●
<i>Integrazione con la struttura architettonica</i>		● ● ●
Minimo intervento		
<i>Rapporto efficacia/invasività</i>		● ● ●
CARATTERISTICHE DIPENDENTI		7 / 9
Rispetto degli elementi di valore		
<i>Applicabile in presenza di stucchi ed elementi decorativi</i>		● ● ●
<i>Applicabile in presenza di superfici affrescate</i>		● ● ●
<i>Applicabile in presenza di muratura faccia a vista</i>		● ● ●
ASPETTI ECONOMICI		
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI		9 / 18
Economicità		
<i>Economicità del materiale</i>		● ● ●
<i>Economicità delle lavorazioni</i>		● ● ●
<i>Economicità della manutenzione</i>		● ● ●
<i>Rapporto efficacia/costo</i>		● ● ●
Possibilità di riutilizzo		
<i>Possibile riuso del materiale in altri interventi</i>		● ● ●
<i>Supporto per interventi successivi</i>		● ● ●

TELAIO IN TUBI E GIUNTI

ASPETTI OPERATIVI	
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI	18 / 18
Progettazione	
<i>Riferimento a schemi di calcolo predefiniti</i>	● ● ●
<i>Standardizzazione</i>	● ● ●
<i>Modularità</i>	● ● ●
Realizzazione	
<i>Praticità delle lavorazioni</i>	● ● ●
<i>Facilità di reperire il materiale</i>	● ● ●
<i>Possibilità di prefabbricazione e/o preassemblaggio</i>	● ● ●
CARATTERISTICHE DIPENDENTI	16 / 27
Applicazione	
<i>Realizzabile anche senza preconsolidamento</i>	● ● ●
<i>Realizzabile anche in presenza di macerie</i>	● ● ●
<i>Adattabilità a conformazioni geometriche irregolari</i>	● ● ●
Sicurezza	
<i>Realizzabile a distanza</i>	● ● ●
<i>Realizzabile dall'esterno</i>	● ● ●
<i>Velocità di posa in opera</i>	● ● ●
Ingombro	
<i>Non ostacola il transito nelle aree circostanti</i>	● ● ●
<i>Non ostacola l'accessibilità/fruibilità dell'edificio</i>	● ● ●
<i>Non ostacola la realizzazione degli interventi successivi</i>	● ● ●
ASPETTI STRUTTURALI	
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI	11 / 15
Interazione con struttura in campo statico	
<i>Compatibilità delle dilatazioni</i>	● ● ●
<i>Sistema attivo</i>	● ● ●
Interazione con struttura in campo dinamico	
<i>Non incrementa la massa dell'edificio</i>	● ● ●
<i>Assenza di variazioni di rigidità</i>	● ● ●
<i>Assenza di fenomeni di martellamento</i>	● ● ●

ALLEGATI

CARATTERISTICHE DIPENDENTI		14 / 15
Efficacia del sistema in funzione del danno		
<i>Efficacia del sistema per livello di danno D1 e D2</i>		● ● ●
<i>Efficacia del sistema per livello di danno D3 e D4</i>		● ● ●
<i>Efficacia del sistema per livello di danno D5</i>		● ● ●
Durabilità		
<i>Resistenza al deterioramento</i>		● ● ●
<i>Facilità di manutenzione</i>		● ● ●
ASPETTI CONSERVATIVI		
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI		13 / 15
Reversibilità		
<i>Facilità di rimozione</i>		● ● ●
<i>Stato di conservazione della struttura dopo la rimozione</i>		● ● ●
Compatibilità		
<i>Compatibilità chimico-fisica con i materiali originari</i>		● ● ●
<i>Integrazione con la struttura architettonica</i>		● ● ●
Minimo intervento		
<i>Rapporto efficacia/invasività</i>		● ● ●
CARATTERISTICHE DIPENDENTI		9 / 9
Rispetto degli elementi di valore		
<i>Applicabile in presenza di stucchi ed elementi decorativi</i>		● ● ●
<i>Applicabile in presenza di superfici affrescate</i>		● ● ●
<i>Applicabile in presenza di muratura faccia a vista</i>		● ● ●
ASPETTI ECONOMICI		
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI		13 / 18
Economicità		
<i>Economicità del materiale</i>		● ● ●
<i>Economicità delle lavorazioni</i>		● ● ●
<i>Economicità della manutenzione</i>		● ● ●
<i>Rapporto efficacia/costo</i>		● ● ●
Possibilità di riutilizzo		
<i>Possibile riuso del materiale in altri interventi</i>		● ● ●
<i>Supporto per interventi successivi</i>		● ● ●

PUNTELLO DI RITEGNO IN LEGNO

ASPETTI OPERATIVI	
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI	14 / 18
Progettazione	
<i>Riferimento a schemi di calcolo predefiniti</i>	● ● ●
<i>Standardizzazione</i>	● ● ●
<i>Modularità</i>	● ● ●
Realizzazione	
<i>Praticità delle lavorazioni</i>	● ● ●
<i>Facilità di reperire il materiale</i>	● ● ●
<i>Possibilità di prefabbricazione e/o preassemblaggio</i>	● ● ●
CARATTERISTICHE DIPENDENTI	18 / 27
Applicazione	
<i>Realizzabile anche senza preconsolidamento</i>	● ● ●
<i>Realizzabile anche in presenza di macerie</i>	● ● ●
<i>Adattabilità a conformazioni geometriche irregolari</i>	● ● ●
Sicurezza	
<i>Realizzabile a distanza</i>	● ● ●
<i>Realizzabile dall'esterno</i>	● ● ●
<i>Velocità di posa in opera</i>	● ● ●
Ingombro	
<i>Non ostacola il transito nelle aree circostanti</i>	● ● ●
<i>Non ostacola l'accessibilità/fruibilità dell'edificio</i>	● ● ●
<i>Non ostacola la realizzazione degli interventi successivi</i>	● ● ●
ASPETTI STRUTTURALI	
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI	8 / 15
Interazione con struttura in campo statico	
<i>Compatibilità delle dilatazioni</i>	● ● ●
<i>Sistema attivo</i>	● ● ●
Interazione con struttura in campo dinamico	
<i>Non incrementa la massa dell'edificio</i>	● ● ●
<i>Assenza di variazioni di rigidità</i>	● ● ●
<i>Assenza di fenomeni di martellamento</i>	● ● ●

ALLEGATI

CARATTERISTICHE DIPENDENTI		12 / 15
Efficacia del sistema in funzione del danno		
<i>Efficacia del sistema per livello di danno D1 e D2</i>		● ● ●
<i>Efficacia del sistema per livello di danno D3 e D4</i>		● ● ●
<i>Efficacia del sistema per livello di danno D5</i>		● ● ●
Durabilità		
<i>Resistenza al deterioramento</i>		● ● ●
<i>Facilità di manutenzione</i>		● ● ●
ASPETTI CONSERVATIVI		
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI		12 / 15
Reversibilità		
<i>Facilità di rimozione</i>		● ● ●
<i>Stato di conservazione della struttura dopo la rimozione</i>		● ● ●
Compatibilità		
<i>Compatibilità chimico-fisica con i materiali originari</i>		● ● ●
<i>Integrazione con la struttura architettonica</i>		● ● ●
Minimo intervento		
<i>Rapporto efficacia/invasività</i>		● ● ●
CARATTERISTICHE DIPENDENTI		7 / 9
Rispetto degli elementi di valore		
<i>Applicabile in presenza di stucchi ed elementi decorativi</i>		● ● ●
<i>Applicabile in presenza di superfici affrescate</i>		● ● ●
<i>Applicabile in presenza di muratura faccia a vista</i>		● ● ●
ASPETTI ECONOMICI		
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI		13 / 18
Economicità		
<i>Economicità del materiale</i>		● ● ●
<i>Economicità delle lavorazioni</i>		● ● ●
<i>Economicità della manutenzione</i>		● ● ●
<i>Rapporto efficacia/costo</i>		● ● ●
Possibilità di riutilizzo		
<i>Possibile riuso del materiale in altri interventi</i>		● ● ●
<i>Supporto per interventi successivi</i>		● ● ●

PUNTELLO DI RITEGNO IN ACCIAIO

ASPETTI OPERATIVI	
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI	16 / 18
Progettazione	
<i>Riferimento a schemi di calcolo predefiniti</i>	● ● ●
<i>Standardizzazione</i>	● ● ●
<i>Modularità</i>	● ● ●
Realizzazione	
<i>Praticità delle lavorazioni</i>	● ● ●
<i>Facilità di reperire il materiale</i>	● ● ●
<i>Possibilità di prefabbricazione e/o preassemblaggio</i>	● ● ●
CARATTERISTICHE DIPENDENTI	18 / 27
Applicazione	
<i>Realizzabile anche senza preconsolidamento</i>	● ● ●
<i>Realizzabile anche in presenza di macerie</i>	● ● ●
<i>Adattabilità a conformazioni geometriche irregolari</i>	● ● ●
Sicurezza	
<i>Realizzabile a distanza</i>	● ● ●
<i>Realizzabile dall'esterno</i>	● ● ●
<i>Velocità di posa in opera</i>	● ● ●
Ingombro	
<i>Non ostacola il transito nelle aree circostanti</i>	● ● ●
<i>Non ostacola l'accessibilità/fruibilità dell'edificio</i>	● ● ●
<i>Non ostacola la realizzazione degli interventi successivi</i>	● ● ●
ASPETTI STRUTTURALI	
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI	8 / 15
Interazione con struttura in campo statico	
<i>Compatibilità delle dilatazioni</i>	● ● ●
<i>Sistema attivo</i>	● ● ●
Interazione con struttura in campo dinamico	
<i>Non incrementa la massa dell'edificio</i>	● ● ●
<i>Assenza di variazioni di rigidità</i>	● ● ●
<i>Assenza di fenomeni di martellamento</i>	● ● ●

ALLEGATI

CARATTERISTICHE DIPENDENTI		15 / 15
Efficacia del sistema in funzione del danno		
<i>Efficacia del sistema per livello di danno D1 e D2</i>		● ● ●
<i>Efficacia del sistema per livello di danno D3 e D4</i>		● ● ●
<i>Efficacia del sistema per livello di danno D5</i>		● ● ●
Durabilità		
<i>Resistenza al deterioramento</i>		● ● ●
<i>Facilità di manutenzione</i>		● ● ●
ASPETTI CONSERVATIVI		
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI		12 / 15
Reversibilità		
<i>Facilità di rimozione</i>		● ● ●
<i>Stato di conservazione della struttura dopo la rimozione</i>		● ● ●
Compatibilità		
<i>Compatibilità chimico-fisica con i materiali originari</i>		● ● ●
<i>Integrazione con la struttura architettonica</i>		● ● ●
Minimo intervento		
<i>Rapporto efficacia/invasività</i>		● ● ●
CARATTERISTICHE DIPENDENTI		7 / 9
Rispetto degli elementi di valore		
<i>Applicabile in presenza di stucchi ed elementi decorativi</i>		● ● ●
<i>Applicabile in presenza di superfici affrescate</i>		● ● ●
<i>Applicabile in presenza di muratura faccia a vista</i>		● ● ●
ASPETTI ECONOMICI		
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI		10 / 18
Economicità		
<i>Economicità del materiale</i>		● ● ●
<i>Economicità delle lavorazioni</i>		● ● ●
<i>Economicità della manutenzione</i>		● ● ●
<i>Rapporto efficacia/costo</i>		● ● ●
Possibilità di riutilizzo		
<i>Possibile riuso del materiale in altri interventi</i>		● ● ●
<i>Supporto per interventi successivi</i>		● ● ●

PUNTELLO DI SOSTEGNO IN LEGNO

ASPETTI OPERATIVI	
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI	14 / 18
Progettazione	
<i>Riferimento a schemi di calcolo predefiniti</i>	● ● ●
<i>Standardizzazione</i>	● ● ●
<i>Modularità</i>	● ● ●
Realizzazione	
<i>Praticità delle lavorazioni</i>	● ● ●
<i>Facilità di reperire il materiale</i>	● ● ●
<i>Possibilità di prefabbricazione e/o preassemblaggio</i>	● ● ●
CARATTERISTICHE DIPENDENTI	19 / 27
Applicazione	
<i>Realizzabile anche senza preconsolidamento</i>	● ● ●
<i>Realizzabile anche in presenza di macerie</i>	● ● ●
<i>Adattabilità a conformazioni geometriche irregolari</i>	● ● ●
Sicurezza	
<i>Realizzabile a distanza</i>	● ● ●
<i>Realizzabile dall'esterno</i>	● ● ●
<i>Velocità di posa in opera</i>	● ● ●
Ingombro	
<i>Non ostacola il transito nelle aree circostanti</i>	● ● ●
<i>Non ostacola l'accessibilità/fruibilità dell'edificio</i>	● ● ●
<i>Non ostacola la realizzazione degli interventi successivi</i>	● ● ●
ASPETTI STRUTTURALI	
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI	12 / 15
Interazione con struttura in campo statico	
<i>Compatibilità delle dilatazioni</i>	● ● ●
<i>Sistema attivo</i>	● ● ●
Interazione con struttura in campo dinamico	
<i>Non incrementa la massa dell'edificio</i>	● ● ●
<i>Assenza di variazioni di rigidità</i>	● ● ●
<i>Assenza di fenomeni di martellamento</i>	● ● ●

ALLEGATI

CARATTERISTICHE DIPENDENTI		10 / 15
Efficacia del sistema in funzione del danno		
<i>Efficacia del sistema per livello di danno D1 e D2</i>		● ● ●
<i>Efficacia del sistema per livello di danno D3 e D4</i>		● ● ●
<i>Efficacia del sistema per livello di danno D5</i>		● ● ●
Durabilità		
<i>Resistenza al deterioramento</i>		● ● ●
<i>Facilità di manutenzione</i>		● ● ●
ASPETTI CONSERVATIVI		
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI		13 / 15
Reversibilità		
<i>Facilità di rimozione</i>		● ● ●
<i>Stato di conservazione della struttura dopo la rimozione</i>		● ● ●
Compatibilità		
<i>Compatibilità chimico-fisica con i materiali originari</i>		● ● ●
<i>Integrazione con la struttura architettonica</i>		● ● ●
Minimo intervento		
<i>Rapporto efficacia/invasività</i>		● ● ●
CARATTERISTICHE DIPENDENTI		6 / 9
Rispetto degli elementi di valore		
<i>Applicabile in presenza di stucchi ed elementi decorativi</i>		● ● ●
<i>Applicabile in presenza di superfici affrescate</i>		● ● ●
<i>Applicabile in presenza di muratura faccia a vista</i>		● ● ●
ASPETTI ECONOMICI		
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI		16 / 18
Economicità		
<i>Economicità del materiale</i>		● ● ●
<i>Economicità delle lavorazioni</i>		● ● ●
<i>Economicità della manutenzione</i>		● ● ●
<i>Rapporto efficacia/costo</i>		● ● ●
Possibilità di riutilizzo		
<i>Possibile riuso del materiale in altri interventi</i>		● ● ●
<i>Supporto per interventi successivi</i>		● ● ●

PUNTELLO DI SOSTEGNO IN ACCIAIO

ASPETTI OPERATIVI	
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI	17 / 18
Progettazione	
<i>Riferimento a schemi di calcolo predefiniti</i>	● ● ●
<i>Standardizzazione</i>	● ● ●
<i>Modularità</i>	● ● ●
Realizzazione	
<i>Praticità delle lavorazioni</i>	● ● ●
<i>Facilità di reperire il materiale</i>	● ● ●
<i>Possibilità di prefabbricazione e/o preassemblaggio</i>	● ● ●
CARATTERISTICHE DIPENDENTI	19 / 27
Applicazione	
<i>Realizzabile anche senza preconsolidamento</i>	● ● ●
<i>Realizzabile anche in presenza di macerie</i>	● ● ●
<i>Adattabilità a conformazioni geometriche irregolari</i>	● ● ●
Sicurezza	
<i>Realizzabile a distanza</i>	● ● ●
<i>Realizzabile dall'esterno</i>	● ● ●
<i>Velocità di posa in opera</i>	● ● ●
Ingombro	
<i>Non ostacola il transito nelle aree circostanti</i>	● ● ●
<i>Non ostacola l'accessibilità/fruibilità dell'edificio</i>	● ● ●
<i>Non ostacola la realizzazione degli interventi successivi</i>	● ● ●
ASPETTI STRUTTURALI	
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI	13 / 15
Interazione con struttura in campo statico	
<i>Compatibilità delle dilatazioni</i>	● ● ●
<i>Sistema attivo</i>	● ● ●
Interazione con struttura in campo dinamico	
<i>Non incrementa la massa dell'edificio</i>	● ● ●
<i>Assenza di variazioni di rigidità</i>	● ● ●
<i>Assenza di fenomeni di martellamento</i>	● ● ●

ALLEGATI

CARATTERISTICHE DIPENDENTI		12 / 15
Efficacia del sistema in funzione del danno		
<i>Efficacia del sistema per livello di danno D1 e D2</i>		● ● ●
<i>Efficacia del sistema per livello di danno D3 e D4</i>		● ● ●
<i>Efficacia del sistema per livello di danno D5</i>		● ● ●
Durabilità		
<i>Resistenza al deterioramento</i>		● ● ●
<i>Facilità di manutenzione</i>		● ● ●
ASPETTI CONSERVATIVI		
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI		14 / 15
Reversibilità		
<i>Facilità di rimozione</i>		● ● ●
<i>Stato di conservazione della struttura dopo la rimozione</i>		● ● ●
Compatibilità		
<i>Compatibilità chimico-fisica con i materiali originari</i>		● ● ●
<i>Integrazione con la struttura architettonica</i>		● ● ●
Minimo intervento		
<i>Rapporto efficacia/invasività</i>		● ● ●
CARATTERISTICHE DIPENDENTI		6 / 9
Rispetto degli elementi di valore		
<i>Applicabile in presenza di stucchi ed elementi decorativi</i>		● ● ●
<i>Applicabile in presenza di superfici affrescate</i>		● ● ●
<i>Applicabile in presenza di muratura faccia a vista</i>		● ● ●
ASPETTI ECONOMICI		
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI		17 / 18
Economicità		
<i>Economicità del materiale</i>		● ● ●
<i>Economicità delle lavorazioni</i>		● ● ●
<i>Economicità della manutenzione</i>		● ● ●
<i>Rapporto efficacia/costo</i>		● ● ●
Possibilità di riutilizzo		
<i>Possibile riuso del materiale in altri interventi</i>		● ● ●
<i>Supporto per interventi successivi</i>		● ● ●

CONTRAFFORTE IN MURATURA

ASPETTI OPERATIVI	
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI	9 / 18
Progettazione	
<i>Riferimento a schemi di calcolo predefiniti</i>	● ● ●
<i>Standardizzazione</i>	● ● ●
<i>Modularità</i>	● ● ●
Realizzazione	
<i>Praticità delle lavorazioni</i>	● ● ●
<i>Facilità di reperire il materiale</i>	● ● ●
<i>Possibilità di prefabbricazione e/o preassemblaggio</i>	● ● ●
CARATTERISTICHE DIPENDENTI	15 / 27
Applicazione	
<i>Realizzabile anche senza preconsolidamento</i>	● ● ●
<i>Realizzabile anche in presenza di macerie</i>	● ● ●
<i>Adattabilità a conformazioni geometriche irregolari</i>	● ● ●
Sicurezza	
<i>Realizzabile a distanza</i>	● ● ●
<i>Realizzabile dall'esterno</i>	● ● ●
<i>Velocità di posa in opera</i>	● ● ●
Ingombro	
<i>Non ostacola il transito nelle aree circostanti</i>	● ● ●
<i>Non ostacola l'accessibilità/fruibilità dell'edificio</i>	● ● ●
<i>Non ostacola la realizzazione degli interventi successivi</i>	● ● ●
ASPETTI STRUTTURALI	
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI	9 / 15
Interazione con struttura in campo statico	
<i>Compatibilità delle dilatazioni</i>	● ● ●
<i>Sistema attivo</i>	● ● ●
Interazione con struttura in campo dinamico	
<i>Non incrementa la massa dell'edificio</i>	● ● ●
<i>Assenza di variazioni di rigidità</i>	● ● ●
<i>Assenza di fenomeni di martellamento</i>	● ● ●

ALLEGATI

CARATTERISTICHE DIPENDENTI		15 / 15
Efficacia del sistema in funzione del danno		
<i>Efficacia del sistema per livello di danno D1 e D2</i>		● ● ●
<i>Efficacia del sistema per livello di danno D3 e D4</i>		● ● ●
<i>Efficacia del sistema per livello di danno D5</i>		● ● ●
Durabilità		
<i>Resistenza al deterioramento</i>		● ● ●
<i>Facilità di manutenzione</i>		● ● ●
ASPETTI CONSERVATIVI		
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI		10 / 15
Reversibilità		
<i>Facilità di rimozione</i>		● ● ●
<i>Stato di conservazione della struttura dopo la rimozione</i>		● ● ●
Compatibilità		
<i>Compatibilità chimico-fisica con i materiali originari</i>		● ● ●
<i>Integrazione con la struttura architettonica</i>		● ● ●
Minimo intervento		
<i>Rapporto efficacia/invasività</i>		● ● ●
CARATTERISTICHE DIPENDENTI		5 / 9
Rispetto degli elementi di valore		
<i>Applicabile in presenza di stucchi ed elementi decorativi</i>		● ● ●
<i>Applicabile in presenza di superfici affrescate</i>		● ● ●
<i>Applicabile in presenza di muratura faccia a vista</i>		● ● ●
ASPETTI ECONOMICI		
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI		12 / 18
Economicità		
<i>Economicità del materiale</i>		● ● ●
<i>Economicità delle lavorazioni</i>		● ● ●
<i>Economicità della manutenzione</i>		● ● ●
<i>Rapporto efficacia/costo</i>		● ● ●
Possibilità di riutilizzo		
<i>Possibile riuso del materiale in altri interventi</i>		● ● ●
<i>Supporto per interventi successivi</i>		● ● ●

CONTRAFFORTE IN ACCIAIO

ASPETTI OPERATIVI	
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI	12 / 18
Progettazione	
<i>Riferimento a schemi di calcolo predefiniti</i>	● ● ●
<i>Standardizzazione</i>	● ● ●
<i>Modularità</i>	● ● ●
Realizzazione	
<i>Praticità delle lavorazioni</i>	● ● ●
<i>Facilità di reperire il materiale</i>	● ● ●
<i>Possibilità di prefabbricazione e/o preassemblaggio</i>	● ● ●
CARATTERISTICHE DIPENDENTI	16 / 27
Applicazione	
<i>Realizzabile anche senza preconsolidamento</i>	● ● ●
<i>Realizzabile anche in presenza di macerie</i>	● ● ●
<i>Adattabilità a conformazioni geometriche irregolari</i>	● ● ●
Sicurezza	
<i>Realizzabile a distanza</i>	● ● ●
<i>Realizzabile dall'esterno</i>	● ● ●
<i>Velocità di posa in opera</i>	● ● ●
Ingombro	
<i>Non ostacola il transito nelle aree circostanti</i>	● ● ●
<i>Non ostacola l'accessibilità/fruibilità dell'edificio</i>	● ● ●
<i>Non ostacola la realizzazione degli interventi successivi</i>	● ● ●
ASPETTI STRUTTURALI	
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI	9 / 15
Interazione con struttura in campo statico	
<i>Compatibilità delle dilatazioni</i>	● ● ●
<i>Sistema attivo</i>	● ● ●
Interazione con struttura in campo dinamico	
<i>Non incrementa la massa dell'edificio</i>	● ● ●
<i>Assenza di variazioni di rigidità</i>	● ● ●
<i>Assenza di fenomeni di martellamento</i>	● ● ●

ALLEGATI

CARATTERISTICHE DIPENDENTI		13 / 15
Efficacia del sistema in funzione del danno		
<i>Efficacia del sistema per livello di danno D1 e D2</i>		● ● ●
<i>Efficacia del sistema per livello di danno D3 e D4</i>		● ● ●
<i>Efficacia del sistema per livello di danno D5</i>		● ● ●
Durabilità		
<i>Resistenza al deterioramento</i>		● ● ●
<i>Facilità di manutenzione</i>		● ● ●
ASPETTI CONSERVATIVI		
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI		11 / 15
Reversibilità		
<i>Facilità di rimozione</i>		● ● ●
<i>Stato di conservazione della struttura dopo la rimozione</i>		● ● ●
Compatibilità		
<i>Compatibilità chimico-fisica con i materiali originari</i>		● ● ●
<i>Integrazione con la struttura architettonica</i>		● ● ●
Minimo intervento		
<i>Rapporto efficacia/invasività</i>		● ● ●
CARATTERISTICHE DIPENDENTI		7 / 9
Rispetto degli elementi di valore		
<i>Applicabile in presenza di stucchi ed elementi decorativi</i>		● ● ●
<i>Applicabile in presenza di superfici affrescate</i>		● ● ●
<i>Applicabile in presenza di muratura faccia a vista</i>		● ● ●
ASPETTI ECONOMICI		
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI		12 / 18
Economicità		
<i>Economicità del materiale</i>		● ● ●
<i>Economicità delle lavorazioni</i>		● ● ●
<i>Economicità della manutenzione</i>		● ● ●
<i>Rapporto efficacia/costo</i>		● ● ●
Possibilità di riutilizzo		
<i>Possibile riuso del materiale in altri interventi</i>		● ● ●
<i>Supporto per interventi successivi</i>		● ● ●

CONTRAFFORTE IN CEMENTO ARMATO

ASPETTI OPERATIVI	
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI	10 / 18
Progettazione	
<i>Riferimento a schemi di calcolo predefiniti</i>	● ● ●
<i>Standardizzazione</i>	● ● ●
<i>Modularità</i>	● ● ●
Realizzazione	
<i>Praticità delle lavorazioni</i>	● ● ●
<i>Facilità di reperire il materiale</i>	● ● ●
<i>Possibilità di prefabbricazione e/o preassemblaggio</i>	● ● ●
CARATTERISTICHE DIPENDENTI	16 / 27
Applicazione	
<i>Realizzabile anche senza preconsolidamento</i>	● ● ●
<i>Realizzabile anche in presenza di macerie</i>	● ● ●
<i>Adattabilità a conformazioni geometriche irregolari</i>	● ● ●
Sicurezza	
<i>Realizzabile a distanza</i>	● ● ●
<i>Realizzabile dall'esterno</i>	● ● ●
<i>Velocità di posa in opera</i>	● ● ●
Ingombro	
<i>Non ostacola il transito nelle aree circostanti</i>	● ● ●
<i>Non ostacola l'accessibilità/fruibilità dell'edificio</i>	● ● ●
<i>Non ostacola la realizzazione degli interventi successivi</i>	● ● ●
ASPETTI STRUTTURALI	
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI	8 / 15
Interazione con struttura in campo statico	
<i>Compatibilità delle dilatazioni</i>	● ● ●
<i>Sistema attivo</i>	● ● ●
Interazione con struttura in campo dinamico	
<i>Non incrementa la massa dell'edificio</i>	● ● ●
<i>Assenza di variazioni di rigidità</i>	● ● ●
<i>Assenza di fenomeni di martellamento</i>	● ● ●

ALLEGATI

CARATTERISTICHE DIPENDENTI		15 / 15
Efficacia del sistema in funzione del danno		
<i>Efficacia del sistema per livello di danno D1 e D2</i>		● ● ●
<i>Efficacia del sistema per livello di danno D3 e D4</i>		● ● ●
<i>Efficacia del sistema per livello di danno D5</i>		● ● ●
Durabilità		
<i>Resistenza al deterioramento</i>		● ● ●
<i>Facilità di manutenzione</i>		● ● ●
ASPETTI CONSERVATIVI		
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI		7 / 15
Reversibilità		
<i>Facilità di rimozione</i>		● ● ●
<i>Stato di conservazione della struttura dopo la rimozione</i>		● ● ●
Compatibilità		
<i>Compatibilità chimico-fisica con i materiali originari</i>		● ● ●
<i>Integrazione con la struttura architettonica</i>		● ● ●
Minimo intervento		
<i>Rapporto efficacia/invasività</i>		● ● ●
CARATTERISTICHE DIPENDENTI		4 / 9
Rispetto degli elementi di valore		
<i>Applicabile in presenza di stucchi ed elementi decorativi</i>		● ● ●
<i>Applicabile in presenza di superfici affrescate</i>		● ● ●
<i>Applicabile in presenza di muratura faccia a vista</i>		● ● ●
ASPETTI ECONOMICI		
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI		12 / 18
Economicità		
<i>Economicità del materiale</i>		● ● ●
<i>Economicità delle lavorazioni</i>		● ● ●
<i>Economicità della manutenzione</i>		● ● ●
<i>Rapporto efficacia/costo</i>		● ● ●
Possibilità di riutilizzo		
<i>Possibile riuso del materiale in altri interventi</i>		● ● ●
<i>Supporto per interventi successivi</i>		● ● ●

CENTINA IN LEGNO

ASPETTI OPERATIVI	
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI	14 / 18
Progettazione	
<i>Riferimento a schemi di calcolo predefiniti</i>	● ● ●
<i>Standardizzazione</i>	● ● ●
<i>Modularità</i>	● ● ●
Realizzazione	
<i>Praticità delle lavorazioni</i>	● ● ●
<i>Facilità di reperire il materiale</i>	● ● ●
<i>Possibilità di prefabbricazione e/o preassemblaggio</i>	● ● ●
CARATTERISTICHE DIPENDENTI	18 / 27
Applicazione	
<i>Realizzabile anche senza preconsolidamento</i>	● ● ●
<i>Realizzabile anche in presenza di macerie</i>	● ● ●
<i>Adattabilità a conformazioni geometriche irregolari</i>	● ● ●
Sicurezza	
<i>Realizzabile a distanza</i>	● ● ●
<i>Realizzabile dall'esterno</i>	● ● ●
<i>Velocità di posa in opera</i>	● ● ●
Ingombro	
<i>Non ostacola il transito nelle aree circostanti</i>	● ● ●
<i>Non ostacola l'accessibilità/fruibilità dell'edificio</i>	● ● ●
<i>Non ostacola la realizzazione degli interventi successivi</i>	● ● ●
ASPETTI STRUTTURALI	
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI	12 / 15
Interazione con struttura in campo statico	
<i>Compatibilità delle dilatazioni</i>	● ● ●
<i>Sistema attivo</i>	● ● ●
Interazione con struttura in campo dinamico	
<i>Non incrementa la massa dell'edificio</i>	● ● ●
<i>Assenza di variazioni di rigidità</i>	● ● ●
<i>Assenza di fenomeni di martellamento</i>	● ● ●

ALLEGATI

CARATTERISTICHE DIPENDENTI		13 / 15
Efficacia del sistema in funzione del danno		
<i>Efficacia del sistema per livello di danno D1 e D2</i>		● ● ●
<i>Efficacia del sistema per livello di danno D3 e D4</i>		● ● ●
<i>Efficacia del sistema per livello di danno D5</i>		● ● ●
Durabilità		
<i>Resistenza al deterioramento</i>		● ● ●
<i>Facilità di manutenzione</i>		● ● ●
ASPETTI CONSERVATIVI		
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI		13 / 15
Reversibilità		
<i>Facilità di rimozione</i>		● ● ●
<i>Stato di conservazione della struttura dopo la rimozione</i>		● ● ●
Compatibilità		
<i>Compatibilità chimico-fisica con i materiali originari</i>		● ● ●
<i>Integrazione con la struttura architettonica</i>		● ● ●
Minimo intervento		
<i>Rapporto efficacia/invasività</i>		● ● ●
CARATTERISTICHE DIPENDENTI		7 / 9
Rispetto degli elementi di valore		
<i>Applicabile in presenza di stucchi ed elementi decorativi</i>		● ● ●
<i>Applicabile in presenza di superfici affrescate</i>		● ● ●
<i>Applicabile in presenza di muratura faccia a vista</i>		● ● ●
ASPETTI ECONOMICI		
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI		14 / 18
Economicità		
<i>Economicità del materiale</i>		● ● ●
<i>Economicità delle lavorazioni</i>		● ● ●
<i>Economicità della manutenzione</i>		● ● ●
<i>Rapporto efficacia/costo</i>		● ● ●
Possibilità di riutilizzo		
<i>Possibile riuso del materiale in altri interventi</i>		● ● ●
<i>Supporto per interventi successivi</i>		● ● ●

CENTINA CON TUBI E GIUNTI

ASPETTI OPERATIVI	
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI	18 / 18
Progettazione	
<i>Riferimento a schemi di calcolo predefiniti</i>	● ● ●
<i>Standardizzazione</i>	● ● ●
<i>Modularità</i>	● ● ●
Realizzazione	
<i>Praticità delle lavorazioni</i>	● ● ●
<i>Facilità di reperire il materiale</i>	● ● ●
<i>Possibilità di prefabbricazione e/o preassemblaggio</i>	● ● ●
CARATTERISTICHE DIPENDENTI	21 / 27
Applicazione	
<i>Realizzabile anche senza preconsolidamento</i>	● ● ●
<i>Realizzabile anche in presenza di macerie</i>	● ● ●
<i>Adattabilità a conformazioni geometriche irregolari</i>	● ● ●
Sicurezza	
<i>Realizzabile a distanza</i>	● ● ●
<i>Realizzabile dall'esterno</i>	● ● ●
<i>Velocità di posa in opera</i>	● ● ●
Ingombro	
<i>Non ostacola il transito nelle aree circostanti</i>	● ● ●
<i>Non ostacola l'accessibilità/fruibilità dell'edificio</i>	● ● ●
<i>Non ostacola la realizzazione degli interventi successivi</i>	● ● ●
ASPETTI STRUTTURALI	
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI	12 / 15
Interazione con struttura in campo statico	
<i>Compatibilità delle dilatazioni</i>	● ● ●
<i>Sistema attivo</i>	● ● ●
Interazione con struttura in campo dinamico	
<i>Non incrementa la massa dell'edificio</i>	● ● ●
<i>Assenza di variazioni di rigidità</i>	● ● ●
<i>Assenza di fenomeni di martellamento</i>	● ● ●

ALLEGATI

CARATTERISTICHE DIPENDENTI		12 / 15
Efficacia del sistema in funzione del danno		
<i>Efficacia del sistema per livello di danno D1 e D2</i>		● ● ●
<i>Efficacia del sistema per livello di danno D3 e D4</i>		● ● ●
<i>Efficacia del sistema per livello di danno D5</i>		● ● ●
Durabilità		
<i>Resistenza al deterioramento</i>		● ● ●
<i>Facilità di manutenzione</i>		● ● ●
ASPETTI CONSERVATIVI		
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI		14 / 15
Reversibilità		
<i>Facilità di rimozione</i>		● ● ●
<i>Stato di conservazione della struttura dopo la rimozione</i>		● ● ●
Compatibilità		
<i>Compatibilità chimico-fisica con i materiali originari</i>		● ● ●
<i>Integrazione con la struttura architettonica</i>		● ● ●
Minimo intervento		
<i>Rapporto efficacia/invasività</i>		● ● ●
CARATTERISTICHE DIPENDENTI		7 / 9
Rispetto degli elementi di valore		
<i>Applicabile in presenza di stucchi ed elementi decorativi</i>		● ● ●
<i>Applicabile in presenza di superfici affrescate</i>		● ● ●
<i>Applicabile in presenza di muratura faccia a vista</i>		● ● ●
ASPETTI ECONOMICI		
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI		15 / 18
Economicità		
<i>Economicità del materiale</i>		● ● ●
<i>Economicità delle lavorazioni</i>		● ● ●
<i>Economicità della manutenzione</i>		● ● ●
<i>Rapporto efficacia/costo</i>		● ● ●
Possibilità di riutilizzo		
<i>Possibile riuso del materiale in altri interventi</i>		● ● ●
<i>Supporto per interventi successivi</i>		● ● ●

STRALLO CON CAVI IN ACCIAIO

ASPETTI OPERATIVI	
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI	16 / 18
Progettazione	
<i>Riferimento a schemi di calcolo predefiniti</i>	● ● ● ●
<i>Standardizzazione</i>	● ● ● ●
<i>Modularità</i>	● ● ● ●
Realizzazione	
<i>Praticità delle lavorazioni</i>	● ● ● ●
<i>Facilità di reperire il materiale</i>	● ● ● ●
<i>Possibilità di prefabbricazione e/o preassemblaggio</i>	● ● ● ●
CARATTERISTICHE DIPENDENTI	19 / 27
Applicazione	
<i>Realizzabile anche senza preconsolidamento</i>	● ● ● ●
<i>Realizzabile anche in presenza di macerie</i>	● ● ● ●
<i>Adattabilità a conformazioni geometriche irregolari</i>	● ● ● ●
Sicurezza	
<i>Realizzabile a distanza</i>	● ● ● ●
<i>Realizzabile dall'esterno</i>	● ● ● ●
<i>Velocità di posa in opera</i>	● ● ● ●
Ingombro	
<i>Non ostacola il transito nelle aree circostanti</i>	● ● ● ●
<i>Non ostacola l'accessibilità/fruibilità dell'edificio</i>	● ● ● ●
<i>Non ostacola la realizzazione degli interventi successivi</i>	● ● ● ●
ASPETTI STRUTTURALI	
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI	12 / 15
Interazione con struttura in campo statico	
<i>Compatibilità delle dilatazioni</i>	● ● ● ●
<i>Sistema attivo</i>	● ● ● ●
Interazione con struttura in campo dinamico	
<i>Non incrementa la massa dell'edificio</i>	● ● ● ●
<i>Assenza di variazioni di rigidità</i>	● ● ● ●
<i>Assenza di fenomeni di martellamento</i>	● ● ● ●

ALLEGATI

CARATTERISTICHE DIPENDENTI		10 / 15
Efficacia del sistema in funzione del danno		
<i>Efficacia del sistema per livello di danno D1 e D2</i>		● ● ●
<i>Efficacia del sistema per livello di danno D3 e D4</i>		● ● ●
<i>Efficacia del sistema per livello di danno D5</i>		● ● ●
Durabilità		
<i>Resistenza al deterioramento</i>		● ● ●
<i>Facilità di manutenzione</i>		● ● ●
ASPETTI CONSERVATIVI		
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI		13 / 15
Reversibilità		
<i>Facilità di rimozione</i>		● ● ●
<i>Stato di conservazione della struttura dopo la rimozione</i>		● ● ●
Compatibilità		
<i>Compatibilità chimico-fisica con i materiali originari</i>		● ● ●
<i>Integrazione con la struttura architettonica</i>		● ● ●
Minimo intervento		
<i>Rapporto efficacia/invasività</i>		● ● ●
CARATTERISTICHE DIPENDENTI		8 / 9
Rispetto degli elementi di valore		
<i>Applicabile in presenza di stucchi ed elementi decorativi</i>		● ● ●
<i>Applicabile in presenza di superfici affrescate</i>		● ● ●
<i>Applicabile in presenza di muratura faccia a vista</i>		● ● ●
ASPETTI ECONOMICI		
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI		14 / 18
Economicità		
<i>Economicità del materiale</i>		● ● ●
<i>Economicità delle lavorazioni</i>		● ● ●
<i>Economicità della manutenzione</i>		● ● ●
<i>Rapporto efficacia/costo</i>		● ● ●
Possibilità di riutilizzo		
<i>Possibile riuso del materiale in altri interventi</i>		● ● ●
<i>Supporto per interventi successivi</i>		● ● ●

CATENA IN ACCIAIO

ASPETTI OPERATIVI	
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI	16 / 18
Progettazione	
<i>Riferimento a schemi di calcolo predefiniti</i>	● ● ● ●
<i>Standardizzazione</i>	● ● ● ●
<i>Modularità</i>	● ● ● ●
Realizzazione	
<i>Praticità delle lavorazioni</i>	● ● ● ●
<i>Facilità di reperire il materiale</i>	● ● ● ●
<i>Possibilità di prefabbricazione e/o preassemblaggio</i>	● ● ● ●
CARATTERISTICHE DIPENDENTI	20 / 27
Applicazione	
<i>Realizzabile anche senza preconsolidamento</i>	● ● ● ●
<i>Realizzabile anche in presenza di macerie</i>	● ● ● ●
<i>Adattabilità a conformazioni geometriche irregolari</i>	● ● ● ●
Sicurezza	
<i>Realizzabile a distanza</i>	● ● ● ●
<i>Realizzabile dall'esterno</i>	● ● ● ●
<i>Velocità di posa in opera</i>	● ● ● ●
Ingombro	
<i>Non ostacola il transito nelle aree circostanti</i>	● ● ● ●
<i>Non ostacola l'accessibilità/fruibilità dell'edificio</i>	● ● ● ●
<i>Non ostacola la realizzazione degli interventi successivi</i>	● ● ● ●
ASPETTI STRUTTURALI	
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI	14 / 15
Interazione con struttura in campo statico	
<i>Compatibilità delle dilatazioni</i>	● ● ● ●
<i>Sistema attivo</i>	● ● ● ●
Interazione con struttura in campo dinamico	
<i>Non incrementa la massa dell'edificio</i>	● ● ● ●
<i>Assenza di variazioni di rigidità</i>	● ● ● ●
<i>Assenza di fenomeni di martellamento</i>	● ● ● ●

ALLEGATI

CARATTERISTICHE DIPENDENTI		12 / 15
Efficacia del sistema in funzione del danno		
<i>Efficacia del sistema per livello di danno D1 e D2</i>		● ● ●
<i>Efficacia del sistema per livello di danno D3 e D4</i>		● ● ●
<i>Efficacia del sistema per livello di danno D5</i>		● ● ●
Durabilità		
<i>Resistenza al deterioramento</i>		● ● ●
<i>Facilità di manutenzione</i>		● ● ●
ASPETTI CONSERVATIVI		
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI		14 / 15
Reversibilità		
<i>Facilità di rimozione</i>		● ● ●
<i>Stato di conservazione della struttura dopo la rimozione</i>		● ● ●
Compatibilità		
<i>Compatibilità chimico-fisica con i materiali originari</i>		● ● ●
<i>Integrazione con la struttura architettonica</i>		● ● ●
Minimo intervento		
<i>Rapporto efficacia/invasività</i>		● ● ●
CARATTERISTICHE DIPENDENTI		8 / 9
Rispetto degli elementi di valore		
<i>Applicabile in presenza di stucchi ed elementi decorativi</i>		● ● ●
<i>Applicabile in presenza di superfici affrescate</i>		● ● ●
<i>Applicabile in presenza di muratura faccia a vista</i>		● ● ●
ASPETTI ECONOMICI		
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI		17 / 18
Economicità		
<i>Economicità del materiale</i>		● ● ●
<i>Economicità delle lavorazioni</i>		● ● ●
<i>Economicità della manutenzione</i>		● ● ●
<i>Rapporto efficacia/costo</i>		● ● ●
Possibilità di riutilizzo		
<i>Possibile riuso del materiale in altri interventi</i>		● ● ●
<i>Supporto per interventi successivi</i>		● ● ●

CERCHIATURA CON PROFILI IN ACCIAIO

ASPETTI OPERATIVI	
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI	16 / 18
Progettazione	
<i>Riferimento a schemi di calcolo predefiniti</i>	● ● ● ●
<i>Standardizzazione</i>	● ● ● ●
<i>Modularità</i>	● ● ● ●
Realizzazione	
<i>Praticità delle lavorazioni</i>	● ● ● ●
<i>Facilità di reperire il materiale</i>	● ● ● ●
<i>Possibilità di prefabbricazione e/o preassemblaggio</i>	● ● ● ●
CARATTERISTICHE DIPENDENTI	22 / 27
Applicazione	
<i>Realizzabile anche senza preconsolidamento</i>	● ● ● ●
<i>Realizzabile anche in presenza di macerie</i>	● ● ● ●
<i>Adattabilità a conformazioni geometriche irregolari</i>	● ● ● ●
Sicurezza	
<i>Realizzabile a distanza</i>	● ● ● ●
<i>Realizzabile dall'esterno</i>	● ● ● ●
<i>Velocità di posa in opera</i>	● ● ● ●
Ingombro	
<i>Non ostacola il transito nelle aree circostanti</i>	● ● ● ●
<i>Non ostacola l'accessibilità/fruibilità dell'edificio</i>	● ● ● ●
<i>Non ostacola la realizzazione degli interventi successivi</i>	● ● ● ●
ASPETTI STRUTTURALI	
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI	14 / 15
Interazione con struttura in campo statico	
<i>Compatibilità delle dilatazioni</i>	● ● ● ●
<i>Sistema attivo</i>	● ● ● ●
Interazione con struttura in campo dinamico	
<i>Non incrementa la massa dell'edificio</i>	● ● ● ●
<i>Assenza di variazioni di rigidità</i>	● ● ● ●
<i>Assenza di fenomeni di martellamento</i>	● ● ● ●

ALLEGATI

CARATTERISTICHE DIPENDENTI		12 / 15
Efficacia del sistema in funzione del danno		
<i>Efficacia del sistema per livello di danno D1 e D2</i>		● ● ●
<i>Efficacia del sistema per livello di danno D3 e D4</i>		● ● ●
<i>Efficacia del sistema per livello di danno D5</i>		● ● ●
Durabilità		
<i>Resistenza al deterioramento</i>		● ● ●
<i>Facilità di manutenzione</i>		● ● ●
ASPETTI CONSERVATIVI		
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI		13 / 15
Reversibilità		
<i>Facilità di rimozione</i>		● ● ●
<i>Stato di conservazione della struttura dopo la rimozione</i>		● ● ●
Compatibilità		
<i>Compatibilità chimico-fisica con i materiali originari</i>		● ● ●
<i>Integrazione con la struttura architettonica</i>		● ● ●
Minimo intervento		
<i>Rapporto efficacia/invasività</i>		● ● ●
CARATTERISTICHE DIPENDENTI		7 / 9
Rispetto degli elementi di valore		
<i>Applicabile in presenza di stucchi ed elementi decorativi</i>		● ● ●
<i>Applicabile in presenza di superfici affrescate</i>		● ● ●
<i>Applicabile in presenza di muratura faccia a vista</i>		● ● ●
ASPETTI ECONOMICI		
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI		15 / 18
Economicità		
<i>Economicità del materiale</i>		● ● ●
<i>Economicità delle lavorazioni</i>		● ● ●
<i>Economicità della manutenzione</i>		● ● ●
<i>Rapporto efficacia/costo</i>		● ● ●
Possibilità di riutilizzo		
<i>Possibile riuso del materiale in altri interventi</i>		● ● ●
<i>Supporto per interventi successivi</i>		● ● ●

CERCHIATURA CON CAVI IN ACCIAIO

ASPETTI OPERATIVI	
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI	16 / 18
Progettazione	
<i>Riferimento a schemi di calcolo predefiniti</i>	● ● ● ●
<i>Standardizzazione</i>	● ● ● ●
<i>Modularità</i>	● ● ● ●
Realizzazione	
<i>Praticità delle lavorazioni</i>	● ● ● ●
<i>Facilità di reperire il materiale</i>	● ● ● ●
<i>Possibilità di prefabbricazione e/o preassemblaggio</i>	● ● ● ●
CARATTERISTICHE DIPENDENTI	22 / 27
Applicazione	
<i>Realizzabile anche senza preconsolidamento</i>	● ● ● ●
<i>Realizzabile anche in presenza di macerie</i>	● ● ● ●
<i>Adattabilità a conformazioni geometriche irregolari</i>	● ● ● ●
Sicurezza	
<i>Realizzabile a distanza</i>	● ● ● ●
<i>Realizzabile dall'esterno</i>	● ● ● ●
<i>Velocità di posa in opera</i>	● ● ● ●
Ingombro	
<i>Non ostacola il transito nelle aree circostanti</i>	● ● ● ●
<i>Non ostacola l'accessibilità/fruibilità dell'edificio</i>	● ● ● ●
<i>Non ostacola la realizzazione degli interventi successivi</i>	● ● ● ●
ASPETTI STRUTTURALI	
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI	14 / 15
Interazione con struttura in campo statico	
<i>Compatibilità delle dilatazioni</i>	● ● ● ●
<i>Sistema attivo</i>	● ● ● ●
Interazione con struttura in campo dinamico	
<i>Non incrementa la massa dell'edificio</i>	● ● ● ●
<i>Assenza di variazioni di rigidità</i>	● ● ● ●
<i>Assenza di fenomeni di martellamento</i>	● ● ● ●

ALLEGATI

CARATTERISTICHE DIPENDENTI		10 / 15
Efficacia del sistema in funzione del danno		
<i>Efficacia del sistema per livello di danno D1 e D2</i>		● ● ●
<i>Efficacia del sistema per livello di danno D3 e D4</i>		● ● ●
<i>Efficacia del sistema per livello di danno D5</i>		● ● ●
Durabilità		
<i>Resistenza al deterioramento</i>		● ● ●
<i>Facilità di manutenzione</i>		● ● ●
ASPETTI CONSERVATIVI		
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI		13 / 15
Reversibilità		
<i>Facilità di rimozione</i>		● ● ●
<i>Stato di conservazione della struttura dopo la rimozione</i>		● ● ●
Compatibilità		
<i>Compatibilità chimico-fisica con i materiali originari</i>		● ● ●
<i>Integrazione con la struttura architettonica</i>		● ● ●
Minimo intervento		
<i>Rapporto efficacia/invasività</i>		● ● ●
CARATTERISTICHE DIPENDENTI		7 / 9
Rispetto degli elementi di valore		
<i>Applicabile in presenza di stucchi ed elementi decorativi</i>		● ● ●
<i>Applicabile in presenza di superfici affrescate</i>		● ● ●
<i>Applicabile in presenza di muratura faccia a vista</i>		● ● ●
ASPETTI ECONOMICI		
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI		14 / 18
Economicità		
<i>Economicità del materiale</i>		● ● ●
<i>Economicità delle lavorazioni</i>		● ● ●
<i>Economicità della manutenzione</i>		● ● ●
<i>Rapporto efficacia/costo</i>		● ● ●
Possibilità di riutilizzo		
<i>Possibile riuso del materiale in altri interventi</i>		● ● ●
<i>Supporto per interventi successivi</i>		● ● ●

CERCHIATURA CON FASCE IN POLIESTERE

ASPETTI OPERATIVI	
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI	16 / 18
Progettazione	
<i>Riferimento a schemi di calcolo predefiniti</i>	● ● ● ●
<i>Standardizzazione</i>	● ● ● ●
<i>Modularità</i>	● ● ● ●
Realizzazione	
<i>Praticità delle lavorazioni</i>	● ● ● ●
<i>Facilità di reperire il materiale</i>	● ● ● ●
<i>Possibilità di prefabbricazione e/o preassemblaggio</i>	● ● ● ●
CARATTERISTICHE DIPENDENTI	23 / 27
Applicazione	
<i>Realizzabile anche senza preconsolidamento</i>	● ● ● ●
<i>Realizzabile anche in presenza di macerie</i>	● ● ● ●
<i>Adattabilità a conformazioni geometriche irregolari</i>	● ● ● ●
Sicurezza	
<i>Realizzabile a distanza</i>	● ● ● ●
<i>Realizzabile dall'esterno</i>	● ● ● ●
<i>Velocità di posa in opera</i>	● ● ● ●
Ingombro	
<i>Non ostacola il transito nelle aree circostanti</i>	● ● ● ●
<i>Non ostacola l'accessibilità/fruibilità dell'edificio</i>	● ● ● ●
<i>Non ostacola la realizzazione degli interventi successivi</i>	● ● ● ●
ASPETTI STRUTTURALI	
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI	14 / 15
Interazione con struttura in campo statico	
<i>Compatibilità delle dilatazioni</i>	● ● ● ●
<i>Sistema attivo</i>	● ● ● ●
Interazione con struttura in campo dinamico	
<i>Non incrementa la massa dell'edificio</i>	● ● ● ●
<i>Assenza di variazioni di rigidità</i>	● ● ● ●
<i>Assenza di fenomeni di martellamento</i>	● ● ● ●

ALLEGATI

CARATTERISTICHE DIPENDENTI		10 / 15
Efficacia del sistema in funzione del danno		
<i>Efficacia del sistema per livello di danno D1 e D2</i>		● ● ●
<i>Efficacia del sistema per livello di danno D3 e D4</i>		● ● ●
<i>Efficacia del sistema per livello di danno D5</i>		● ● ●
Durabilità		
<i>Resistenza al deterioramento</i>		● ● ●
<i>Facilità di manutenzione</i>		● ● ●
ASPETTI CONSERVATIVI		
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI		12 / 15
Reversibilità		
<i>Facilità di rimozione</i>		● ● ●
<i>Stato di conservazione della struttura dopo la rimozione</i>		● ● ●
Compatibilità		
<i>Compatibilità chimico-fisica con i materiali originari</i>		● ● ●
<i>Integrazione con la struttura architettonica</i>		● ● ●
Minimo intervento		
<i>Rapporto efficacia/invasività</i>		● ● ●
CARATTERISTICHE DIPENDENTI		7 / 9
Rispetto degli elementi di valore		
<i>Applicabile in presenza di stucchi ed elementi decorativi</i>		● ● ●
<i>Applicabile in presenza di superfici affrescate</i>		● ● ●
<i>Applicabile in presenza di muratura faccia a vista</i>		● ● ●
ASPETTI ECONOMICI		
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI		11 / 18
Economicità		
<i>Economicità del materiale</i>		● ● ●
<i>Economicità delle lavorazioni</i>		● ● ●
<i>Economicità della manutenzione</i>		● ● ●
<i>Rapporto efficacia/costo</i>		● ● ●
Possibilità di riutilizzo		
<i>Possibile riuso del materiale in altri interventi</i>		● ● ●
<i>Supporto per interventi successivi</i>		● ● ●

CERCHIATURA CON MATERIALE FIBRORINFORZATO

ASPETTI OPERATIVI	
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI	16 / 18
Progettazione	
<i>Riferimento a schemi di calcolo predefiniti</i>	● ● ● ●
<i>Standardizzazione</i>	● ● ● ●
<i>Modularità</i>	● ● ● ●
Realizzazione	
<i>Praticità delle lavorazioni</i>	● ● ● ●
<i>Facilità di reperire il materiale</i>	● ● ● ●
<i>Possibilità di prefabbricazione e/o preassemblaggio</i>	● ● ● ●
CARATTERISTICHE DIPENDENTI	23 / 27
Applicazione	
<i>Realizzabile anche senza preconsolidamento</i>	● ● ● ●
<i>Realizzabile anche in presenza di macerie</i>	● ● ● ●
<i>Adattabilità a conformazioni geometriche irregolari</i>	● ● ● ●
Sicurezza	
<i>Realizzabile a distanza</i>	● ● ● ●
<i>Realizzabile dall'esterno</i>	● ● ● ●
<i>Velocità di posa in opera</i>	● ● ● ●
Ingombro	
<i>Non ostacola il transito nelle aree circostanti</i>	● ● ● ●
<i>Non ostacola l'accessibilità/fruibilità dell'edificio</i>	● ● ● ●
<i>Non ostacola la realizzazione degli interventi successivi</i>	● ● ● ●
ASPETTI STRUTTURALI	
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI	14 / 15
Interazione con struttura in campo statico	
<i>Compatibilità delle dilatazioni</i>	● ● ● ●
<i>Sistema attivo</i>	● ● ● ●
Interazione con struttura in campo dinamico	
<i>Non incrementa la massa dell'edificio</i>	● ● ● ●
<i>Assenza di variazioni di rigidità</i>	● ● ● ●
<i>Assenza di fenomeni di martellamento</i>	● ● ● ●

ALLEGATI

CARATTERISTICHE DIPENDENTI		11 / 15
Efficacia del sistema in funzione del danno		
<i>Efficacia del sistema per livello di danno D1 e D2</i>		● ● ●
<i>Efficacia del sistema per livello di danno D3 e D4</i>		● ● ●
<i>Efficacia del sistema per livello di danno D5</i>		● ● ●
Durabilità		
<i>Resistenza al deterioramento</i>		● ● ●
<i>Facilità di manutenzione</i>		● ● ●
ASPETTI CONSERVATIVI		
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI		8 / 15
Reversibilità		
<i>Facilità di rimozione</i>		● ● ●
<i>Stato di conservazione della struttura dopo la rimozione</i>		● ● ●
Compatibilità		
<i>Compatibilità chimico-fisica con i materiali originari</i>		● ● ●
<i>Integrazione con la struttura architettonica</i>		● ● ●
Minimo intervento		
<i>Rapporto efficacia/invasività</i>		● ● ●
CARATTERISTICHE DIPENDENTI		3 / 9
Rispetto degli elementi di valore		
<i>Applicabile in presenza di stucchi ed elementi decorativi</i>		● ● ●
<i>Applicabile in presenza di superfici affrescate</i>		● ● ●
<i>Applicabile in presenza di muratura faccia a vista</i>		● ● ●
ASPETTI ECONOMICI		
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI		9 / 18
Economicità		
<i>Economicità del materiale</i>		● ● ●
<i>Economicità delle lavorazioni</i>		● ● ●
<i>Economicità della manutenzione</i>		● ● ●
<i>Rapporto efficacia/costo</i>		● ● ●
Possibilità di riutilizzo		
<i>Possibile riuso del materiale in altri interventi</i>		● ● ●
<i>Supporto per interventi successivi</i>		● ● ●

CERCHIATURA DI CONFINAMENTO IN ACCIAIO

ASPETTI OPERATIVI	
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI	17 / 18
Progettazione	
<i>Riferimento a schemi di calcolo predefiniti</i>	● ● ●
<i>Standardizzazione</i>	● ● ●
<i>Modularità</i>	● ● ●
Realizzazione	
<i>Praticità delle lavorazioni</i>	● ● ●
<i>Facilità di reperire il materiale</i>	● ● ●
<i>Possibilità di prefabbricazione e/o preassemblaggio</i>	● ● ●
CARATTERISTICHE DIPENDENTI	22 / 27
Applicazione	
<i>Realizzabile anche senza preconsolidamento</i>	● ● ●
<i>Realizzabile anche in presenza di macerie</i>	● ● ●
<i>Adattabilità a conformazioni geometriche irregolari</i>	● ● ●
Sicurezza	
<i>Realizzabile a distanza</i>	● ● ●
<i>Realizzabile dall'esterno</i>	● ● ●
<i>Velocità di posa in opera</i>	● ● ●
Ingombro	
<i>Non ostacola il transito nelle aree circostanti</i>	● ● ●
<i>Non ostacola l'accessibilità/fruibilità dell'edificio</i>	● ● ●
<i>Non ostacola la realizzazione degli interventi successivi</i>	● ● ●
ASPETTI STRUTTURALI	
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI	12 / 15
Interazione con struttura in campo statico	
<i>Compatibilità delle dilatazioni</i>	● ● ●
<i>Sistema attivo</i>	● ● ●
Interazione con struttura in campo dinamico	
<i>Non incrementa la massa dell'edificio</i>	● ● ●
<i>Assenza di variazioni di rigidità</i>	● ● ●
<i>Assenza di fenomeni di martellamento</i>	● ● ●

ALLEGATI

CARATTERISTICHE DIPENDENTI		13 / 15
Efficacia del sistema in funzione del danno		
<i>Efficacia del sistema per livello di danno D1 e D2</i>		● ● ●
<i>Efficacia del sistema per livello di danno D3 e D4</i>		● ● ●
<i>Efficacia del sistema per livello di danno D5</i>		● ● ●
Durabilità		
<i>Resistenza al deterioramento</i>		● ● ●
<i>Facilità di manutenzione</i>		● ● ●
ASPETTI CONSERVATIVI		
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI		11 / 15
Reversibilità		
<i>Facilità di rimozione</i>		● ● ●
<i>Stato di conservazione della struttura dopo la rimozione</i>		● ● ●
Compatibilità		
<i>Compatibilità chimico-fisica con i materiali originari</i>		● ● ●
<i>Integrazione con la struttura architettonica</i>		● ● ●
Minimo intervento		
<i>Rapporto efficacia/invasività</i>		● ● ●
CARATTERISTICHE DIPENDENTI		6 / 9
Rispetto degli elementi di valore		
<i>Applicabile in presenza di stucchi ed elementi decorativi</i>		● ● ●
<i>Applicabile in presenza di superfici affrescate</i>		● ● ●
<i>Applicabile in presenza di muratura faccia a vista</i>		● ● ●
ASPETTI ECONOMICI		
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI		12 / 18
Economicità		
<i>Economicità del materiale</i>		● ● ●
<i>Economicità delle lavorazioni</i>		● ● ●
<i>Economicità della manutenzione</i>		● ● ●
<i>Rapporto efficacia/costo</i>		● ● ●
Possibilità di riutilizzo		
<i>Possibile riuso del materiale in altri interventi</i>		● ● ●
<i>Supporto per interventi successivi</i>		● ● ●

CERCHIATURA DI CONFINAMENTO CON FASCE IN POLIESTERE

ASPETTI OPERATIVI	
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI	18 / 18
Progettazione	
<i>Riferimento a schemi di calcolo predefiniti</i>	● ● ●
<i>Standardizzazione</i>	● ● ●
<i>Modularità</i>	● ● ●
Realizzazione	
<i>Praticità delle lavorazioni</i>	● ● ●
<i>Facilità di reperire il materiale</i>	● ● ●
<i>Possibilità di prefabbricazione e/o preassemblaggio</i>	● ● ●
CARATTERISTICHE DIPENDENTI	24 / 27
Applicazione	
<i>Realizzabile anche senza preconsolidamento</i>	● ● ●
<i>Realizzabile anche in presenza di macerie</i>	● ● ●
<i>Adattabilità a conformazioni geometriche irregolari</i>	● ● ●
Sicurezza	
<i>Realizzabile a distanza</i>	● ● ●
<i>Realizzabile dall'esterno</i>	● ● ●
<i>Velocità di posa in opera</i>	● ● ●
Ingombro	
<i>Non ostacola il transito nelle aree circostanti</i>	● ● ●
<i>Non ostacola l'accessibilità/fruibilità dell'edificio</i>	● ● ●
<i>Non ostacola la realizzazione degli interventi successivi</i>	● ● ●
ASPETTI STRUTTURALI	
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI	14 / 15
Interazione con struttura in campo statico	
<i>Compatibilità delle dilatazioni</i>	● ● ●
<i>Sistema attivo</i>	● ● ●
Interazione con struttura in campo dinamico	
<i>Non incrementa la massa dell'edificio</i>	● ● ●
<i>Assenza di variazioni di rigidità</i>	● ● ●
<i>Assenza di fenomeni di martellamento</i>	● ● ●

ALLEGATI

CARATTERISTICHE DIPENDENTI		11 / 15
Efficacia del sistema in funzione del danno		
<i>Efficacia del sistema per livello di danno D1 e D2</i>		● ● ●
<i>Efficacia del sistema per livello di danno D3 e D4</i>		● ● ●
<i>Efficacia del sistema per livello di danno D5</i>		● ● ●
Durabilità		
<i>Resistenza al deterioramento</i>		● ● ●
<i>Facilità di manutenzione</i>		● ● ●
ASPETTI CONSERVATIVI		
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI		14 / 15
Reversibilità		
<i>Facilità di rimozione</i>		● ● ●
<i>Stato di conservazione della struttura dopo la rimozione</i>		● ● ●
Compatibilità		
<i>Compatibilità chimico-fisica con i materiali originari</i>		● ● ●
<i>Integrazione con la struttura architettonica</i>		● ● ●
Minimo intervento		
<i>Rapporto efficacia/invasività</i>		● ● ●
CARATTERISTICHE DIPENDENTI		8 / 9
Rispetto degli elementi di valore		
<i>Applicabile in presenza di stucchi ed elementi decorativi</i>		● ● ●
<i>Applicabile in presenza di superfici affrescate</i>		● ● ●
<i>Applicabile in presenza di muratura faccia a vista</i>		● ● ●
ASPETTI ECONOMICI		
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI		13 / 18
Economicità		
<i>Economicità del materiale</i>		● ● ●
<i>Economicità delle lavorazioni</i>		● ● ●
<i>Economicità della manutenzione</i>		● ● ●
<i>Rapporto efficacia/costo</i>		● ● ●
Possibilità di riutilizzo		
<i>Possibile riuso del materiale in altri interventi</i>		● ● ●
<i>Supporto per interventi successivi</i>		● ● ●

CERCHIATURA DI CONFINAMENTO IN MATERIALE FIBRORINFORZATO

ASPETTI OPERATIVI	
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI	17 / 18
Progettazione	
<i>Riferimento a schemi di calcolo predefiniti</i>	● ● ●
<i>Standardizzazione</i>	● ● ●
<i>Modularità</i>	● ● ●
Realizzazione	
<i>Praticità delle lavorazioni</i>	● ● ●
<i>Facilità di reperire il materiale</i>	● ● ●
<i>Possibilità di prefabbricazione e/o preassemblaggio</i>	● ● ●
CARATTERISTICHE DIPENDENTI	22 / 27
Applicazione	
<i>Realizzabile anche senza preconsolidamento</i>	● ● ●
<i>Realizzabile anche in presenza di macerie</i>	● ● ●
<i>Adattabilità a conformazioni geometriche irregolari</i>	● ● ●
Sicurezza	
<i>Realizzabile a distanza</i>	● ● ●
<i>Realizzabile dall'esterno</i>	● ● ●
<i>Velocità di posa in opera</i>	● ● ●
Ingombro	
<i>Non ostacola il transito nelle aree circostanti</i>	● ● ●
<i>Non ostacola l'accessibilità/fruibilità dell'edificio</i>	● ● ●
<i>Non ostacola la realizzazione degli interventi successivi</i>	● ● ●
ASPETTI STRUTTURALI	
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI	13 / 15
Interazione con struttura in campo statico	
<i>Compatibilità delle dilatazioni</i>	● ● ●
<i>Sistema attivo</i>	● ● ●
Interazione con struttura in campo dinamico	
<i>Non incrementa la massa dell'edificio</i>	● ● ●
<i>Assenza di variazioni di rigidità</i>	● ● ●
<i>Assenza di fenomeni di martellamento</i>	● ● ●

ALLEGATI

CARATTERISTICHE DIPENDENTI		11 / 15
Efficacia del sistema in funzione del danno		
<i>Efficacia del sistema per livello di danno D1 e D2</i>		● ● ●
<i>Efficacia del sistema per livello di danno D3 e D4</i>		● ● ●
<i>Efficacia del sistema per livello di danno D5</i>		● ● ●
Durabilità		
<i>Resistenza al deterioramento</i>		● ● ●
<i>Facilità di manutenzione</i>		● ● ●
ASPETTI CONSERVATIVI		
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI		10 / 15
Reversibilità		
<i>Facilità di rimozione</i>		● ● ●
<i>Stato di conservazione della struttura dopo la rimozione</i>		● ● ●
Compatibilità		
<i>Compatibilità chimico-fisica con i materiali originari</i>		● ● ●
<i>Integrazione con la struttura architettonica</i>		● ● ●
Minimo intervento		
<i>Rapporto efficacia/invasività</i>		● ● ●
CARATTERISTICHE DIPENDENTI		5 / 9
Rispetto degli elementi di valore		
<i>Applicabile in presenza di stucchi ed elementi decorativi</i>		● ● ●
<i>Applicabile in presenza di superfici affrescate</i>		● ● ●
<i>Applicabile in presenza di muratura faccia a vista</i>		● ● ●
ASPETTI ECONOMICI		
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI		11 / 18
Economicità		
<i>Economicità del materiale</i>		● ● ●
<i>Economicità delle lavorazioni</i>		● ● ●
<i>Economicità della manutenzione</i>		● ● ●
<i>Rapporto efficacia/costo</i>		● ● ●
Possibilità di riutilizzo		
<i>Possibile riuso del materiale in altri interventi</i>		● ● ●
<i>Supporto per interventi successivi</i>		● ● ●

INCAMICIATURA IN LEGNO E ACCIAIO

ASPETTI OPERATIVI	
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI	10 / 18
Progettazione	
<i>Riferimento a schemi di calcolo predefiniti</i>	● ● ●
<i>Standardizzazione</i>	● ● ●
<i>Modularità</i>	● ● ●
Realizzazione	
<i>Praticità delle lavorazioni</i>	● ● ●
<i>Facilità di reperire il materiale</i>	● ● ●
<i>Possibilità di prefabbricazione e/o preassemblaggio</i>	● ● ●
CARATTERISTICHE DIPENDENTI	18 / 27
Applicazione	
<i>Realizzabile anche senza preconsolidamento</i>	● ● ●
<i>Realizzabile anche in presenza di macerie</i>	● ● ●
<i>Adattabilità a conformazioni geometriche irregolari</i>	● ● ●
Sicurezza	
<i>Realizzabile a distanza</i>	● ● ●
<i>Realizzabile dall'esterno</i>	● ● ●
<i>Velocità di posa in opera</i>	● ● ●
Ingombro	
<i>Non ostacola il transito nelle aree circostanti</i>	● ● ●
<i>Non ostacola l'accessibilità/fruibilità dell'edificio</i>	● ● ●
<i>Non ostacola la realizzazione degli interventi successivi</i>	● ● ●
ASPETTI STRUTTURALI	
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI	13 / 15
Interazione con struttura in campo statico	
<i>Compatibilità delle dilatazioni</i>	● ● ●
<i>Sistema attivo</i>	● ● ●
Interazione con struttura in campo dinamico	
<i>Non incrementa la massa dell'edificio</i>	● ● ●
<i>Assenza di variazioni di rigidità</i>	● ● ●
<i>Assenza di fenomeni di martellamento</i>	● ● ●

ALLEGATI

CARATTERISTICHE DIPENDENTI		12 / 15
Efficacia del sistema in funzione del danno		
<i>Efficacia del sistema per livello di danno D1 e D2</i>		● ● ●
<i>Efficacia del sistema per livello di danno D3 e D4</i>		● ● ●
<i>Efficacia del sistema per livello di danno D5</i>		● ● ●
Durabilità		
<i>Resistenza al deterioramento</i>		● ● ●
<i>Facilità di manutenzione</i>		● ● ●
ASPETTI CONSERVATIVI		
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI		12 / 15
Reversibilità		
<i>Facilità di rimozione</i>		● ● ●
<i>Stato di conservazione della struttura dopo la rimozione</i>		● ● ●
Compatibilità		
<i>Compatibilità chimico-fisica con i materiali originari</i>		● ● ●
<i>Integrazione con la struttura architettonica</i>		● ● ●
Minimo intervento		
<i>Rapporto efficacia/invasività</i>		● ● ●
CARATTERISTICHE DIPENDENTI		4 / 9
Rispetto degli elementi di valore		
<i>Applicabile in presenza di stucchi ed elementi decorativi</i>		● ● ●
<i>Applicabile in presenza di superfici affrescate</i>		● ● ●
<i>Applicabile in presenza di muratura faccia a vista</i>		● ● ●
ASPETTI ECONOMICI		
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI		13 / 18
Economicità		
<i>Economicità del materiale</i>		● ● ●
<i>Economicità delle lavorazioni</i>		● ● ●
<i>Economicità della manutenzione</i>		● ● ●
<i>Rapporto efficacia/costo</i>		● ● ●
Possibilità di riutilizzo		
<i>Possibile riuso del materiale in altri interventi</i>		● ● ●
<i>Supporto per interventi successivi</i>		● ● ●

PLACCAGGIO IN MATERIALE FIBRORINFORZATO

ASPETTI OPERATIVI	
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI	16 / 18
Progettazione	
<i>Riferimento a schemi di calcolo predefiniti</i>	● ● ● ●
<i>Standardizzazione</i>	● ● ● ●
<i>Modularità</i>	● ● ● ●
Realizzazione	
<i>Praticità delle lavorazioni</i>	● ● ● ●
<i>Facilità di reperire il materiale</i>	● ● ● ●
<i>Possibilità di prefabbricazione e/o preassemblaggio</i>	● ● ● ●
CARATTERISTICHE DIPENDENTI	22 / 27
Applicazione	
<i>Realizzabile anche senza preconsolidamento</i>	● ● ● ●
<i>Realizzabile anche in presenza di macerie</i>	● ● ● ●
<i>Adattabilità a conformazioni geometriche irregolari</i>	● ● ● ●
Sicurezza	
<i>Realizzabile a distanza</i>	● ● ● ●
<i>Realizzabile dall'esterno</i>	● ● ● ●
<i>Velocità di posa in opera</i>	● ● ● ●
Ingombro	
<i>Non ostacola il transito nelle aree circostanti</i>	● ● ● ●
<i>Non ostacola l'accessibilità/fruibilità dell'edificio</i>	● ● ● ●
<i>Non ostacola la realizzazione degli interventi successivi</i>	● ● ● ●
ASPETTI STRUTTURALI	
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI	14 / 15
Interazione con struttura in campo statico	
<i>Compatibilità delle dilatazioni</i>	● ● ● ●
<i>Sistema attivo</i>	● ● ● ●
Interazione con struttura in campo dinamico	
<i>Non incrementa la massa dell'edificio</i>	● ● ● ●
<i>Assenza di variazioni di rigidità</i>	● ● ● ●
<i>Assenza di fenomeni di martellamento</i>	● ● ● ●

ALLEGATI

CARATTERISTICHE DIPENDENTI		11 / 15
Efficacia del sistema in funzione del danno		
<i>Efficacia del sistema per livello di danno D1 e D2</i>		● ● ●
<i>Efficacia del sistema per livello di danno D3 e D4</i>		● ● ●
<i>Efficacia del sistema per livello di danno D5</i>		● ● ●
Durabilità		
<i>Resistenza al deterioramento</i>		● ● ●
<i>Facilità di manutenzione</i>		● ● ●
ASPETTI CONSERVATIVI		
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI		8 / 15
Reversibilità		
<i>Facilità di rimozione</i>		● ● ●
<i>Stato di conservazione della struttura dopo la rimozione</i>		● ● ●
Compatibilità		
<i>Compatibilità chimico-fisica con i materiali originari</i>		● ● ●
<i>Integrazione con la struttura architettonica</i>		● ● ●
Minimo intervento		
<i>Rapporto efficacia/invasività</i>		● ● ●
CARATTERISTICHE DIPENDENTI		3 / 9
Rispetto degli elementi di valore		
<i>Applicabile in presenza di stucchi ed elementi decorativi</i>		● ● ●
<i>Applicabile in presenza di superfici affrescate</i>		● ● ●
<i>Applicabile in presenza di muratura faccia a vista</i>		● ● ●
ASPETTI ECONOMICI		
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI		9 / 18
Economicità		
<i>Economicità del materiale</i>		● ● ●
<i>Economicità delle lavorazioni</i>		● ● ●
<i>Economicità della manutenzione</i>		● ● ●
<i>Rapporto efficacia/costo</i>		● ● ●
Possibilità di riutilizzo		
<i>Possibile riuso del materiale in altri interventi</i>		● ● ●
<i>Supporto per interventi successivi</i>		● ● ●

SBADACCHIATURA IN LEGNO

ASPETTI OPERATIVI	
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI	14 / 18
Progettazione	
<i>Riferimento a schemi di calcolo predefiniti</i>	● ● ●
<i>Standardizzazione</i>	● ● ●
<i>Modularità</i>	● ● ●
Realizzazione	
<i>Praticità delle lavorazioni</i>	● ● ●
<i>Facilità di reperire il materiale</i>	● ● ●
<i>Possibilità di prefabbricazione e/o preassemblaggio</i>	● ● ●
CARATTERISTICHE DIPENDENTI	25 / 27
Applicazione	
<i>Realizzabile anche senza preconsolidamento</i>	● ● ●
<i>Realizzabile anche in presenza di macerie</i>	● ● ●
<i>Adattabilità a conformazioni geometriche irregolari</i>	● ● ●
Sicurezza	
<i>Realizzabile a distanza</i>	● ● ●
<i>Realizzabile dall'esterno</i>	● ● ●
<i>Velocità di posa in opera</i>	● ● ●
Ingombro	
<i>Non ostacola il transito nelle aree circostanti</i>	● ● ●
<i>Non ostacola l'accessibilità/fruibilità dell'edificio</i>	● ● ●
<i>Non ostacola la realizzazione degli interventi successivi</i>	● ● ●
ASPETTI STRUTTURALI	
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI	12 / 15
Interazione con struttura in campo statico	
<i>Compatibilità delle dilatazioni</i>	● ● ●
<i>Sistema attivo</i>	● ● ●
Interazione con struttura in campo dinamico	
<i>Non incrementa la massa dell'edificio</i>	● ● ●
<i>Assenza di variazioni di rigidità</i>	● ● ●
<i>Assenza di fenomeni di martellamento</i>	● ● ●

ALLEGATI

CARATTERISTICHE DIPENDENTI		12 / 15
Efficacia del sistema in funzione del danno		
<i>Efficacia del sistema per livello di danno D1 e D2</i>		● ● ●
<i>Efficacia del sistema per livello di danno D3 e D4</i>		● ● ●
<i>Efficacia del sistema per livello di danno D5</i>		● ● ●
Durabilità		
<i>Resistenza al deterioramento</i>		● ● ●
<i>Facilità di manutenzione</i>		● ● ●
ASPETTI CONSERVATIVI		
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI		12 / 15
Reversibilità		
<i>Facilità di rimozione</i>		● ● ●
<i>Stato di conservazione della struttura dopo la rimozione</i>		● ● ●
Compatibilità		
<i>Compatibilità chimico-fisica con i materiali originari</i>		● ● ●
<i>Integrazione con la struttura architettonica</i>		● ● ●
Minimo intervento		
<i>Rapporto efficacia/invasività</i>		● ● ●
CARATTERISTICHE DIPENDENTI		8 / 9
Rispetto degli elementi di valore		
<i>Applicabile in presenza di stucchi ed elementi decorativi</i>		● ● ●
<i>Applicabile in presenza di superfici affrescate</i>		● ● ●
<i>Applicabile in presenza di muratura faccia a vista</i>		● ● ●
ASPETTI ECONOMICI		
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI		14 / 18
Economicità		
<i>Economicità del materiale</i>		● ● ●
<i>Economicità delle lavorazioni</i>		● ● ●
<i>Economicità della manutenzione</i>		● ● ●
<i>Rapporto efficacia/costo</i>		● ● ●
Possibilità di riutilizzo		
<i>Possibile riuso del materiale in altri interventi</i>		● ● ●
<i>Supporto per interventi successivi</i>		● ● ●

TAMPONATURA IN MURATURA

ASPETTI OPERATIVI	
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI	9 / 18
Progettazione	
<i>Riferimento a schemi di calcolo predefiniti</i>	● ● ●
<i>Standardizzazione</i>	● ● ●
<i>Modularità</i>	● ● ●
Realizzazione	
<i>Praticità delle lavorazioni</i>	● ● ●
<i>Facilità di reperire il materiale</i>	● ● ●
<i>Possibilità di prefabbricazione e/o preassemblaggio</i>	● ● ●
CARATTERISTICHE DIPENDENTI	20 / 27
Applicazione	
<i>Realizzabile anche senza preconsolidamento</i>	● ● ●
<i>Realizzabile anche in presenza di macerie</i>	● ● ●
<i>Adattabilità a conformazioni geometriche irregolari</i>	● ● ●
Sicurezza	
<i>Realizzabile a distanza</i>	● ● ●
<i>Realizzabile dall'esterno</i>	● ● ●
<i>Velocità di posa in opera</i>	● ● ●
Ingombro	
<i>Non ostacola il transito nelle aree circostanti</i>	● ● ●
<i>Non ostacola l'accessibilità/fruibilità dell'edificio</i>	● ● ●
<i>Non ostacola la realizzazione degli interventi successivi</i>	● ● ●
ASPETTI STRUTTURALI	
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI	9 / 15
Interazione con struttura in campo statico	
<i>Compatibilità delle dilatazioni</i>	● ● ●
<i>Sistema attivo</i>	● ● ●
Interazione con struttura in campo dinamico	
<i>Non incrementa la massa dell'edificio</i>	● ● ●
<i>Assenza di variazioni di rigidità</i>	● ● ●
<i>Assenza di fenomeni di martellamento</i>	● ● ●

ALLEGATI

CARATTERISTICHE DIPENDENTI		15 / 15
Efficacia del sistema in funzione del danno		
<i>Efficacia del sistema per livello di danno D1 e D2</i>		● ● ●
<i>Efficacia del sistema per livello di danno D3 e D4</i>		● ● ●
<i>Efficacia del sistema per livello di danno D5</i>		● ● ●
Durabilità		
<i>Resistenza al deterioramento</i>		● ● ●
<i>Facilità di manutenzione</i>		● ● ●
ASPETTI CONSERVATIVI		
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI		9 / 15
Reversibilità		
<i>Facilità di rimozione</i>		● ● ●
<i>Stato di conservazione della struttura dopo la rimozione</i>		● ● ●
Compatibilità		
<i>Compatibilità chimico-fisica con i materiali originari</i>		● ● ●
<i>Integrazione con la struttura architettonica</i>		● ● ●
Minimo intervento		
<i>Rapporto efficacia/invasività</i>		● ● ●
CARATTERISTICHE DIPENDENTI		5 / 9
Rispetto degli elementi di valore		
<i>Applicabile in presenza di stucchi ed elementi decorativi</i>		● ● ●
<i>Applicabile in presenza di superfici affrescate</i>		● ● ●
<i>Applicabile in presenza di muratura faccia a vista</i>		● ● ●
ASPETTI ECONOMICI		
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI		13 / 18
Economicità		
<i>Economicità del materiale</i>		● ● ●
<i>Economicità delle lavorazioni</i>		● ● ●
<i>Economicità della manutenzione</i>		● ● ●
<i>Rapporto efficacia/costo</i>		● ● ●
Possibilità di riutilizzo		
<i>Possibile riuso del materiale in altri interventi</i>		● ● ●
<i>Supporto per interventi successivi</i>		● ● ●

SBADACCHIATURA CON TELAIO IN ACCIAIO

ASPETTI OPERATIVI	
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI	10 / 18
Progettazione	
<i>Riferimento a schemi di calcolo predefiniti</i>	● ● ●
<i>Standardizzazione</i>	● ● ●
<i>Modularità</i>	● ● ●
Realizzazione	
<i>Praticità delle lavorazioni</i>	● ● ●
<i>Facilità di reperire il materiale</i>	● ● ●
<i>Possibilità di prefabbricazione e/o preassemblaggio</i>	● ● ●
CARATTERISTICHE DIPENDENTI	20 / 27
Applicazione	
<i>Realizzabile anche senza preconsolidamento</i>	● ● ●
<i>Realizzabile anche in presenza di macerie</i>	● ● ●
<i>Adattabilità a conformazioni geometriche irregolari</i>	● ● ●
Sicurezza	
<i>Realizzabile a distanza</i>	● ● ●
<i>Realizzabile dall'esterno</i>	● ● ●
<i>Velocità di posa in opera</i>	● ● ●
Ingombro	
<i>Non ostacola il transito nelle aree circostanti</i>	● ● ●
<i>Non ostacola l'accessibilità/fruibilità dell'edificio</i>	● ● ●
<i>Non ostacola la realizzazione degli interventi successivi</i>	● ● ●
ASPETTI STRUTTURALI	
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI	11 / 15
Interazione con struttura in campo statico	
<i>Compatibilità delle dilatazioni</i>	● ● ●
<i>Sistema attivo</i>	● ● ●
Interazione con struttura in campo dinamico	
<i>Non incrementa la massa dell'edificio</i>	● ● ●
<i>Assenza di variazioni di rigidità</i>	● ● ●
<i>Assenza di fenomeni di martellamento</i>	● ● ●

ALLEGATI

CARATTERISTICHE DIPENDENTI		10 / 15
Efficacia del sistema in funzione del danno		
<i>Efficacia del sistema per livello di danno D1 e D2</i>		● ● ●
<i>Efficacia del sistema per livello di danno D3 e D4</i>		● ● ●
<i>Efficacia del sistema per livello di danno D5</i>		● ● ●
Durabilità		
<i>Resistenza al deterioramento</i>		● ● ●
<i>Facilità di manutenzione</i>		● ● ●
ASPETTI CONSERVATIVI		
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI		12 / 15
Reversibilità		
<i>Facilità di rimozione</i>		● ● ●
<i>Stato di conservazione della struttura dopo la rimozione</i>		● ● ●
Compatibilità		
<i>Compatibilità chimico-fisica con i materiali originari</i>		● ● ●
<i>Integrazione con la struttura architettonica</i>		● ● ●
Minimo intervento		
<i>Rapporto efficacia/invasività</i>		● ● ●
CARATTERISTICHE DIPENDENTI		7 / 9
Rispetto degli elementi di valore		
<i>Applicabile in presenza di stucchi ed elementi decorativi</i>		● ● ●
<i>Applicabile in presenza di superfici affrescate</i>		● ● ●
<i>Applicabile in presenza di muratura faccia a vista</i>		● ● ●
ASPETTI ECONOMICI		
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI		12 / 18
Economicità		
<i>Economicità del materiale</i>		● ● ●
<i>Economicità delle lavorazioni</i>		● ● ●
<i>Economicità della manutenzione</i>		● ● ●
<i>Rapporto efficacia/costo</i>		● ● ●
Possibilità di riutilizzo		
<i>Possibile riuso del materiale in altri interventi</i>		● ● ●
<i>Supporto per interventi successivi</i>		● ● ●

SCUCI E CUCI, STUCCATURA, INIEZIONI

ASPETTI OPERATIVI	
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI	11 / 18
Progettazione	
<i>Riferimento a schemi di calcolo predefiniti</i>	● ● ●
<i>Standardizzazione</i>	● ● ●
<i>Modularità</i>	● ● ●
Realizzazione	
<i>Praticità delle lavorazioni</i>	● ● ●
<i>Facilità di reperire il materiale</i>	● ● ●
<i>Possibilità di prefabbricazione e/o preassemblaggio</i>	● ● ●
CARATTERISTICHE DIPENDENTI	23 / 27
Applicazione	
<i>Realizzabile anche senza preconsolidamento</i>	● ● ●
<i>Realizzabile anche in presenza di macerie</i>	● ● ●
<i>Adattabilità a conformazioni geometriche irregolari</i>	● ● ●
Sicurezza	
<i>Realizzabile a distanza</i>	● ● ●
<i>Realizzabile dall'esterno</i>	● ● ●
<i>Velocità di posa in opera</i>	● ● ●
Ingombro	
<i>Non ostacola il transito nelle aree circostanti</i>	● ● ●
<i>Non ostacola l'accessibilità/fruibilità dell'edificio</i>	● ● ●
<i>Non ostacola la realizzazione degli interventi successivi</i>	● ● ●
ASPETTI STRUTTURALI	
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI	13 / 15
Interazione con struttura in campo statico	
<i>Compatibilità delle dilatazioni</i>	● ● ●
<i>Sistema attivo</i>	● ● ●
Interazione con struttura in campo dinamico	
<i>Non incrementa la massa dell'edificio</i>	● ● ●
<i>Assenza di variazioni di rigidità</i>	● ● ●
<i>Assenza di fenomeni di martellamento</i>	● ● ●

ALLEGATI

CARATTERISTICHE DIPENDENTI		14 / 15
Efficacia del sistema in funzione del danno		
<i>Efficacia del sistema per livello di danno D1 e D2</i>		● ● ●
<i>Efficacia del sistema per livello di danno D3 e D4</i>		● ● ●
<i>Efficacia del sistema per livello di danno D5</i>		● ● ●
Durabilità		
<i>Resistenza al deterioramento</i>		● ● ●
<i>Facilità di manutenzione</i>		● ● ●
ASPETTI CONSERVATIVI		
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI		11 / 15
Reversibilità		
<i>Facilità di rimozione</i>		● ● ●
<i>Stato di conservazione della struttura dopo la rimozione</i>		● ● ●
Compatibilità		
<i>Compatibilità chimico-fisica con i materiali originari</i>		● ● ●
<i>Integrazione con la struttura architettonica</i>		● ● ●
Minimo intervento		
<i>Rapporto efficacia/invasività</i>		● ● ●
CARATTERISTICHE DIPENDENTI		8 / 9
Rispetto degli elementi di valore		
<i>Applicabile in presenza di stucchi ed elementi decorativi</i>		● ● ●
<i>Applicabile in presenza di superfici affrescate</i>		● ● ●
<i>Applicabile in presenza di muratura faccia a vista</i>		● ● ●
ASPETTI ECONOMICI		
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI		14 / 18
Economicità		
<i>Economicità del materiale</i>		● ● ●
<i>Economicità delle lavorazioni</i>		● ● ●
<i>Economicità della manutenzione</i>		● ● ●
<i>Rapporto efficacia/costo</i>		● ● ●
Possibilità di riutilizzo		
<i>Possibile riuso del materiale in altri interventi</i>		● ● ●
<i>Supporto per interventi successivi</i>		● ● ●

SIGILLATURA A PROIEZIONE MEDIANTE ROBOT

ASPETTI OPERATIVI	
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI	12 / 18
Progettazione	
<i>Riferimento a schemi di calcolo predefiniti</i>	● ● ●
<i>Standardizzazione</i>	● ● ● ●
<i>Modularità</i>	● ● ●
Realizzazione	
<i>Praticità delle lavorazioni</i>	● ● ●
<i>Facilità di reperire il materiale</i>	● ● ●
<i>Possibilità di prefabbricazione e/o preassemblaggio</i>	● ● ●
CARATTERISTICHE DIPENDENTI	26 / 27
Applicazione	
<i>Realizzabile anche senza preconsolidamento</i>	● ● ●
<i>Realizzabile anche in presenza di macerie</i>	● ● ●
<i>Adattabilità a conformazioni geometriche irregolari</i>	● ● ●
Sicurezza	
<i>Realizzabile a distanza</i>	● ● ●
<i>Realizzabile dall'esterno</i>	● ● ●
<i>Velocità di posa in opera</i>	● ● ●
Ingombro	
<i>Non ostacola il transito nelle aree circostanti</i>	● ● ●
<i>Non ostacola l'accessibilità/fruibilità dell'edificio</i>	● ● ●
<i>Non ostacola la realizzazione degli interventi successivi</i>	● ● ●
ASPETTI STRUTTURALI	
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI	12 / 15
Interazione con struttura in campo statico	
<i>Compatibilità delle dilatazioni</i>	● ● ●
<i>Sistema attivo</i>	● ● ●
Interazione con struttura in campo dinamico	
<i>Non incrementa la massa dell'edificio</i>	● ● ●
<i>Assenza di variazioni di rigidità</i>	● ● ●
<i>Assenza di fenomeni di martellamento</i>	● ● ●

ALLEGATI

CARATTERISTICHE DIPENDENTI		11 / 15
Efficacia del sistema in funzione del danno		
<i>Efficacia del sistema per livello di danno D1 e D2</i>		● ● ●
<i>Efficacia del sistema per livello di danno D3 e D4</i>		● ● ●
<i>Efficacia del sistema per livello di danno D5</i>		● ● ●
Durabilità		
<i>Resistenza al deterioramento</i>		● ● ●
<i>Facilità di manutenzione</i>		● ● ●
ASPETTI CONSERVATIVI		
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI		7 / 15
Reversibilità		
<i>Facilità di rimozione</i>		● ● ●
<i>Stato di conservazione della struttura dopo la rimozione</i>		● ● ●
Compatibilità		
<i>Compatibilità chimico-fisica con i materiali originari</i>		● ● ●
<i>Integrazione con la struttura architettonica</i>		● ● ●
Minimo intervento		
<i>Rapporto efficacia/invasività</i>		● ● ●
CARATTERISTICHE DIPENDENTI		4 / 9
Rispetto degli elementi di valore		
<i>Applicabile in presenza di stucchi ed elementi decorativi</i>		● ● ●
<i>Applicabile in presenza di superfici affrescate</i>		● ● ●
<i>Applicabile in presenza di muratura faccia a vista</i>		● ● ●
ASPETTI ECONOMICI		
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI		10 / 18
Economicità		
<i>Economicità del materiale</i>		● ● ●
<i>Economicità delle lavorazioni</i>		● ● ●
<i>Economicità della manutenzione</i>		● ● ●
<i>Rapporto efficacia/costo</i>		● ● ●
Possibilità di riutilizzo		
<i>Possibile riuso del materiale in altri interventi</i>		● ● ●
<i>Supporto per interventi successivi</i>		● ● ●

CUCITURE ARMATE

ASPETTI OPERATIVI	
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI	13 / 18
Progettazione	
<i>Riferimento a schemi di calcolo predefiniti</i>	● ● ●
<i>Standardizzazione</i>	● ● ●
<i>Modularità</i>	● ● ●
Realizzazione	
<i>Praticità delle lavorazioni</i>	● ● ●
<i>Facilità di reperire il materiale</i>	● ● ●
<i>Possibilità di prefabbricazione e/o preassemblaggio</i>	● ● ●
CARATTERISTICHE DIPENDENTI	22 / 27
Applicazione	
<i>Realizzabile anche senza preconsolidamento</i>	● ● ●
<i>Realizzabile anche in presenza di macerie</i>	● ● ●
<i>Adattabilità a conformazioni geometriche irregolari</i>	● ● ●
Sicurezza	
<i>Realizzabile a distanza</i>	● ● ●
<i>Realizzabile dall'esterno</i>	● ● ●
<i>Velocità di posa in opera</i>	● ● ●
Ingombro	
<i>Non ostacola il transito nelle aree circostanti</i>	● ● ●
<i>Non ostacola l'accessibilità/fruibilità dell'edificio</i>	● ● ●
<i>Non ostacola la realizzazione degli interventi successivi</i>	● ● ●
ASPETTI STRUTTURALI	
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI	13 / 15
Interazione con struttura in campo statico	
<i>Compatibilità delle dilatazioni</i>	● ● ●
<i>Sistema attivo</i>	● ● ●
Interazione con struttura in campo dinamico	
<i>Non incrementa la massa dell'edificio</i>	● ● ●
<i>Assenza di variazioni di rigidità</i>	● ● ●
<i>Assenza di fenomeni di martellamento</i>	● ● ●

ALLEGATI

CARATTERISTICHE DIPENDENTI		10 / 15
Efficacia del sistema in funzione del danno		
<i>Efficacia del sistema per livello di danno D1 e D2</i>		● ● ●
<i>Efficacia del sistema per livello di danno D3 e D4</i>		● ● ●
<i>Efficacia del sistema per livello di danno D5</i>		● ● ●
Durabilità		
<i>Resistenza al deterioramento</i>		● ● ●
<i>Facilità di manutenzione</i>		● ● ●
ASPETTI CONSERVATIVI		
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI		8 / 15
Reversibilità		
<i>Facilità di rimozione</i>		● ● ●
<i>Stato di conservazione della struttura dopo la rimozione</i>		● ● ●
Compatibilità		
<i>Compatibilità chimico-fisica con i materiali originari</i>		● ● ●
<i>Integrazione con la struttura architettonica</i>		● ● ●
Minimo intervento		
<i>Rapporto efficacia/invasività</i>		● ● ●
CARATTERISTICHE DIPENDENTI		5 / 9
Rispetto degli elementi di valore		
<i>Applicabile in presenza di stucchi ed elementi decorativi</i>		● ● ●
<i>Applicabile in presenza di superfici affrescate</i>		● ● ●
<i>Applicabile in presenza di muratura faccia a vista</i>		● ● ●
ASPETTI ECONOMICI		
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI		13 / 18
Economicità		
<i>Economicità del materiale</i>		● ● ●
<i>Economicità delle lavorazioni</i>		● ● ●
<i>Economicità della manutenzione</i>		● ● ●
<i>Rapporto efficacia/costo</i>		● ● ●
Possibilità di riutilizzo		
<i>Possibile riuso del materiale in altri interventi</i>		● ● ●
<i>Supporto per interventi successivi</i>		● ● ●

TAMPONAMENTO IN LEGNO

ASPETTI OPERATIVI	
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI	9 / 18
Progettazione	
<i>Riferimento a schemi di calcolo predefiniti</i>	● ● ●
<i>Standardizzazione</i>	● ● ●
<i>Modularità</i>	● ● ●
Realizzazione	
<i>Praticità delle lavorazioni</i>	● ● ●
<i>Facilità di reperire il materiale</i>	● ● ●
<i>Possibilità di prefabbricazione e/o preassemblaggio</i>	● ● ●
CARATTERISTICHE DIPENDENTI	24 / 27
Applicazione	
<i>Realizzabile anche senza preconsolidamento</i>	● ● ●
<i>Realizzabile anche in presenza di macerie</i>	● ● ●
<i>Adattabilità a conformazioni geometriche irregolari</i>	● ● ●
Sicurezza	
<i>Realizzabile a distanza</i>	● ● ●
<i>Realizzabile dall'esterno</i>	● ● ●
<i>Velocità di posa in opera</i>	● ● ●
Ingombro	
<i>Non ostacola il transito nelle aree circostanti</i>	● ● ●
<i>Non ostacola l'accessibilità/fruibilità dell'edificio</i>	● ● ●
<i>Non ostacola la realizzazione degli interventi successivi</i>	● ● ●
ASPETTI STRUTTURALI	
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI	13 / 15
Interazione con struttura in campo statico	
<i>Compatibilità delle dilatazioni</i>	● ● ●
<i>Sistema attivo</i>	● ● ●
Interazione con struttura in campo dinamico	
<i>Non incrementa la massa dell'edificio</i>	● ● ●
<i>Assenza di variazioni di rigidità</i>	● ● ●
<i>Assenza di fenomeni di martellamento</i>	● ● ●

ALLEGATI

CARATTERISTICHE DIPENDENTI		11 / 15
Efficacia del sistema in funzione del danno		
<i>Efficacia del sistema per livello di danno D1 e D2</i>		● ● ●
<i>Efficacia del sistema per livello di danno D3 e D4</i>		● ● ●
<i>Efficacia del sistema per livello di danno D5</i>		● ● ●
Durabilità		
<i>Resistenza al deterioramento</i>		● ● ●
<i>Facilità di manutenzione</i>		● ● ●
ASPETTI CONSERVATIVI		
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI		14 / 15
Reversibilità		
<i>Facilità di rimozione</i>		● ● ●
<i>Stato di conservazione della struttura dopo la rimozione</i>		● ● ●
Compatibilità		
<i>Compatibilità chimico-fisica con i materiali originari</i>		● ● ●
<i>Integrazione con la struttura architettonica</i>		● ● ●
Minimo intervento		
<i>Rapporto efficacia/invasività</i>		● ● ●
CARATTERISTICHE DIPENDENTI		7 / 9
Rispetto degli elementi di valore		
<i>Applicabile in presenza di stucchi ed elementi decorativi</i>		● ● ●
<i>Applicabile in presenza di superfici affrescate</i>		● ● ●
<i>Applicabile in presenza di muratura faccia a vista</i>		● ● ●
ASPETTI ECONOMICI		
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI		15 / 18
Economicità		
<i>Economicità del materiale</i>		● ● ●
<i>Economicità delle lavorazioni</i>		● ● ●
<i>Economicità della manutenzione</i>		● ● ●
<i>Rapporto efficacia/costo</i>		● ● ●
Possibilità di riutilizzo		
<i>Possibile riuso del materiale in altri interventi</i>		● ● ●
<i>Supporto per interventi successivi</i>		● ● ●

TAMPONAMENTO IN MURATURA

ASPETTI OPERATIVI	
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI	8 / 18
Progettazione	
<i>Riferimento a schemi di calcolo predefiniti</i>	● ● ●
<i>Standardizzazione</i>	● ● ●
<i>Modularità</i>	● ● ●
Realizzazione	
<i>Praticità delle lavorazioni</i>	● ● ●
<i>Facilità di reperire il materiale</i>	● ● ●
<i>Possibilità di prefabbricazione e/o preassemblaggio</i>	● ● ●
CARATTERISTICHE DIPENDENTI	18 / 27
Applicazione	
<i>Realizzabile anche senza preconsolidamento</i>	● ● ●
<i>Realizzabile anche in presenza di macerie</i>	● ● ●
<i>Adattabilità a conformazioni geometriche irregolari</i>	● ● ●
Sicurezza	
<i>Realizzabile a distanza</i>	● ● ●
<i>Realizzabile dall'esterno</i>	● ● ●
<i>Velocità di posa in opera</i>	● ● ●
Ingombro	
<i>Non ostacola il transito nelle aree circostanti</i>	● ● ●
<i>Non ostacola l'accessibilità/fruibilità dell'edificio</i>	● ● ●
<i>Non ostacola la realizzazione degli interventi successivi</i>	● ● ●
ASPETTI STRUTTURALI	
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI	9 / 15
Interazione con struttura in campo statico	
<i>Compatibilità delle dilatazioni</i>	● ● ●
<i>Sistema attivo</i>	● ● ●
Interazione con struttura in campo dinamico	
<i>Non incrementa la massa dell'edificio</i>	● ● ●
<i>Assenza di variazioni di rigidità</i>	● ● ●
<i>Assenza di fenomeni di martellamento</i>	● ● ●

ALLEGATI

CARATTERISTICHE DIPENDENTI		14 / 15
Efficacia del sistema in funzione del danno		
<i>Efficacia del sistema per livello di danno D1 e D2</i>		● ● ●
<i>Efficacia del sistema per livello di danno D3 e D4</i>		● ● ●
<i>Efficacia del sistema per livello di danno D5</i>		● ● ●
Durabilità		
<i>Resistenza al deterioramento</i>		● ● ●
<i>Facilità di manutenzione</i>		● ● ●
ASPETTI CONSERVATIVI		
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI		12 / 15
Reversibilità		
<i>Facilità di rimozione</i>		● ● ●
<i>Stato di conservazione della struttura dopo la rimozione</i>		● ● ●
Compatibilità		
<i>Compatibilità chimico-fisica con i materiali originari</i>		● ● ●
<i>Integrazione con la struttura architettonica</i>		● ● ●
Minimo intervento		
<i>Rapporto efficacia/invasività</i>		● ● ●
CARATTERISTICHE DIPENDENTI		8 / 9
Rispetto degli elementi di valore		
<i>Applicabile in presenza di stucchi ed elementi decorativi</i>		● ● ●
<i>Applicabile in presenza di superfici affrescate</i>		● ● ●
<i>Applicabile in presenza di muratura faccia a vista</i>		● ● ●
ASPETTI ECONOMICI		
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI		15 / 18
Economicità		
<i>Economicità del materiale</i>		● ● ●
<i>Economicità delle lavorazioni</i>		● ● ●
<i>Economicità della manutenzione</i>		● ● ●
<i>Rapporto efficacia/costo</i>		● ● ●
Possibilità di riutilizzo		
<i>Possibile riuso del materiale in altri interventi</i>		● ● ●
<i>Supporto per interventi successivi</i>		● ● ●

COPERTURA PROVVISORIA IN LEGNO

ASPETTI OPERATIVI	
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI	15 / 18
Progettazione	
<i>Riferimento a schemi di calcolo predefiniti</i>	● ● ● ●
<i>Standardizzazione</i>	● ● ● ●
<i>Modularità</i>	● ● ● ●
Realizzazione	
<i>Praticità delle lavorazioni</i>	● ● ● ●
<i>Facilità di reperire il materiale</i>	● ● ● ●
<i>Possibilità di prefabbricazione e/o preassemblaggio</i>	● ● ● ●
CARATTERISTICHE DIPENDENTI	21 / 27
Applicazione	
<i>Realizzabile anche senza preconsolidamento</i>	● ● ● ●
<i>Realizzabile anche in presenza di macerie</i>	● ● ● ●
<i>Adattabilità a conformazioni geometriche irregolari</i>	● ● ● ●
Sicurezza	
<i>Realizzabile a distanza</i>	● ● ● ●
<i>Realizzabile dall'esterno</i>	● ● ● ●
<i>Velocità di posa in opera</i>	● ● ● ●
Ingombro	
<i>Non ostacola il transito nelle aree circostanti</i>	● ● ● ●
<i>Non ostacola l'accessibilità/fruibilità dell'edificio</i>	● ● ● ●
<i>Non ostacola la realizzazione degli interventi successivi</i>	● ● ● ●
ASPETTI STRUTTURALI	
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI	10 / 15
Interazione con struttura in campo statico	
<i>Compatibilità delle dilatazioni</i>	● ● ● ●
<i>Sistema attivo</i>	● ● ● ●
Interazione con struttura in campo dinamico	
<i>Non incrementa la massa dell'edificio</i>	● ● ● ●
<i>Assenza di variazioni di rigidità</i>	● ● ● ●
<i>Assenza di fenomeni di martellamento</i>	● ● ● ●

ALLEGATI

CARATTERISTICHE DIPENDENTI		10 / 15
Efficacia del sistema in funzione del danno		
<i>Efficacia del sistema per livello di danno D1 e D2</i>		● ● ●
<i>Efficacia del sistema per livello di danno D3 e D4</i>		● ● ●
<i>Efficacia del sistema per livello di danno D5</i>		● ● ●
Durabilità		
<i>Resistenza al deterioramento</i>		● ● ●
<i>Facilità di manutenzione</i>		● ● ●
ASPETTI CONSERVATIVI		
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI		12 / 15
Reversibilità		
<i>Facilità di rimozione</i>		● ● ●
<i>Stato di conservazione della struttura dopo la rimozione</i>		● ● ●
Compatibilità		
<i>Compatibilità chimico-fisica con i materiali originari</i>		● ● ●
<i>Integrazione con la struttura architettonica</i>		● ● ●
Minimo intervento		
<i>Rapporto efficacia/invasività</i>		● ● ●
CARATTERISTICHE DIPENDENTI		9 / 9
Rispetto degli elementi di valore		
<i>Applicabile in presenza di stucchi ed elementi decorativi</i>		● ● ●
<i>Applicabile in presenza di superfici affrescate</i>		● ● ●
<i>Applicabile in presenza di muratura faccia a vista</i>		● ● ●
ASPETTI ECONOMICI		
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI		13 / 18
Economicità		
<i>Economicità del materiale</i>		● ● ●
<i>Economicità delle lavorazioni</i>		● ● ●
<i>Economicità della manutenzione</i>		● ● ●
<i>Rapporto efficacia/costo</i>		● ● ●
Possibilità di riutilizzo		
<i>Possibile riuso del materiale in altri interventi</i>		● ● ●
<i>Supporto per interventi successivi</i>		● ● ●

COPERTURA PROVVISORIA IN ACCIAIO

ASPETTI OPERATIVI	
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI	15 / 18
Progettazione	
<i>Riferimento a schemi di calcolo predefiniti</i>	● ● ● ●
<i>Standardizzazione</i>	● ● ● ●
<i>Modularità</i>	● ● ● ●
Realizzazione	
<i>Praticità delle lavorazioni</i>	● ● ● ●
<i>Facilità di reperire il materiale</i>	● ● ● ●
<i>Possibilità di prefabbricazione e/o preassemblaggio</i>	● ● ● ●
CARATTERISTICHE DIPENDENTI	21 / 27
Applicazione	
<i>Realizzabile anche senza preconsolidamento</i>	● ● ● ●
<i>Realizzabile anche in presenza di macerie</i>	● ● ● ●
<i>Adattabilità a conformazioni geometriche irregolari</i>	● ● ● ●
Sicurezza	
<i>Realizzabile a distanza</i>	● ● ● ●
<i>Realizzabile dall'esterno</i>	● ● ● ●
<i>Velocità di posa in opera</i>	● ● ● ●
Ingombro	
<i>Non ostacola il transito nelle aree circostanti</i>	● ● ● ●
<i>Non ostacola l'accessibilità/fruibilità dell'edificio</i>	● ● ● ●
<i>Non ostacola la realizzazione degli interventi successivi</i>	● ● ● ●
ASPETTI STRUTTURALI	
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI	9 / 15
Interazione con struttura in campo statico	
<i>Compatibilità delle dilatazioni</i>	● ● ● ●
<i>Sistema attivo</i>	● ● ● ●
Interazione con struttura in campo dinamico	
<i>Non incrementa la massa dell'edificio</i>	● ● ● ●
<i>Assenza di variazioni di rigidità</i>	● ● ● ●
<i>Assenza di fenomeni di martellamento</i>	● ● ● ●

ALLEGATI

CARATTERISTICHE DIPENDENTI		10 / 15
Efficacia del sistema in funzione del danno		
<i>Efficacia del sistema per livello di danno D1 e D2</i>		● ● ●
<i>Efficacia del sistema per livello di danno D3 e D4</i>		● ● ●
<i>Efficacia del sistema per livello di danno D5</i>		● ● ●
Durabilità		
<i>Resistenza al deterioramento</i>		● ● ●
<i>Facilità di manutenzione</i>		● ● ●
ASPETTI CONSERVATIVI		
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI		12 / 15
Reversibilità		
<i>Facilità di rimozione</i>		● ● ●
<i>Stato di conservazione della struttura dopo la rimozione</i>		● ● ●
Compatibilità		
<i>Compatibilità chimico-fisica con i materiali originari</i>		● ● ●
<i>Integrazione con la struttura architettonica</i>		● ● ●
Minimo intervento		
<i>Rapporto efficacia/invasività</i>		● ● ●
CARATTERISTICHE DIPENDENTI		9 / 9
Rispetto degli elementi di valore		
<i>Applicabile in presenza di stucchi ed elementi decorativi</i>		● ● ●
<i>Applicabile in presenza di superfici affrescate</i>		● ● ●
<i>Applicabile in presenza di muratura faccia a vista</i>		● ● ●
ASPETTI ECONOMICI		
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI		11 / 18
Economicità		
<i>Economicità del materiale</i>		● ● ●
<i>Economicità delle lavorazioni</i>		● ● ●
<i>Economicità della manutenzione</i>		● ● ●
<i>Rapporto efficacia/costo</i>		● ● ●
Possibilità di riutilizzo		
<i>Possibile riuso del materiale in altri interventi</i>		● ● ●
<i>Supporto per interventi successivi</i>		● ● ●

COPERTURA PROVVISORIA IN PVC

ASPETTI OPERATIVI	
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI	16 / 18
Progettazione	
<i>Riferimento a schemi di calcolo predefiniti</i>	● ● ●
<i>Standardizzazione</i>	● ● ●
<i>Modularità</i>	● ● ●
Realizzazione	
<i>Praticità delle lavorazioni</i>	● ● ●
<i>Facilità di reperire il materiale</i>	● ● ●
<i>Possibilità di prefabbricazione e/o preassemblaggio</i>	● ● ●
CARATTERISTICHE DIPENDENTI	21 / 27
Applicazione	
<i>Realizzabile anche senza preconsolidamento</i>	● ● ●
<i>Realizzabile anche in presenza di macerie</i>	● ● ●
<i>Adattabilità a conformazioni geometriche irregolari</i>	● ● ●
Sicurezza	
<i>Realizzabile a distanza</i>	● ● ●
<i>Realizzabile dall'esterno</i>	● ● ●
<i>Velocità di posa in opera</i>	● ● ●
Ingombro	
<i>Non ostacola il transito nelle aree circostanti</i>	● ● ●
<i>Non ostacola l'accessibilità/fruibilità dell'edificio</i>	● ● ●
<i>Non ostacola la realizzazione degli interventi successivi</i>	● ● ●
ASPETTI STRUTTURALI	
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI	13 / 15
Interazione con struttura in campo statico	
<i>Compatibilità delle dilatazioni</i>	● ● ●
<i>Sistema attivo</i>	● ● ●
Interazione con struttura in campo dinamico	
<i>Non incrementa la massa dell'edificio</i>	● ● ●
<i>Assenza di variazioni di rigidità</i>	● ● ●
<i>Assenza di fenomeni di martellamento</i>	● ● ●

ALLEGATI

CARATTERISTICHE DIPENDENTI		9 / 15
Efficacia del sistema in funzione del danno		
<i>Efficacia del sistema per livello di danno D1 e D2</i>		● ● ●
<i>Efficacia del sistema per livello di danno D3 e D4</i>		● ● ●
<i>Efficacia del sistema per livello di danno D5</i>		● ● ●
Durabilità		
<i>Resistenza al deterioramento</i>		● ● ●
<i>Facilità di manutenzione</i>		● ● ●
ASPETTI CONSERVATIVI		
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI		11 / 15
Reversibilità		
<i>Facilità di rimozione</i>		● ● ●
<i>Stato di conservazione della struttura dopo la rimozione</i>		● ● ●
Compatibilità		
<i>Compatibilità chimico-fisica con i materiali originari</i>		● ● ●
<i>Integrazione con la struttura architettonica</i>		● ● ●
Minimo intervento		
<i>Rapporto efficacia/invasività</i>		● ● ●
CARATTERISTICHE DIPENDENTI		9 / 9
Rispetto degli elementi di valore		
<i>Applicabile in presenza di stucchi ed elementi decorativi</i>		● ● ●
<i>Applicabile in presenza di superfici affrescate</i>		● ● ●
<i>Applicabile in presenza di muratura faccia a vista</i>		● ● ●
ASPETTI ECONOMICI		
CARATTERISTICHE INDIPENDENTI		12 / 18
Economicità		
<i>Economicità del materiale</i>		● ● ●
<i>Economicità delle lavorazioni</i>		● ● ●
<i>Economicità della manutenzione</i>		● ● ●
<i>Rapporto efficacia/costo</i>		● ● ●
Possibilità di riutilizzo		
<i>Possibile riuso del materiale in altri interventi</i>		● ● ●
<i>Supporto per interventi successivi</i>		● ● ●

ALLEGATO I

Nel presente allegato sono riportati i risultati dell'applicazione ai casi studio analizzati della metodologia proposta nella sezione 5 della presente tesi.

1. COLLEGIATA DI SANTA MARIA MAGGIORE PIEVE DI CENTO (BO)

FASE 1 CAMPANILE				FASE 2 SETTI MOBILIARI				FACCIATA				RIBALTAMENTO				FACCIATA				RIBALTAMENTO			
TORRE CAMPANARIA				DISSESTI LIEVI				FACCIAIA				RIBALTAMENTO				FACCIAIA				RIBALTAMENTO			
M27				Telaio	Catene	Ripristino	M1				M2				M2				M2				
DANNO D1/D2				Telaio in legno	Catene in acciaio	Scuci e cucci, stuccature e/o iniezioni	DANNO D2				Telaio tubi e giunti				Telaio tubi e giunti				Telaio tubi e giunti				
				Puntello di sostegno in legno	Cerchiatura con catene in acciaio	Cerchiatura con cavi in acciaio	Puntello di sostegno in legno				Puntello di sostegno in legno				Puntello di sostegno in legno				Puntello di sostegno in legno				
				Cerchiatura con catene in acciaio	Cerchiatura con profili in acciaio	Cerchiatura con cavi in acciaio	Puntello di sostegno in acciaio				Catene in acciaio				Catene in acciaio				Catene in acciaio				
				Cerchiatura con tasse in poliestere	Cerchiatura con materiale fibrorinforzato	Cerchiatura con cavi in acciaio	Cerchiatura con cavi in acciaio				Cerchiatura con cavi in acciaio				Cerchiatura con tasse in poliestere				Cerchiatura con tasse in poliestere				
				Cerchiatura con tasse in poliestere	Cerchiatura con materiale fibrorinforzato	Cerchiatura con cavi in acciaio	Cerchiatura con tasse in poliestere				Cerchiatura con tasse in poliestere				Cerchiatura con tasse in poliestere				Cerchiatura con tasse in poliestere				
				Cerchiatura con materiale fibrorinforzato			Cerchiatura con materiale fibrorinforzato				Cerchiatura con materiale fibrorinforzato				Cerchiatura con materiale fibrorinforzato				Cerchiatura con materiale fibrorinforzato				
P1	P2	TOT.		P1	P2	TOT.	P1	P2	TOT.	P1	P2	TOT.	P1	P2	TOT.	P1	P2	TOT.	P1	P2	TOT.		
52	20	72		61	24	85	55	17,5	72,5	47	15	62	46	17,5	63,5	61	18,5	79,5	58	19,5	77,5		
49	24,5	73,5		49	24,5	73,5	57	17	74	57	18,5	75,5	57	17	74	53	17	70	57	18,5	75,5		
							47	17	64	47	17	64	47	17	64	47	17	64	47	17	64		

FACCIAIA				RIBALTAMENTO				FACCIAIA				TAGLIO				ABSIDE				RIBALTAMENTO			
M2				M3				M3				M3				M16				M16			
DANNO D2				DANNO D1				DANNO D1				DANNO D1				DANNO D1/D2				DANNO D1/D2			
Telaio tubi e giunti				Sbadacchiatura in legno				Sbadacchiatura in legno				Telaio tubi e giunti				Telaio tubi e giunti				Telaio tubi e giunti			
Puntello di sostegno in legno				Telaio in acciaio				Telaio in acciaio				Puntello di sostegno in legno				Puntello di sostegno in legno				Puntello di sostegno in legno			
Puntello di sostegno in acciaio				Cerchiatura con catene in acciaio				Cerchiatura con catene in acciaio				Puntello di sostegno in acciaio				Puntello di sostegno in acciaio				Puntello di sostegno in acciaio			
Catene in acciaio				Cerchiatura con cavi in acciaio				Cerchiatura con cavi in acciaio				Catene in acciaio				Catene in acciaio				Catene in acciaio			
Cerchiatura con profili in acciaio				Cerchiatura con tasse in poliestere				Cerchiatura con tasse in poliestere				Cerchiatura con cavi in acciaio				Cerchiatura con cavi in acciaio				Cerchiatura con cavi in acciaio			
Cerchiatura con tasse in poliestere				Cerchiatura con materiale fibrorinforzato				Cerchiatura con tasse in poliestere				Cerchiatura con tasse in poliestere				Cerchiatura con tasse in poliestere				Cerchiatura con tasse in poliestere			
Cerchiatura con materiale fibrorinforzato												Cerchiatura con materiale fibrorinforzato				Cerchiatura con materiale fibrorinforzato				Cerchiatura con materiale fibrorinforzato			
P1	P2	TOT.		P1	P2	TOT.	P1	P2	TOT.	P1	P2	TOT.	P1	P2	TOT.	P1	P2	TOT.	P1	P2	TOT.		
55	17,5	72,5		52	18,5	70,5	52	18,5	70,5	55	17,5	72,5	47	15	62	46	17,5	63,5	61	18,5	79,5		
47	15	62		45	18	63	45	18	63	47	15	62	46	17,5	63,5	46	17,5	64	58	19,5	77,5		
49	17	66		49	20	69	49	20	69	49	17	66	49	17	66	49	17	66	49	17	66		

FASE 3 STRUTTURE VOLATE				CUPOLA				CUPOLA				LESIONI GRAVI			
VOLTE				CUPOLA				CUPOLA				LESIONI GRAVI			
M18				M14				M14				M14			
Ripristino				Ripristino continuità muraria				Ripristino continuità muraria				Ripristino continuità muraria			
DANNO D1/D2				DANNO D1/D2				DANNO D1/D2				DANNO D1/D2			
Scuci e cucci, stuccature e/o iniezioni				Scuci e cucci, stuccature e/o iniezioni				Scuci e cucci, stuccature e/o iniezioni				Scuci e cucci, stuccature e/o iniezioni			
Puntello di sostegno in legno				Puntello di sostegno in legno				Puntello di sostegno in legno				Puntello di sostegno in legno			
Puntello di sostegno in acciaio				Puntello di sostegno in acciaio				Puntello di sostegno in acciaio				Puntello di sostegno in acciaio			
Cerchime in legno				Cerchime in legno				Cerchime in legno				Cerchime in legno			
Cerchime con tubi e giunti				Cerchime con tubi e giunti				Cerchime con tubi e giunti				Cerchime con tubi e giunti			
Catene in acciaio				Catene in acciaio				Catene in acciaio				Catene in acciaio			
P1	P2	TOT.		P1	P2	TOT.	P1	P2	TOT.	P1	P2	TOT.	P1	P2	TOT.
49	16	65		49	20	69	49	20	69	41	16	57	59	17	76
55	12,5	67,5		55	16,5	71,5	55	16,5	71,5	47	16,5	63,5	57	16,5	73,5
61	13	74		61	16,5	77,5	61	16,5	77,5	47	16,5	63,5	53	16,5	69,5
53	12	65		53	14	67	53	14	67	59	16,5	75,5	59	16,5	75,5
59	14	73		59	16,5	75,5	59	16,5	75,5	59	16,5	75,5	59	16,5	75,5
61	16,5	77,5		61	16,5	77,5	61	16,5	77,5	61	16,5	77,5	61	16,5	77,5

TAMBURO	LESIONI GRAVI										CROLLO PARZIALE	LANTERNA	CROLLO TOTALE			FASE4 COBERTURE	AULA	DISSESTI LIEVI	ABSIDE	DISSESTI LIEVI	
M14	Sbadacchiatura		Ripristino continuità muraria			Struttura a telaio		Cerchiatura			Chiusura dei setti murari		M15	Chiusura della copertura			M19	/	M21	/	
DANNO DSD4	Sbadacchiatura in legno	Temporanea in muratura	Scafi e cavi, staccature e/o iniezioni	Sigilatura a proiezione mediante robot	Cocchiere armato	Telaio tubi e giunti	Cerchiatura con cavi in acciaio	Cerchiatura con fasce in poliestere	Cerchiatura con materiale fibrorinforzato	Temporaneo in legno	Temporaneo in muratura	DANNO DS	Copertura provvisoria in legno	Copertura provvisoria in acciaio	Copertura provvisoria in PVC		DANNO D1/D2	Revisione della copertura	DANNO D1/D2	Revisione della copertura	
P1	52	40	49	41	47	55	57	53	47	51	44	P1	50	47	52		P1	0	P1	0	
P2	20,5	18	20,5	19	17,5	17,5	18	18,5	16,5	19,5	17,5	P2	21,5	21,5	20	P2	0	P2	0		
TOT.	72,5	58	69,5	60	64,5	72,5	75	71,5	63,5	70,5	61,5	TOT.	71,5	68,5	72	TOT.	0	TOT.	0		

2. CHIESA DI SAN LORENZO MARTIRE CASUMARO DI CENTO (FE)

FASE 1 CAMPANILE TORRE CAMPANARIA	TORRE	DISSESTI GRAVI					PARZIALIZZAZIONE DELLA SEZIONE					ESPULSIONE ELEMENTI VERTICALI					CROLLO PARZIALE						
	M27	Sbadacchiatura		Ripristino continuità muraria			Struttura a telaio		Puntelli di ritegno			Confinamento		Catene		Cerchiatura			Chiusura dei setti murari		Chiusura della copertura		
	DANNO D3	Sbadacchiatura in legno	Temporanea in muratura	Scafi e cavi, staccature e/o iniezioni	Sigilatura a proiezione mediante robot	Cocchiere armato	Telaio in legno	Telaio in acciaio	Telaio tubi e giunti	Puntello di ritegno in legno	Puntello di ritegno in acciaio	Incastratura in legno e acciaio	Paccaggio con materiale fibrorinforzato	Catene in acciaio	Cerchiatura con profili in acciaio	Cerchiatura con cavi in acciaio	Cerchiatura con fasce in poliestere	Cerchiatura con materiale fibrorinforzato	Temporaneo in legno	Temporaneo in muratura	Copertura provvisoria in legno	Copertura provvisoria in acciaio	Copertura provvisoria in PVC
	P1	52	40	49	41	47	52	44	55	47	46	48	47	61	58	57	53	47	51	44	50	47	52
P2	22	19,5	23	21,5	19,5	20	19	21,5	18,5	21,5	15,5	19	19	21	19	20	20	21,5	20,5	19,5	19,5	18,5	
TOT.	74	59,5	72	62,5	66,5	72	63	76,5	65,5	67,5	63,5	66	80	79	76	73	67	72,5	64,5	69,5	68,5	70,5	

CELLA CAMPANARIA	CELLA	DISSESTI LIEVI				FASE 2 SETTI MURARI	FACCIATA	RIBALTAMENTO					FACCIATA	RIBALTAMENTO												
	M28	Struttura a telaio		Puntello di sostegno			Catene	M1	Puntelli di ritegno			Catene		Cerchiatura			M2	Puntelli di ritegno			Catene		Cerchiatura			
	DANNO D1	Scafi e cavi, staccature e/o iniezioni	Telaio in legno	Telaio in acciaio (interno)	Puntello di sostegno in legno		Puntello di sostegno in acciaio	Catene in acciaio	DANNO D2	Telaio tubi e giunti	Puntello di ritegno in legno	Puntello di ritegno in acciaio	Catene in acciaio	Cerchiatura con profili in acciaio	Cerchiatura con cavi in acciaio	Cerchiatura con fasce in poliestere	Cerchiatura con materiale fibrorinforzato	DANNO D2	Telaio tubi e giunti	Puntello di ritegno in legno	Puntello di ritegno in acciaio	Catene in acciaio	Cerchiatura con profili in acciaio	Cerchiatura con cavi in acciaio	Cerchiatura con fasce in poliestere	Cerchiatura con materiale fibrorinforzato
	P1	49	52	44	55		61	61	P1	55	47	46	61	58	57	53	47	P1	55	47	46	61	58	57	53	47
P2	23	20	20,5	19	21	19	P2	17	15	17	16	18	17	17,5	17,5	P2	17	15	17	16	18	17	17,5	17,5		
TOT.	72	72	64,5	74	82	80	TOT.	72	62	63	77	76	74	70,5	64,5	TOT.	72	62	63	77	76	74	70,5	64,5		

FACCIATA	TAGLIO			AULA	RIBALTAMENTO											CROLLO PARZ.				
	M3	Sbadacchiatura	Ripristino		M6	Struttura a telaio			Puntelli di ritegno		Contrafforti			Stralli	Catene	Cerchiatura			Chiusura dei setti murari	
DANNO D2	Sbadacchiatura in legno			DANNO D3	Telaio in legno	Telaio in acciaio	Telaio tubi e giunti	Puntello di ritegno in legno	Puntello di ritegno in acciaio	Contrafforte in muratura	Contrafforte in acciaio	Contrafforte in cemento	Stralli con cavi in acciaio	Catene in acciaio	Cerchiatura con profili in acciaio	Cerchiatura con cavi in acciaio	Cerchiatura con fasce in poliestere	Cerchiatura con materiale fibrorinforzato	Tamponeamento in legno	Tamponeamento in muratura
P1	52	45	49		P1	52	44	55	47	46	40	44	37	55	61	58	57	53	47	51
P2	18,5	16,5	18,5	P2	16,5	17	17	15	17	15	16	15,5	15,5	15	17	16	16,5	16,5	17	16,5
TOT.	70,5	61,5	67,5	TOT.	68,5	61	72	62	63	55	60	52,5	70,5	76	75	73	69,5	63,5	68	60,5

CAPPELLE	RIBALTAMENTO											CROLLO PARZ.		CAPPELLE	TAGLIO									
	M22	Struttura a telaio			Puntelli di ritegno		Contrafforti			Stralli	Catene	Cerchiatura			Chiusura dei setti murari		M23	Confinamento	Sbadacchiatura	Ripristino continuità muraria				
DANNO D3	Telaio in legno	Telaio in acciaio	Telaio tubi e giunti	Puntello di ritegno in legno	Puntello di ritegno in acciaio	Contrafforte in muratura	Contrafforte in acciaio	Contrafforte in cemento	Stralli con cavi in acciaio	Catene in acciaio	Cerchiatura con profili in acciaio	Cerchiatura con cavi in acciaio	Cerchiatura con fasce in poliestere	Cerchiatura con materiale fibrorinforzato	Tamponeamento in legno	Tamponeamento in muratura	DANNO D3	Inamidiatura in legno e acciaio	Piccoaggio con materiale fibrorinforzato	Sbadacchiatura in legno	Tamponeatura in muratura	Soie e cuoi, stuccature e/o iniezioni	Sigillatura a pressione mediante robot	Culture armate
P1	52	44	55	47	46	40	44	37	55	61	58	57	53	47	51	44	P1	48	47	52	40	49	41	47
P2	16,5	17	17	15	17	15	16	15,5	15,5	15	17	16	16,5	16,5	17	16,5	P2	12	15,5	18,5	15,5	18,5	18	15,5
TOT.	68,5	61	72	62	63	55	60	52,5	70,5	76	75	73	69,5	63,5	68	60,5	TOT.	60	62,5	70,5	55,5	67,5	59	62,5

FASE 3 STRUTTURE VOLTATE	ARCHI			LES.	DISSESTO PUNTUALE		VOLTE	ABSIDE	LES.	DISSESTO PUNTUALE		CAPPELLE	LESIONI GRAVI			DISSESTO DIFFUSO E/O CROLLO PARZIALE		
	M13	Ripristino	Puntello di sostegno		Centinatura	M18				Ripristino	Puntello di sostegno		Centinatura	M24	Ripristino continuità muraria	Confin.	Centinatura	
DANNO D1	Soie e cuoi, stuccature e/o iniezioni			Puntello di sostegno in legno	Puntello di sostegno in acciaio	Centine in legno	Centine con tubi e giunti	Soie e cuoi, stuccature e/o iniezioni	Puntello di sostegno in legno	Puntello di sostegno in acciaio	Centine in legno	Centine con tubi e giunti	Soie e cuoi, stuccature e/o iniezioni	Sigillatura a pressione mediante robot	Culture armate	Piccoaggio con materiale fibrorinforzato	Centine in legno	Centine con tubi e giunti
P1	49	55	61															
P2	15,5	12,5	13	12,5	13,5	P2	15,5	12,5	13	12,5	13,5	P2	15,5	12,5	13,5	12,5	12,5	13,5
TOT.	64,5	67,5	74	65,5	72,5	TOT.	64,5	67,5	74	65,5	72,5	TOT.	64,5	53,5	60,5	59,5	65,5	72,5

3. AUDITORIUM EX-CHIESA DI SAN LORENZO CENTO (FE)

ALLEGATI

FASE 1 - CAMPANIE		TORRE		DISSESTI LIEVI			CELLA	DISSESTI GRAVI					ROTOTRASLAZIONE DEI RITTI E/O CROLLO PARZIALE					
		M27		Struttura a telaio	Catene	Ripristino		M28		Sbadacchiatura	Ripristino continuità muraria			Struttura a telaio		Cerchiatura		
		DANNO D2		Telaio in acciaio	Telaio tubi e giunti	Catene in acciaio		Suoi e cuci, stuccature e/o iniezioni	DANNO D4		Sbadacchiatura in legno	Tamponatura in muratura	Suoi e cuci, stuccature e/o iniezioni	Spillatura a proiezione mediante robot	Cotture armate	Telaio in acciaio	Telaio tubi e giunti	Cerchiatura con profili in acciaio
P1	44	55	61	49		P1	52	40	49	41	47	47	44	55	58	57	53	47
P2	17,5	19,5	18	20		P2	24,5	21,5	26	22,5	20,5	20	20	25,5	29,5	21,5	22,5	20
TOT.	61,5	74,5	79	69		TOT.	76,5	61,5	75	63,5	67,5	64	80,5	87,5	78,5	75,5	67	

FASE 2 - SETTI MURARI		AULA		RIBALTAMENTO					AULA	TAGLIO			ABSIDE	RIBALTAMENTO										
		M5		Puntelli di legno	Catene	Cerchiatura				M6		Sbadacchiatura		Ripristino	M16		Puntelli di legno	Catene	Cerchiatura					
		DANNO D1		Telaio tubi e giunti	Puntello di legno in legno	Puntello di legno in acciaio	Catene in acciaio	Cerchiatura con profili in acciaio		Cerchiatura con cavi in acciaio	Cerchiatura con fasce in poliestere	Cerchiatura con materiale fibrorinforzato		DANNO D2		Sbadacchiatura in legno	Telaio in acciaio	Suoi e cuci, stuccature e/o iniezioni	DANNO D2		Telaio tubi e giunti	Puntello di legno in legno	Puntello di legno in acciaio	Catene in acciaio
P1	55	47	46	61	58	57	53	47		P1	52	45	49		P1	55	47	46	61	58	57	53	47	
P2	17	15	16,5	16,5	17	16	16,5	13,5		P2	17	15,5	17		P2	17	15	16,5	16,5	17	16	16,5	13,5	
TOT.	72	62	62,5	77,5	75	73	69,5	60,5		TOT.	69	60,5	66		TOT.	72	62	62,5	77,5	75	73	69,5	60,5	

FASE 3 - STRUTTURE VOLTATE		ARCHI		LES.	DISSESTO PUNTUALE			VOLTE	ABSIDE		LES.	DISSESTO PUNTUALE			CAPPELLE		LESIONI GRAVI		DISSESTO DIFFUSO E/O CROLLO PARZIALE		
		M13		Ripristino	Puntello di sostegno	Centinatura			M18		Ripristino	Puntello di sostegno	Centinatura		M24		Ripristino continuità muraria	Confin.	Centinatura		
		DANNO D2		Suoi e cuci, stuccature e/o iniezioni	Puntello di sostegno in legno	Puntello di sostegno in acciaio	Centine in legno		Centine con tubi e giunti	DANNO D1		Suoi e cuci, stuccature e/o iniezioni	Puntello di sostegno in legno	Puntello di sostegno in acciaio	Centine in legno	Centine con tubi e giunti	DANNO D3		Suoi e cuci, stuccature e/o iniezioni	Spillatura a proiezione mediante robot	Cotture armate
P1	49	55	61	53	59		P1	49	55	61	53	59		P1	49	41	47	47	53	59	
P2	12,5	11	11,5	10,5	11		P2	12,5	11	11,5	10,5	11		P2	12,5	10,5	11	8,5	10,5	10	
TOT.	61,5	66	72,5	63,5	70		TOT.	61,5	66	72,5	63,5	70		TOT.	61,5	51,5	58	55,5	63,5	69	

CUPOLA		LANTERNA		LESIONI GRAVI				DISSESTO GRAVE			CROLLO PARZIALE	
		M15		Sbadacchiatura	Ripristino continuità muraria			Struttura a telaio	Cerchiatura		Chiusura dei setti murari	
		DANNO D3		Sbadacchiatura in legno	Tamponatura in muratura	Suoi e cuci, stuccature e/o iniezioni	Spillatura a proiezione mediante robot	Cotture armate	Telaio tubi e giunti	Cerchiatura con cavi in acciaio	Cerchiatura con fasce in poliestere	Cerchiatura con materiale fibrorinforzato
P1	52	40	49	41	47	55	57	53	47	51	44	
P2	19,5	17	20,5	17,5	16,5	19,5	17	17,5	15	19	18,5	
TOT.	71,5	57	69,5	58,5	63,5	74,5	74	70,5	62	70	62,5	

4. CHIESA DI SAN FILIPPO NERI CENTO (FE)

FASE 1 CAMPANILE TORRE CAMPANARIA		DISSESTI LIEVI				FASE 2 SETTI MURARI		FACCIATA		RIBALTAMENTO											
		M27	Struttura a telaio		Catene			Ripristino	M2	Struttura a telaio			Puntelli di ritegno		Contrafforti		Stralli	Catene	Cerchiatura		
		DANNO D2	Telaio in acciaio	Telaio tubi e giunti	Catene in acciaio			Scafi e cuoi, stuccature e/o iniezioni	DANNO D4	Telaio in legno	Telaio in acciaio	Telaio tubi e giunti	Puntello di ritegno in legno	Puntello di ritegno in acciaio	Contrafforte in muratura	Contrafforte in acciaio	Contrafforte in cemento	Stralli con cavi in acciaio	Catene in acciaio	Cerchiatura con prolli in acciaio	Cerchiatura con cavi in acciaio
P1	44	55	61	49		P1	52	44	55	47	46	40	44	37	55	61	58	57	53	47	
P2	13,5	14,5	16	16		P2	18,5	19	19	16	18,5	15,5	16,5	16	19,5	19,5	20,5	19	20	18,5	
TOT.	57,5	69,5	77	65		TOT.	70,5	63	74	63	64,5	55,5	60,5	53	74,5	80,5	78,5	76	73	65,5	

ABSIDE		ABSIDE	RIBALTAMENTO							ABSIDE		TAGLIO		
		M16	Puntelli di ritegno		Catene	Cerchiatura						M17	Sbadacchiatura	Ripristino
		DANNO D2	Telaio tubi e giunti	Puntello di ritegno in legno	Puntello di ritegno in acciaio	Catene in acciaio	Cerchiatura con prolli in acciaio	Cerchiatura con cavi in acciaio	Cerchiatura con fasce in poliestere			Cerchiatura con materiale fibrorinforzato	DANNO D1	Sbadacchiatura in legno
P1	55	47	46	61	58	57	53	47		P1	52	45	49	
P2	17	14	16,5	17	17,5	16	16	13,5		P2	16,5	16	17	
TOT.	72	61	62,5	78	75,5	73	69	60,5		TOT.	68,5	61	66	

CAPPELLE		CAPPELLE	RIBALTAMENTO											CAPPELLE		TAGLIO				
		M22	Struttura a telaio			Puntelli di ritegno		Contrafforti		Stralli	Catene	Cerchiatura				M23	Sbadacchiatura	Ripristino		
		DANNO D8	Telaio in legno	Telaio in acciaio	Telaio tubi e giunti	Puntello di ritegno in legno	Puntello di ritegno in acciaio	Contrafforte in muratura	Contrafforte in acciaio	Contrafforte in cemento	Stralli con cavi in acciaio	Catene in acciaio	Cerchiatura con prolli in acciaio			Cerchiatura con cavi in acciaio	Cerchiatura con fasce in poliestere	Cerchiatura con materiale fibrorinforzato	DANNO D2	Sbadacchiatura in legno
P1	52	44	55	47	46	40	44	37	55	61	58	57	53	47		P1	52	45	49	
P2	15,5	15	17	14	16,5	14,5	15,5	14,5	15	16	16,5	15	15	12,5		P2	16,5	16	17	
TOT.	67,5	59	72	61	62,5	54,5	59,5	51,5	70	77	74,5	72	68	59,5		TOT.	68,5	61	66	

FASE 3 STRUTTURE VOLATE		ARCO TRONCALE				VOLTE				NAVATA CENTRALE		LESIONI GRAVI				DISSESTO DIFFUSO E/O CROLLO PARZIALE		ABSIDE		LESIONI GRAVI				DISSESTO DIFFUSO E/O CROLLO PARZIALE																			
		M18		Ripristino		Puntello di sostegno		Centinatura		M8		Ripristino continuità muraria				Confin.		Centinatura		M18		Ripristino continuità muraria				Confin.		Centinatura															
		DANNO D1		Socci e oculi, stuccature e/o iniezioni		Puntello di sostegno in legno		Puntello di sostegno in acciaio		Centine in legno		Centine con tubi e giunti		DANNO D3		Socci e oculi, stuccature e/o iniezioni				Sigillatura a proiezione mediante robot		Cuciture armate		Paccaggio con materiale fibrorinforzato		Centine in legno		Centine con tubi e giunti		DANNO D3		Socci e oculi, stuccature e/o iniezioni				Sigillatura a proiezione mediante robot		Cuciture armate		Paccaggio con materiale fibrorinforzato		Centine in legno	
P1	49	55	61	53	59	P1	49	41	47	47	53	59	P1	49	41	47	47	53	59	P1	49	41	47	47	53	59	P1	49	41	47	47	53	59										
P2	12,5	11	11,5	10,5	11	P2	12,5	10,5	11	8,5	10,5	10	P2	12,5	10,5	11	8,5	10,5	10	P2	12,5	10,5	11	8,5	10,5	10	P2	12,5	10,5	11	8,5	10,5	10										
TOT.	61,5	66	72,5	63,5	70	TOT.	61,5	51,5	58	55,5	63,5	69	TOT.	61,5	51,5	58	55,5	63,5	69	TOT.	61,5	51,5	58	55,5	63,5	69	TOT.	61,5	51,5	58	55,5	63,5	69										

CAPPELLE		LESIONI GRAVI				DISSESTO DIFFUSO E/O CROLLO PARZIALE		AULA		DISSESTI LIEVI		ABSIDE		DISSESTI LIEVI	
M24		Ripristino continuità muraria				Confin.		M19		/		M21		/	
DANNO D8		Socci e oculi, stuccature e/o iniezioni		Sigillatura a proiezione mediante robot		Cuciture armate		DANNO D1		Revisione della copertura		DANNO D1		Revisione della copertura	
P1	49	41	47	47	53	59	P1	0				P1	0		
P2	12,5	10,5	11	8,5	10,5	10	P2	0				P2	0		
TOT.	61,5	51,5	58	55,5	63,5	69	TOT.	0				TOT.	0		

5. CHIESA DI SANT'ANNA RENO CENTESE (FE)

FASE 1 CAMPANILE		TORRE CAMPANARIA						PARZIALIZZAZIONE DELLA SEZIONE						ESPULSIONE ELEMENTI VERTICALI																								
		TORRE		DISSESTI GRAVI				Struttura a telaio			Puntelli di ritegno			Confinamento			Catene		Cerchiatura																			
		M27		Sbadacchiatura		Ripristino continuità muraria				Telaio in legno			Telaio in acciaio			Telaio tubi e giunti			Puntello di ritegno in legno			Puntello di ritegno in acciaio			Incaricatura in legno e acciaio			Paccaggio con materiale fibrorinforzato			Catene in acciaio		Cerchiatura con profili in acciaio		Cerchiatura con cavi in acciaio		Cerchiatura con fasce in poliestere	
P1	52	40	49	41	47	52	44	55	47	46	48	47	61	58	57	53	47																					
P2	23,5	19,5	23	24	19,5	20	18,5	20	18,5	20,5	16	20	19	21	20	20,5	21																					
TOT.	75,5	59,5	72	65	66,5	72	62,5	75	65,5	66,5	64	67	80	79	77	73,5	68																					

TORRE	DISSESTI GRAVI						PARZIALIZZAZIONE DELLA SEZIONE						ESPULSIONE ELEMENTI VERTICALI																					
M27	Sbadacchiatura			Ripristino continuità muraria			Struttura a telaio			Puntelli di ritengo			Confinamento		Catene		Cerchiatura																	
DANNO D4	Sbadacchiatura in legno		Temporizzata in muratura	Socci e cuoi, stuccature e/o iniezioni		Sigillatura a proiezione mediante robot	Cuciture amate			Telaio in legno			Telaio in acciaio			Telaio tubi e giunti			Puntello di ritengo in legno			Puntello di ritengo in acciaio			Incaricatura in legno e acciaio		Placcaggio con materiale fibrorinforzato		Catene in acciaio		Cerchiatura con profili in acciaio			
	P1	52		40	49																													
P2	22,5	18,5	22	21	18,5	19	17,5	19	17,5	19,5	15	19	18	20	19	19,5	20																	
TOT.	74,5	58,5	71	62	65,5	71	61,5	74	64,5	65,5	63	66	79	78	76	72,5	67																	

FASE 2 SETTI MURARI	AULA		RIBALTAMENTO														AULA	TAGLIO	
	M5	DANNO D3	Struttura a telaio			Puntelli di ritengo			Contrafforti			Stralli	Catene	Cerchiatura				M6	Sbadacchiatura
P1	52		44	55	47	46	40	44	37	55	61	58	57	53	47	P1	52	45	49
P2	13,5	13,5	14,5	12,5	15	13,5	14	14	13,5	15	15,5	14	14	13	P2	15,5	15	15,5	
TOT.	65,5	57,5	69,5	59,5	61	53,5	58	51	68,5	76	73,5	71	67	60	TOT.	67,5	60	64,5	

FASE 3 STRUTTURE VOLATE	ARCHI		LESIONI GRAVI		DISSESTO DIFFUSO E/O CROLLO PARZIALE				VOLTE	NAVATA LATERALE		LESIONI GRAVI		DISSESTO DIFFUSO E/O CROLLO PARZIALE	
	M13	DANNO D4	Ripristino continuità muraria		Confin.	Centinatura		Cerchiatura		M9	Ripristino continuità muraria		Confin.	Centinatura	
P1	49		41	47	47	53	59	57	53	P1	49	41	47	47	53
P2	12,5	11,5	12	9,5	10	10	12	12	P2	12,5	11,5	12	9,5	10	10
TOT.	61,5	52,5	59	56,5	63	69	69	65	TOT.	61,5	52,5	59	56,5	63	69

ABSIDE	LES.	DISSESTO PUNTUALE				CAPPELLE	LESIONI GRAVI			DISSESTO DIFFUSO E/O CROLLO PARZIALE									
M18	Ripristino	Puntello di sostegno		Centinatura		M24	Ripristino continuità muraria			Confin.	Centinatura								
DANNO D2	Socci e cuoi, stuccature e/o iniezioni		Puntello di sostegno in legno		Puntello di sostegno in acciaio		Centine in legno		Centine con tubi e giunti		DANNO D3	Socci e cuoi, stuccature e/o iniezioni		Sigillatura a proiezione mediante robot	Cuciture amate	Placcaggio con materiale fibrorinforzato		Centine in legno	Centine con tubi e giunti
	P1	49	55	61	53	59	P1	49	41	47		47	53			59			
P2	12,5	11	11,5	10	11	P2	12,5	11,5	12	9,5	10	10							
TOT.	61,5	66	72,5	63	70	TOT.	61,5	52,5	59	56,5	63	69							

6. CHIESA DI SAN MICHELE ARCANGELO BOMPORTO (MO)

FASE 1 CAMPANILE TORRE CAMPANARIA	TORRE	DISSESTI GRAVI					PARZIALIZZAZIONE DELLA SEZIONE						ESPULSIONE ELEMENTI VERTICALI				
	M27	Sbadacchiatura		Ripristino continuità muraria			Struttura a telaio			Puntelli di ritegno		Confinamento	Catene		Cerchiatura		
	DANNO D4	Sbadacchiatura in legno		Ripristino a proiezione mediante robot			Telaio in legno			Puntello di ritegno in legno		Incaricatura in legno e acciaio	Catene in acciaio		Cerchiatura con profili in acciaio		
		Temporanea in muratura		Scudi e cacci, sbucature e/o iniezioni			Telaio tubi e giunti			Pannello di ritegno in acciaio		Paccaggio con materiale fibrorinforzato	Cerchiatura con cavi in acciaio		Cerchiatura con fasce in poliestere		
P1	52	40	49	41	47	52	44	55	47	46	48	47	61	58	57	53	47
P2	17	15	17	17	15	15	15,5	16,5	14,5	17	11,5	14,5	14	16	14,5	15	15,5
TOT.	69	55	66	58	62	67	59,5	71,5	61,5	63	59,5	61,5	75	74	71,5	68	62,5

CELLA CAMPANARIA CELLA CAMPANARIA	CELLA	DISSESTI GRAVI					ROTOTRASLAZIONE DEI RITTI E/O GROLLO PARZIALE					FASE 2 SETTI MURARI FACCIATA	FACCIATA	RIBALTAMENTO												
	M28	Sbadacchiatura		Ripristino continuità muraria			Struttura a telaio			Cerchiatura			DANNO D4	Struttura a telaio			Puntelli di ritegno		Contrattori		Stalli		Catene		Cerchiatura	
	DANNO D3	Sbadacchiatura in legno		Scudi e cacci, sbucature e/o iniezioni			Telaio in acciaio			Cerchiatura con profili in acciaio				Telaio in legno			Puntello di ritegno in legno		Contrattore in muratura		Stalli con cavi in acciaio		Catene in acciaio		Cerchiatura con cavi in acciaio	
		Temporanea in muratura		Sigillatura a proiezione mediante robot			Telaio tubi e giunti			Cerchiatura con fasce in poliestere			Telaio in acciaio			Puntello di ritegno in acciaio		Contrattore in acciaio		Cerchiatura con fasce in poliestere		Cerchiatura con fasce in poliestere		Cerchiatura con materiale fibrorinforzato		
P1	52	40	49	41	47	44	55	58	57	53	47	52	44	55	47	46	40	44	37	55	61	58	57	53	47	
P2	17	15	17	17	15	15,5	16,5	22	14,5	15	15,5	12	12,5	13,5	11,5	14	13	13	13,5	11,5	12,5	13,5	12	12	12,5	
TOT.	69	55	66	58	62	59,5	71,5	80	71,5	68	62,5	64	56,5	68,5	50,5	60	63	67	59,5	66,5	73,5	71,5	69	65	59,5	

FACCIATA	RIBALTAMENTO										FACCIATA	TAGLIO										
	M2	Struttura a telaio			Puntelli di ritegno		Contrattori		Stalli			Catene		Cerchiatura			DANNO D4	Confinamento		Sbadacchiatura		Ripristino continuità muraria
	DANNO D4	Telaio in legno			Puntello di ritegno in legno		Contrattore in acciaio		Stalli con cavi in acciaio			Catene in acciaio		Cerchiatura con profili in acciaio				Incaricatura in legno e acciaio		Sbadacchiatura in legno		Scudi e cacci, sbucature e/o iniezioni
		Telaio in acciaio			Puntello di ritegno in acciaio		Contrattore in cemento		Cerchiatura con fasce in poliestere			Cerchiatura con fasce in poliestere		Cerchiatura con materiale fibrorinforzato			Paccaggio con materiale fibrorinforzato		Temporanea in muratura		Sigillatura a proiezione mediante robot	
P1	52	44	55	47	46	40	44	37	55	61	58	57	53	47	48	47	52	40	49	41	47	
P2	12	12,5	13,5	11,5	14	13	13	13,5	11,5	12,5	13,5	12	12	12,5	10	12	14	12,5	14,5	14	12,5	
TOT.	64	56,5	68,5	58,5	60	53	57	50,5	66,5	73,5	71,5	69	65	59,5	58	59	66	62,5	69,5	55	59,5	

CAPPELLE	RIBALTAMENTO										CAPPELLE	TABLIO										
	M22	Struttura a telaio			Puntelli di ritegno		Contraforti		Stralli	Catene		Cerchiatura		M23	Confinamento	Stadacchiatura	Ripristino continuità muraria					
	DANNO D3	Telaio in legno	Telaio in acciaio	Telaio tubi e giunti	Puntello di ritegno in legno	Puntello di ritegno in acciaio	Contraforte in muratura	Contraforte in acciaio	Contraforte in cemento	Stralli con cavi in acciaio		Catene in acciaio	Cerchiatura con profili in acciaio	Cerchiatura con cavi in acciaio	Cerchiatura con fasce in poliestere	Cerchiatura con materiale fibrorinforzato	DANNO D3	Incarichiatura in legno e acciaio	Piccaggio con materiale fibrorinforzato	Stadacchiatura in legno	Temporatura in muratura	Scudi e cudi, staccature e/o iniezioni
P1	52	44	55	47	46	40	44	37	55	61	59	57	53	47	P1	48	47	52	40	49	41	47
P2	12	12,5	13,5	11,5	14	13	13	13,5	11,5	12,5	13,5	12	12	12,5	P2	10	12	14	12,5	14,5	14	12,5
TOT.	64	56,5	68,5	58,5	60	53	57	50,5	66,5	73,5	71,5	69	65	59,5	TOT.	58	59	66	52,5	63,5	55	59,5

FASE 3 STRUTTURE VOLTE ARCO TRIONFALE	ARCHI	LES.	DISSESTO PUNTUALE		CAPPELLE	LESIONI GRAVI		DISSESTO DIFFUSO E/O CROLLO PARZIALE			
	M13	Ripristino	Puntello di sostegno			M24	Ripristino continuità muraria	Confin.	Centinatura		
	DANNO D2	Scudi e cudi, staccature e/o iniezioni	Puntello di sostegno in legno	Puntello di sostegno in acciaio		DANNO D3	Scudi e cudi, staccature e/o iniezioni	Stigliatura a proiezione mediante robot	Culture armate	Piccaggio con materiale fibrorinforzato	Centine in legno
P1	49	55	61	53	59	49	41	47	47	53	59
P2	14	11,5	12	11,5	12	12,5	10,5	11	8,5	10,5	10
TOT.	63	66,5	73	64,5	71	61,5	51,5	58	55,5	63,5	69

7. ORATORIO DI SAN ROCCO BOMPORTO (MO)

FASE 1 CAMPANILE TORRE CAMPANARIA	TORRE	DISSESTI GRAVI			PARZIALIZZAZIONE DELLA SEZIONE				ESPAUSIONE ELEMENTI VERTICALI				CELLA GELA CAMPANARIA	DISSESTI GRAVI		ROTORNAZIONE DEI RITTI E/O CROLLO PARZIALE													
	M27	Stadacchiatura	Ripristino continuità muraria	Struttura a telaio	Puntelli di ritegno		Contraforti	Catene	Cerchiatura		M28	Stadacchiatura		Ripristino continuità muraria	Struttura a telaio	Cerchiatura													
	DANNO D4	Stadacchiatura in legno	Temporatura in muratura	Scudi e cudi, staccature e/o iniezioni	Telaio in legno	Telaio in acciaio	Telaio tubi e giunti	Puntello di ritegno in legno	Puntello di ritegno in acciaio	Incarichiatura in legno e acciaio	Piccaggio con materiale fibrorinforzato	Catene in acciaio		Cerchiatura con profili in acciaio	Cerchiatura con cavi in acciaio	Cerchiatura con fasce in poliestere	Cerchiatura con materiale fibrorinforzato	DANNO D3	Stadacchiatura in legno	Temporatura in muratura	Scudi e cudi, staccature e/o iniezioni	Stigliatura a proiezione mediante robot	Culture armate	Telaio in acciaio	Telaio tubi e giunti	Cerchiatura con profili in acciaio	Cerchiatura con cavi in acciaio	Cerchiatura con fasce in poliestere	Cerchiatura con materiale fibrorinforzato
P1	52	40	49	41	47	52	44	55	47	46	48	47	61	59	57	53	47	P1	52	40	49	41	47	44	55	58	57	53	47
P2	18,5	16	18,5	16,5	16	16,5	17	18	16	18,5	12	16	15	17	15,5	16,5	17	P2	18,5	16	18,5	16,5	17	17	18	23	15,5	16,5	17
TOT.	70,5	56	67,5	59,5	63	68,5	61	73	63	64,5	60	63	76	75	72,5	69,5	64	TOT.	70,5	56	67,5	59,5	63	61	73	61	72,5	69,5	64

8. CHIESA DI SAN NICOLO' DA BARI BOMPORTO (MO)

FASE 1 CAMPANILE	CELLA CAMPANARIA	DISSESTI LIEVI						FASE 2 SETTI MURARI	FACCIATA	RIBALTAMENTO					
		M28		Struttura a telaio		Puntello di sostegno				M2		Puntelli di ritaglio		Cerchiatura	
		DANNO D2		Telaio in legno		Telaio in acciaio (riparo)				Puntello di sostegno in legno		Puntello di ritaglio in legno		Cerchiatura con cavi in acciaio	
		Socci e oculi, sbuccature e/o iniezioni		Telaio in legno		Telaio in acciaio (riparo)				Puntello di sostegno in legno		Puntello di ritaglio in acciaio		Cerchiatura con fascio in poliestere	
P1	49	52	44	55	61	61	P1	55	47	46	61	58	57	53	47
P2	15	12	14	12	13,5	13,5	P2	17,5	16,5	19	21	22	20,5	21,5	21
TOT.	64	64	58	67	74,5	74,5	TOT.	72,5	63,5	65	82	80	77,5	74,5	68

AULA	M5	RIBALTAMENTO						ABSIDE	M16	RIBALTAMENTO													
		DANNO D2		Puntelli di ritaglio		Cerchiatura				DANNO D3		Struttura a telaio		Puntelli di ritaglio		Cerchiatura							
		Telaio tubi e giunti		Puntello di ritaglio in legno		Puntello di ritaglio in acciaio				Calene in acciaio		Cerchiatura con profili in acciaio		Cerchiatura con cavi in acciaio		Cerchiatura con fascio in poliestere							
		Socci e oculi, sbuccature e/o iniezioni		Telaio in legno		Telaio in acciaio (riparo)				Calene in acciaio		Cerchiatura con profili in acciaio		Cerchiatura con cavi in acciaio		Cerchiatura con fascio in poliestere							
P1	55	47	46	61	58	57	53	47	P1	52	44	55	47	46	40	44	37	55	61	58	57	53	47
P2	17,5	16,5	19	21	22	20,5	21,5	21	P2	19	18,5	19,5	18,5	21	19	19	18,5	20	20	21	19,5	20,5	18
TOT.	72,5	63,5	65	82	80	77,5	74,5	68	TOT.	71	62,5	74,5	65,5	67	59	63	55,5	75	81	79	76,5	73,5	65

CUPOLA	CUPOLA		LESIONI LIEVI		TAMBURO	LESIONI LIEVI				LANTERNA	LESIONI GRAVI				DISSESTO GRAVE		CROLLO PARZIALE					
	M14		Ripristino	Centin.		M14	Sbadacchiatura	Ripristino	Cerchiatura		M15	Sbadacchiatura	Ripristino continuata muraria	Struttura a telaio	Cerchiatura	Chiusura dei setti murari						
	DANNO D1		Socci e oculi, sbuccature e/o iniezioni			DANNO D1		Sbadacchiatura in legno			Telaio in acciaio		Cerchiatura con cavi in acciaio		Cerchiatura con fascio in poliestere			Cerchiatura con materiale fibrorinforzato				
	Centine con tubi e giunti		Socci e oculi, sbuccature e/o iniezioni			Sbadacchiatura in legno		Telaio in acciaio			Cerchiatura con cavi in acciaio		Cerchiatura con fascio in poliestere		Cerchiatura con materiale fibrorinforzato			Tamponamento in legno				
P1	49	59		P1	52	45	49	57	53	47	P1	52	40	49	49	47	55	57	53	47	51	44
P2	18	15,5		P2	19	16,5	18	17,5	18	15	P2	19	13,5	18	15,5	16	16,5	16,5	17	14	17	15
TOT.	67	74,5		TOT.	71	61,5	67	74,5	71	62	TOT.	71	53,5	67	64,5	63	71,5	73,5	70	61	68	59

FASE 3 STRUTTURE VOLATE		ARCO TRIONFALE				VOLTE					ABSIDE		LESIONI GRAVI			DISSESTO DIFFUSO E/O CROLLO PARZIALE					
		ARCHI	LES.	DISSESTO PUNTUALE		NAVATA CENTRALE	LES.	DISSESTO PUNTUALE		M18	LESIONI GRAVI		DISSESTO DIFFUSO E/O CROLLO PARZIALE								
		M13	Ripristino	Puntello di sostegno		Centinatura		M8	Ripristino	Puntello di sostegno		Ripristino continuità muraria		Confin.		Centinatura					
DANNO D2		Scudi e cuci, stuccature e/o iniezioni		Puntello di sostegno in legno	Puntello di sostegno in acciaio	Centine in legno		Centine con tubi e giunti		Scudi e cuci, stuccature e/o iniezioni		Sigillatura a proiezione mediante robot		Cuciture armate		Paccaggio con materiale fibrorinforzato		Centine in legno		Centine con tubi e giunti	
P1	49	55	61	53	59	P1	49	55	61	53	59	P1	49	41	47	47	53	59			
P2	18	14,5	15	14	15,5	P2	18	14,5	15	14	15,5	P2	18	15,5	16	13,5	14	14,5			
TOT.	67	69,5	76	67	74,5	TOT.	67	69,5	76	67	74,5	TOT.	67	56,5	63	60,5	67	73,5			

9. CHIESA DI SANT'EGIDIO ABATE CAVEZZO (MO)

FASE 1 CAMPANILE		TORRE		DISSESTI GRAVI			PARZIALIZZAZIONE DELLA SEZIONE						ESPULSIONE ELEMENTI VERTICALI				
		M27	Sbadacchiatura	Ripristino continuità muraria		Struttura a telaio		Puntelli di ritegno		Confinamento		Catene		Cerchiatura			
		DANNO D4	Sbadacchiatura in legno	Temporatura in muratura	Scudi e cuci, stuccature e/o iniezioni	Sigillatura a proiezione mediante robot	Cuciture armate	Telaio in legno	Telaio in acciaio	Telaio tubi e giunti	Puntello di ritegno in legno	Puntello di ritegno in acciaio	Incaricatura in legno e acciaio	Paccaggio con materiale fibrorinforzato	Catene in acciaio	Cerchiatura con profili in acciaio	Cerchiatura con cavi in acciaio
P1	52	40	49	41	47	52	44	55	47	46	48	47	61	58	57	53	47
P2	24	22,5	24,5	23	21,5	21	20,5	22	20	23	18	19,5	21,5	23,5	21,5	22	20,5
TOT.	76	62,5	73,5	64	68,5	73	64,5	77	67	69	66	66,5	82,5	81,5	78,5	75	67,5

CELLA CAMPANARIA		DISSESTI GRAVI				ROTTORASLIZIONE DEI RITTI E/O CROLLO PARZIALE				FASE 2 SETTI MURARI		FACCIATA		RIBALTIMENTO												
		M28	Sbadacchiatura	Ripristino continuità muraria		Struttura a telaio		Cerchiatura				M1	Struttura a telaio		Puntelli di ritegno		Contrattori		Stralli		Catene		Cerchiatura			
		DANNO D4	Sbadacchiatura in legno	Temporatura in muratura	Scudi e cuci, stuccature e/o iniezioni	Sigillatura a proiezione mediante robot	Cuciture armate	Telaio in acciaio	Telaio tubi e giunti			Cerchiatura con profili in acciaio	Cerchiatura con cavi in acciaio	Cerchiatura con fasci in poliestere	Cerchiatura con materiale fibrorinforzato	DANNO D3	Telaio in legno	Telaio in acciaio	Telaio tubi e giunti	Puntello di ritegno in legno	Puntello di ritegno in acciaio	Contrattori in muratura	Contrattori in acciaio	Contrattori in cemento	Stralli con cavi in acciaio	Catene in acciaio
P1	52	40	49	41	47	44	55	58	57	53	47	P1	52	44	55	47	46	40	44	37	55	61	59	57	53	47
P2	24	22,5	24,5	23	21,5	20,5	22	26,5	21,5	22	20,5	P2	19	17,5	19	18	19,5	18	18	17,5	18	18,5	20,5	19,5	20	18
TOT.	76	62,5	73,5	64	68,5	64,5	77	84,5	78,5	75	67,5	TOT.	71	61,5	74	65	65,5	58	62	54,5	73	79,5	78,5	76,5	73	65

AULA	RIBALTAMENTO														CROLLO PARZ.		AULA			TAGLIO							
	M5	Struttura a telaio			Puntelli di ritegno		Contrafforti			Stralli	Catene	Cerchiatura			Chiusura dei setti murari		M6	Shadacchiatura	Ripristino								
	DANNO D4	Telaio in legno			Telaio in acciaio		Telaio tubi e giunti			Puntello di ritegno in legno	Puntello di ritegno in acciaio	Contestrate in muratura			Contestrate in acciaio	Contestrate in cemento	Stralli con cavi in acciaio	Catene in acciaio	Cerchiatura con profili in acciaio	Cerchiatura con cavi in acciaio	Cerchiatura con fasci in poliestere	Cerchiatura con materiale fibrorinforzato	Tamponamento in legno	Tamponamento in muratura	DANNO D1	Shadacchiatura in legno	Telaio in acciaio
P1	52	44	55	47	46	40	44	37	55	61	58	57	53	47	51	44	P1	52	45	49							
P2	20	18,5	20	19	20,5	19	19	18,5	18,5	19	21	20	20,5	19,5	22,5	20,5	P2	23,5	20	23							
TOT.	72	62,5	75	66	66,5	59	63	55,5	73,5	80	79	77	73,5	66,5	73,5	64,5	TOT.	75,5	65	72							

FASE 3 STRUTTURE VOLANTE														NAVATA CENTRALE			NAVATA LATERALE			TRANSETTO		
ARCHI		LESIONI GRAVI			DISSESTO DIFFUSO E/O CROLLO PARZIALE			VOLTE			CROLLO TOTALE			LESIONI GRAVI			DISSESTO DIFFUSO E/O CROLLO PARZIALE					
M13	Ripristino continuità muraria	Confin.	Centinatura	Cerchiatura				M8	/		M9	/		M12	Ripristino continuità muraria	Confin.	Centinatura					
DANNO D4	Scudi e cusi, sbaccature e/o iniezioni	Sigillatura a proiezione mediante robot	Cuciture armate	Placcaggio con materiale fibrorinforzato	Centine in legno	Centine con tubi e giunti	Cerchiatura con cavi in acciaio	Cerchiatura con fasci in poliestere	DANNO D5	Nessun intervento	DANNO D5	Nessun intervento	DANNO D4	Scudi e cusi, sbaccature e/o iniezioni	Sigillatura a proiezione mediante robot	Cuciture armate	Placcaggio con materiale fibrorinforzato					
P1	49	41	47	47	53	59	57	53	P1	0	P1	0	P1	49	41	47	47	53	59			
P2	16,5	15	14,5	12,5	14	14	15	15	P2	0	P2	0	P2	16,5	15	14,5	12,5	14	14			
TOT.	65,5	56	61,5	59,5	67	73	72	68	TOT.	0	TOT.	0	TOT.	65,5	56	61,5	59,5	67	73			

ABSIDE		DISSESTO PUNTUALE			AULA			DISSESTI GRAVI			CROLLO PARZIALE			TRANSETTO			CROLLO TOTALE		
M18	Ripristino	Puntello di sostegno	Centinatura		M19	/	Puntello di sostegno	Chiusura della copertura				M20	Chiusura della copertura						
DANNO D2	Scudi e cusi, sbaccature e/o iniezioni	Puntello di sostegno in legno	Puntello di sostegno in acciaio	Centine in legno	DANNO D4	Revisione della copertura	Puntello di sostegno in legno	Puntello di sostegno in acciaio	Copertura provvisoria in legno	Copertura provvisoria in acciaio	Copertura provvisoria in PVC	DANNO D5	Copertura provvisoria in legno	Copertura provvisoria in acciaio	Copertura provvisoria in PVC				
P1	49	55	61	53	59	P1	0	55	61	50	47	52	P1	50	47	52			
P2	16,5	14	14,5	14	15	P2	0	17	17,5	17	17	16,5	P2	17	17	16,5			
TOT.	65,5	69	75,5	67	74	TOT.	0	72	78,5	67	64	68,5	TOT.	67	64	68,5			

10. CHIESA DELLA BEATA VERGINE DEL ROSARIO FINALE EMILIA (MO)

FASE 1 CAMPANILE TORRE CAMPANARIA		TORRE		DISSESTI GRAVI				PARZIALIZZAZIONE DELLA SEZIONE				ESPULSIONE ELEMENTI VERTICALI				CELLA CELLA CAMPANARIA		DISSESTI LIEVI																	
		M27		Shadacchiatura		Ripristino continuità muraria		Struttura a telaio		Puntelli di ritegno		Confinamento		Catene				Cerchiatura		M28		Struttura a telaio		Puntello di sostegno		Catene									
		DANNO D4		Shadacchiatura in legno		Temporizzata in muratura		Scudi e oculi, sbaccature e/o iniezioni		Sigillatura a proiezione mediante robot		Cuciture armate		Telaio in legno				Telaio in acciaio		Telaio tubi e giunti		Puntello di ritegno in legno		Puntello di ritegno in acciaio		Incaricatura in legno e acciaio		Piacaggio con materiale fibrorinforzato		Catene in acciaio		Cerchiatura con profili in acciaio		Cerchiatura con cavi in acciaio	
P1	52	40	49	41	47	52	44	55	47	46	48	47	61	58	57	53	47	P1	49	52	44	55	61	61											
P2	22,5	20,5	23	22,5	20,5	19,5	20	20,5	18	21	16,5	20	19,5	21,5	19,5	20,5	21	P2	23	19,5	20	21	23	20,5											
TOT	74,5	60,5	72	63,5	67,5	71,5	64	75,5	65	67	64,5	67	80,5	79,5	76,5	73,5	68	TOT	72	71,5	64	76	84	81,5											

FASE 2 SETTI MURARI FACCIATA		FACCIATA		RIBALTAMENTO				FACCIATA		RIBALTAMENTO				FACCIATA		TAGLIO																			
		M1		Puntelli di ritegno		Catene		Cerchiatura		M2		Puntelli di ritegno		Catene		Cerchiatura		M3		Confinamento		Shadacchiatura		Ripristino continuità muraria											
		DANNO D2		Telaio tubi e giunti		Puntello di ritegno in legno		Puntello di ritegno in acciaio		Catene in acciaio		Cerchiatura con profili in acciaio		Cerchiatura con cavi in acciaio		Cerchiatura con fasce in poliestere		Cerchiatura con materiale fibrorinforzato		DANNO D2		Telaio tubi e giunti		Puntello di ritegno in legno		Puntello di ritegno in acciaio		Catene in acciaio		Cerchiatura con profili in acciaio		Cerchiatura con cavi in acciaio		Cerchiatura con fasce in poliestere	
P1	55	47	46	61	58	57	53	47	P1	55	47	46	61	58	57	53	47	P1	48	47	52	40	49	41	47										
P2	19	16,5	19	19	21	19,5	20	20	P2	19	16,5	19	19	21	19,5	20	20	P2	15	18	21	18,5	21,5	20,5	18,5										
TOT	74	63,5	65	80	79	76,5	73	67	TOT	74	63,5	65	80	79	76,5	73	67	TOT	63	65	73	58,5	70,5	61,5	65,5										

AULA		AULA		RIBALTAMENTO				AULA		TAGLIO																			
		M5		Struttura a telaio		Puntelli di ritegno		Contrafforti		Stralci		Catene		Cerchiatura		M6		Confinamento		Shadacchiatura		Ripristino continuità muraria							
		DANNO D3		Telaio in legno		Telaio in acciaio		Telaio tubi e giunti		Puntello di ritegno in legno		Puntello di ritegno in acciaio		Contrattore in muratura		Contrattore in acciaio		Contrattore in cemento		Stralci con cavi in acciaio		Catene in acciaio		Cerchiatura con profili in acciaio		Cerchiatura con cavi in acciaio		Cerchiatura con fasce in poliestere	
P1	52	44	55	47	46	40	44	37	55	61	58	57	53	47	P1	48	47	52	40	49	41	47							
P2	18,5	19	19	16,5	19	17	17,5	17,5	16,5	18	20	18,5	19	19	P2	15	18	21	18,5	21,5	20,5	18,5							
TOT	70,5	63	74	63,5	65	57	61,5	54,5	71,5	79	78	75,5	72	66	TOT	63	65	73	58,5	70,5	61,5	65,5							

ABSIDE		ABSIDE		TAGLIO				CAPPELLE		RIBALTAMENTO																																			
		M17		Confinamento		Shadacchiatura				Ripristino continuità muraria		M22		Struttura a telaio		Puntelli di ritegno		Contrafforti		Stralci		Catene		Cerchiatura																					
		DANNO D3		Incaricatura in legno e acciaio		Piacaggio con materiale fibrorinforzato				Shadacchiatura in legno		Temporizzata in muratura		Scudi e oculi, sbaccature e/o iniezioni		Sigillatura a proiezione mediante robot		Cuciture armate		DANNO D4		Telaio in legno		Telaio in acciaio		Telaio tubi e giunti		Puntello di ritegno in legno		Puntello di ritegno in acciaio		Contrattore in muratura		Contrattore in acciaio		Contrattore in cemento		Stralci con cavi in acciaio		Catene in acciaio		Cerchiatura con profili in acciaio		Cerchiatura con cavi in acciaio	
P1	48	47	52	40	49	41	47	P1	52	44	55	47	46	40	44	37	55	61	58	57	53	47																							
P2	17	19	24	21,5	24,5	22,5	20,5	P2	21,5	21	22	19,5	22	20	20,5	19,5	19,5	21	23	23	21,5	22	20																						
TOT	65	66	76	61,5	73,5	63,5	67,5	TOT	73,5	65	77	66,5	68	60	64,5	56,5	74,5	82	81	78,5	75	67																							

ALLEGATI

CAPPELLE		TABLIO				ARCO TRIONFALE		LESIONI GRAVI			DISSESTO DIFFUSO E/O CROLLO PARZIALE			NAVATA CENTRALE		LESIONI GRAVI		DISSESTO DIFFUSO E/O CROLLO PARZIALE					
M23	Confinamento	Shadachiatura		Ripristino continuità muraria		M13	Ripristino continuità muraria		Confin.	Centinatura	Cerchiatura		M8	Ripristino continuità muraria		Confin.	Centinatura						
DANNO D3	Incaricatura in legno e acciaio	Paccaggio con materiale fibrorinforzato		Scioli e cudi, sbucature e/o iniezioni		DANNO D3	Scioli e cudi, sbucature e/o iniezioni		Paccaggio con materiale fibrorinforzato		Centine in legno		DANNO D3	Scioli e cudi, sbucature e/o iniezioni		Paccaggio con materiale fibrorinforzato		Centine in legno					
P1	48	47	52	40	49	41	41	47	47	53	59	57	53	49	41	47	47	53	59				
P2	17	19	24	21,5	24,5	22,5	20,5	18	16	16	18	17,5	16,5	20,5	18	16	16	18	17,5				
TOT.	65	66	76	61,5	73,5	63,5	67,5			63	63	71	76,5	73,5	70			69,5	59	63	63	71	78,5

ABSIDE		LESIONI GRAVI		DISSESTO DIFFUSO E/O CROLLO PARZIALE		CAPPELLE		LESIONI GRAVI		DISSESTO DIFFUSO E/O CROLLO PARZIALE		AULA		DISSESTI LIEVI		ABSIDE		DISSESTI LIEVI			
M18	Ripristino continuità muraria		Confin.	Centinatura		M24	Ripristino continuità muraria		Confin.	Centinatura		M19	/		M21		/				
DANNO D8	Scioli e cudi, sbucature e/o iniezioni	Sigillatura a protezione mediante robot	Cuciture armate		Paccaggio con materiale fibrorinforzato		Centine in legno		Centine con tubi e giunti		DANNO D4	Scioli e cudi, sbucature e/o iniezioni	Sigillatura a protezione mediante robot	Cuciture armate		Paccaggio con materiale fibrorinforzato		Centine in legno		Centine con tubi e giunti	
P1	49	41	47	47	53	59	49	41	47	47	53	59	0			0			0		
P2	20,5	18	16	16	18	17,5	20,5	18	16	16	18	17,5	0			0			0		
TOT.	69,5	59	63	63	71	76,5	69,5	59	63	63	71	76,5	0			0			0		

11. CHIESA DI SAN BARTOLOMEO FINALE EMILIA (MO)

FASE 1 CAMPANILE		TORRE		DISSESTI LIEVI		CELLA		DISSESTI LIEVI		FACCIATA		RIBALTAMENTO							
TORRE CAMPANARIA		M27	Struttura a telaio		Catene		Ripristino		M28	Struttura a telaio		Puntello di sostegno		Catene					
DANNO D1	Telaio in acciaio	Telaio tubi e giunti	Catene in acciaio		Scioli e cudi, sbucature e/o iniezioni		Telaio in legno		Telaio in acciaio (interno)	Puntello di sostegno in legno	Puntello di sostegno in acciaio	Catene in acciaio		Catene in acciaio					
P1	44	55	61	49	49	52	44	55	61	61	55	47	46	61	58	57	53	47	
P2	21	23	22	24,5	24,5	21,5	21	22,5	24,5	22	18,5	16	18,5	17,5	19,5	18	18,5	18,5	
TOT.	65	78	83	73,5		73,5	73,5	65	77,5	85,5	83	73,5	63	64,5	78,5	77,5	76	71,5	65,5

FACCIATA		RIBALTAMENTO												
M2	Struttura a telaio	Puntelli di ritagno			Contraforti			Stralli	Catene	Cerchiatura				
DANNO D3	Telaio in legno Telaio in acciaio Telaio tubi e giunti	Puntello di ritagno in legno Puntello di ritagno in acciaio			Contraforte in muratura Contraforte in acciaio Contraforte in cemento			Stralli con cavi in acciaio Catene in acciaio	Cerchiatura con profili in acciaio Cerchiatura con cavi in acciaio Cerchiatura con laccio in poliestere Cerchiatura con materiale fibrorinforzato					
P1	52	44	55	47	46	40	44	37	55	61	58	57	53	47
P2	17,5	18	18,5	16	18,5	16,5	17	17	16	16,5	18,5	17	17,5	17,5
TOT.	69,5	62	73,5	63	64,5	56,5	61	54	71	77,5	76,5	74	70,5	64,5

AULA		RIBALTAMENTO												
M6	Struttura a telaio	Puntelli di ritagno			Contraforti			Stralli	Catene	Cerchiatura				
DANNO D3	Telaio in legno Telaio in acciaio Telaio tubi e giunti	Puntello di ritagno in legno Puntello di ritagno in acciaio			Contraforte in muratura Contraforte in acciaio Contraforte in cemento			Stralli con cavi in acciaio Catene in acciaio	Cerchiatura con profili in acciaio Cerchiatura con cavi in acciaio Cerchiatura con laccio in poliestere Cerchiatura con materiale fibrorinforzato					
P1	52	44	55	47	46	40	44	37	55	61	58	57	53	47
P2	17,5	18	18,5	16	18,5	16,5	17	17	16	16,5	18,5	17	17,5	17,5
TOT.	69,5	62	73,5	63	64,5	56,5	61	54	71	77,5	76,5	74	70,5	64,5

ABSIDE		RIBALTAMENTO										ARCHI				LESIONI GRAVI		DISSESTO DIFFUSO E/O CROLLO PARZIALE		
M16	Struttura a telaio	Puntelli di ritagno			Contraforti			Stralli	Catene	Cerchiatura			M18	Ripristino continuità muraria	Confin.	Centatura				
DANNO D4	Telaio in legno Telaio in acciaio Telaio tubi e giunti	Puntello di ritagno in legno Puntello di ritagno in acciaio			Contraforte in muratura Contraforte in acciaio Contraforte in cemento			Stralli con cavi in acciaio Catene in acciaio	Cerchiatura con profili in acciaio Cerchiatura con cavi in acciaio Cerchiatura con laccio in poliestere Cerchiatura con materiale fibrorinforzato											
P1	52	44	55	47	46	40	44	37	55	61	58	57	53	47	49	41	47	47	53	59
P2	17,5	18	18,5	16	18,5	16,5	17	17	16	16,5	18,5	17	17,5	17,5	15	12	13	11	12	12,5
TOT.	69,5	62	73,5	63	64,5	56,5	61	54	71	77,5	76,5	74	70,5	64,5	64	53	60	58	65	71,5

VOLTE		NAVATA CENTRALE		CROLLO TOTALE		ABSIDE		LESIONI GRAVI		DISSESTO DIFFUSO E/O CROLLO PARZIALE		CAPPELLE		LESIONI GRAVI		DISSESTO DIFFUSO E/O CROLLO PARZIALE				
M8	/	M16	Ripristino continuità muraria	Confin.	Centatura	M24	Ripristino continuità muraria	Confin.	Centatura											
DANNO D5	Nessun intervento	DANNO D3	Soeci e cacci, sbuccature e/o iniezioni Sigillatura a proiezione mediante robot Cuciture armate	Placcaggio con materiale fibrorinforzato	Centine in legno Centine con tubi e giunti	DANNO D3	Soeci e cacci, sbuccature e/o iniezioni Sigillatura a proiezione mediante robot Cuciture armate	Placcaggio con materiale fibrorinforzato	Centine in legno Centine con tubi e giunti											
P1	0	P1	49	41	47	47	49	41	47	47	53	59	P1	49	41	47	47	53	59	
P2	0	P2	15	12	13	11	12	12	12,5	P2	15	12	13	11	12	12	12,5	P2	0	0
TOT.	0	TOT.	64	53	60	58	65	71,5	TOT.	64	53	60	58	65	71,5	TOT.	0	TOT.	0	0

VOLTE		AULA		DISSESTI LIEVI		ABSIDE		DISSESTI LIEVI	
M19	/	M21	/						
DANNO D2	Revisione della copertura	DANNO D2	Revisione della copertura						
P1	0	P1	0						
P2	0	P2	0						
TOT.	0	TOT.	0						

13. CHIESA DEI SS SENESIO E TEOPOMPO MARTIRI MEDOLLA (MO)

ALLEGATI

FASE 1 CAMPANIE	TORRE CAMPANARIA	TORRE		DISSESTI GRAVI				PARZIALIZZAZIONE DELLA SEZIONE						ESPULSIONE ELEMENTI VERTICALI																							
		M27		Sbadacchiatura		Ripristino continuità muraria		Struttura a telaio		Puntelli di ritegno		Confinamento		Catene		Cerchiatura																					
		DANNO D3		Sbadacchiatura in legno		Temperatura in muratura		Scioci e cucci, sbuccature e/o iniezioni		Sigillatura a proiezione mediante robot		Cotture ampie		Telaio in legno		Telaio in acciaio		Telaio tubi e giunti		Puntello di ritegno in legno		Puntello di ritegno in acciaio		Incaricatura in legno e acciaio		Paccaggio con materiale fibrorinforzato		Catene in acciaio		Cerchiatura con profili in acciaio		Cerchiatura con cavi in acciaio		Cerchiatura con fasce in poliestere		Cerchiatura con materiale fibrorinforzato	
		P1	52	40	49	41	47	44	55	58	57	53	47	21	20,5	22	19,5	22	20	21	23	21,5	22	20	48	47	55	61	58	57	53	47					
		P2	25,5	22,5	26	24	21,5	22,5	20,5	23,5	21	23,5	17,5	20,5	22	61	58	57	53	47																	
TOT.	77,5	62,5	75	65	68,5	74,5	64,5	78,5	68	69,5	65,5	67,5	83	82	79,5	76,5	68,5																				

CELLA CAMPANARIA	CELLA	DISSESTI GRAVI		ROTOTRASLAZIONE DEI RITTI E/O GROLLO PARZIALE				FACCIATA		RIBALTAMENTO																																					
		M28		Sbadacchiatura		Ripristino continuità muraria		Struttura a telaio		Cerchiatura		M1		Struttura a telaio		Puntelli di ritegno		Contrafforti		Stralli		Catene		Cerchiatura																							
		DANNO D4		Sbadacchiatura in legno		Temperatura in muratura		Scioci e cucci, sbuccature e/o iniezioni		Sigillatura a proiezione mediante robot		Cotture ampie		Telaio in acciaio		Telaio tubi e giunti		Cerchiatura con profili in acciaio		Cerchiatura con cavi in acciaio		Cerchiatura con fasce in poliestere		Cerchiatura con materiale fibrorinforzato		Puntello di ritegno in legno		Puntello di ritegno in acciaio		Contrafforte in muratura		Contrafforte in acciaio		Contrafforte in cemento		Stralli con cavi in acciaio		Catene in acciaio		Cerchiatura con profili in acciaio		Cerchiatura con cavi in acciaio		Cerchiatura con fasce in poliestere		Cerchiatura con materiale fibrorinforzato	
		P1	52	40	49	41	47	44	55	58	57	53	47	21	20,5	22	19,5	22	20	21	23	21,5	22	20	48	47	55	61	58	57	53	47															
		P2	25,5	22,5	26	24	21,5	20,5	23,5	28,5	22,5	23,5	21,5	21	20,5	22	19,5	22	20	21	23	21,5	22	20	48	47	55	61	58	57	53	47															
TOT.	77,5	62,5	75	65	68,5	64,5	78,5	86,5	79,5	76,5	68,5	73	64,5	77	66,5	68	60	64,5	56,5	75	82	81	78,5	75	67	65	66	76	61,5	73,5	63,5	67,5															

FACCIATA	M2	RIBALTAMENTO								FACCIATA		TAGLIO																																			
		Struttura a telaio				Puntelli di ritegno		Contrafforti		Stralli		Catene		Cerchiatura		M8		Confinamento		Sbadacchiatura		Ripristino continuità muraria																									
		DANNO D3		Telaio in legno		Telaio in acciaio		Telaio tubi e giunti		Puntello di ritegno in legno		Puntello di ritegno in acciaio		Contrafforte in muratura		Contrafforte in acciaio		Contrafforte in cemento		Stralli con cavi in acciaio		Catene in acciaio		Cerchiatura con profili in acciaio		Cerchiatura con cavi in acciaio		Cerchiatura con fasce in poliestere		Cerchiatura con materiale fibrorinforzato		DANNO D3		Incaricatura in legno e acciaio		Paccaggio con materiale fibrorinforzato		Sbadacchiatura in legno		Temperatura in muratura		Scioci e cucci, sbuccature e/o iniezioni		Sigillatura a proiezione mediante robot		Cotture ampie	
		P1	52	44	55	47	46	40	44	37	55	61	58	57	53	47	20	48	47	52	40	49	41	47																							
		P2	21	20,5	22	19,5	22	20	20,5	19,5	20	21	23	21,5	22	20	20	17	19	24	21,5	24,5	22,5	20,5																							
TOT.	73	64,5	77	66,5	68	60	64,5	56,5	75	82	81	78,5	75	67	65	66	76	61,5	73,5	63,5	67,5																										

AULA	AULA	RIBALTAMENTO								AULA		TAGLIO																																			
		M5				Struttura a telaio		Puntelli di ritegno		Contrafforti		Stralli		Catene		Cerchiatura		M6		Confinamento		Sbadacchiatura		Ripristino continuità muraria																							
		DANNO D3		Telaio in legno		Telaio in acciaio		Telaio tubi e giunti		Puntello di ritegno in legno		Puntello di ritegno in acciaio		Contrafforte in muratura		Contrafforte in acciaio		Contrafforte in cemento		Stralli con cavi in acciaio		Catene in acciaio		Cerchiatura con profili in acciaio		Cerchiatura con cavi in acciaio		Cerchiatura con fasce in poliestere		Cerchiatura con materiale fibrorinforzato		DANNO D3		Incaricatura in legno e acciaio		Paccaggio con materiale fibrorinforzato		Sbadacchiatura in legno		Temperatura in muratura		Scioci e cucci, sbuccature e/o iniezioni		Sigillatura a proiezione mediante robot		Cotture ampie	
		P1	52	44	55	47	46	40	44	37	55	61	58	57	53	47	20	48	47	52	40	49	41	47																							
		P2	21	20,5	22	19,5	22	20	20,5	19,5	20	21	23	21,5	22	20	17	19	24	21,5	24,5	22,5	20,5																								
TOT.	73	64,5	77	66,5	68	60	64,5	56,5	75	82	81	78,5	75	67	65	66	76	61,5	73,5	63,5	67,5																										

ABSIDE	TAGLIO			CAPPELLE	RIBALTAMENTO														
	M17	Sbadacchiatura	Ripristino		M22	Struttura a telaio			Puntelli di ritengo			Contraforti			Stralli	Catene	Cerchiatura		
	DANNO D2	Sbadacchiatura in legno	Telaio in acciaio		DANNO D3	Telaio in legno	Telaio in acciaio	Telaio tubi e giunti	Puntello di ritengo in legno	Puntello di ritengo in acciaio	Contraforte in muratura	Contraforte in acciaio	Contraforte in cemento	Stralli con cavi in acciaio	Catene in acciaio	Cerchiatura con profili in acciaio	Cerchiatura con cavi in acciaio	Cerchiatura con fasce in poliestere	Cerchiatura con materiale fibrorinforzato
P1	52	45	49	P1	52	44	55	47	46	40	44	37	55	61	58	57	53	47	
P2	24	22	24,5	P2	21	20,5	22	19,5	22	20	20,5	19,5	20	21	23	21,5	22	20	
TOT.	76	67	73,5	TOT.	73	64,5	77	66,5	68	60	64,5	56,5	75	82	81	78,5	75	67	

CAPPELLE	TAGLIO				FASCE & STRUTTURE VOLATE	ARCO TRIONFALE	ARCHI		LESIONI GRAVI		DISSESTO DIFFUSO E/O CROLLO PARZIALE		NAVATA CENTRALE	LESIONI GRAVI		DISSESTO DIFFUSO E/O CROLLO PARZIALE					
	M23	Confinamento	Sbadacchiatura	Ripristino continuità muraria			M13	Ripristino continuità muraria	Confin.	Centinatura	M8	Ripristino continuità muraria		Confin.	Centinatura						
	DANNO D3	Incamicatura in legno e acciaio	Placcaggio con materiale fibrorinforzato	Sbadacchiatura in legno			Temporatura in muratura	Scaudi e cucci, stuccature e/o iniezioni	Sigillatura a pressione mediante robot	Cuciture armate	Placcaggio con materiale fibrorinforzato	Centine in legno		Centine con tubi e giunti	DANNO D3	Scaudi e cucci, stuccature e/o iniezioni	Sigillatura a pressione mediante robot	Cuciture armate	Placcaggio con materiale fibrorinforzato	Centine in legno	Centine con tubi e giunti
P1	48	47	52	40	49	41	47	47	53	59	P1	49	41	47	47	53	59				
P2	17	19	24	21,5	24,5	22,5	20,5	P2	14	12	10	12	11,5	P2	14	12	10	12	11,5		
TOT.	65	66	76	61,5	73,5	63,5	67,5	TOT.	63	53	59	57	65	70,5	TOT.	63	53	59	57	65	70,5

NAVATA LATERALE	CROLLO TOTALE	ABSIDE	CROLLO TOTALE	CAPPELLE	CROLLO TOTALE	FASCE COEPRITURE	AULA	DISSESTI LIEVI
M9	/	M18	/	M24	/	DANNO D5	M19	/
DANNO D5	Nessun intervento	DANNO D5	Nessun intervento	DANNO D5	Nessun intervento	DANNO D1	Revisione della copertura	
P1	0	P1	0	P1	0	P1	0	
P2	0	P2	0	P2	0	P2	0	
TOT.	0	TOT.	0	TOT.	0	TOT.	0	

14. CHIESA DELLA BEATA VERGINE DELLA PORTA MIRANDOLA (MO)

ALLEGATI

FASE 1 CAMPANIE	TORRE CAMPANARIA	TORRE	DISSESTI GRAVI					PARZIALIZZAZIONE DELLA SEZIONE					ESPULSIONE ELEMENTI VERTICALI															
		M27	Sbadacchiatura		Ripristino continuità muraria			Struttura a telaio			Puntelli di ritegno		Confinamento		Catene	Cerchiatura												
		DANNO D3	Sbadacchiatura in legno		Temporizzata in muratura			Soci e cucci, staccature e/o iniezioni			Sigillatura a proiezione mediante robot			Cuciture armate		Telaio in legno	Telaio in acciaio	Telaio tubi e giunti	Puntello di ritegno in legno	Puntello di ritegno in acciaio	Incaricatura in legno e acciaio	Paccaggio con materiale fibrorinforzato		Catene in acciaio	Cerchiatura con profili in acciaio	Cerchiatura con cavi in acciaio	Cerchiatura con fasce in poliestere	Cerchiatura con materiale fibrorinforzato
		P1	52	40	49	41	47	52	44	55	47	46	48	47	61	58	57	53	47									
	P2	19,5	17	20	19	17	17,5	16,5	18,5	16	18,5	13,5	16,5	16,5	18,5	17	17,5	17,5										
	TOT.	71,5	57	69	60	64	69,5	60,5	73,5	63	64,5	61,5	63,5	77,5	76,5	74	70,5	64,5										

CELLA CAMPANARIA	CELLA	DISSESTI GRAVI					ROTOTRASLAZIONE DEI RITTI E/O CROLLO PARZIALE					FASE 2 SETTI MURARI	FACCIATA	RIBALTAMENTO									
		M28	Sbadacchiatura		Ripristino continuità muraria			Struttura a telaio			Cerchiatura			M1	Puntelli di ritegno		Catene	Cerchiatura					
		DANNO D4	Sbadacchiatura in legno		Temporizzata in muratura			Soci e cucci, staccature e/o iniezioni			Sigillatura a proiezione mediante robot			Cuciture armate		Telaio in acciaio	Telaio tubi e giunti	Cerchiatura con profili in acciaio	Cerchiatura con cavi in acciaio	Cerchiatura con fasce in poliestere	Cerchiatura con materiale fibrorinforzato		
		P1	52	40	49	41	47	44	55	58	57			53	47	55	47	46	61	58	57	53	47
	P2	19,5	17	20	19	17	16,5	18,5	23	17	17,5	17,5	19	16,5	19	19	21	19,5	20	20			
	TOT.	71,5	57	69	60	64	60,5	73,5	81	74	70,5	64,5	74	63,5	65	80	79	76,5	73	67			

FACCIATA	M2	RIBALTAMENTO						FACCIATA	M3	TAGLIO												
		Telaio tubi e giunti		Puntelli di ritegno		Catene	Cerchiatura			Confinamento		Sbadacchiatura		Ripristino continuità muraria								
		DANNO D1		Telaio in legno		Puntello di ritegno in legno				Puntello di ritegno in acciaio		Catene in acciaio		Cerchiatura con profili in acciaio			Cerchiatura con cavi in acciaio		Cerchiatura con fasce in poliestere		Cerchiatura con materiale fibrorinforzato	
		P1	55	47	46	61	58			57	53	47	P1	48	47	52	40	49	41	47		
	P2	19	16,5	19	19	21	19,5	20	20	P2	15	18	21	18,5	21,5	20,5	18,5					
	TOT.	74	63,5	65	80	79	76,5	73	67	TOT.	63	65	73	58,5	70,5	61,5	65,5					

AULA	AULA	RIBALTAMENTO										AULA	TAGLIO																		
		M5	Struttura a telaio		Puntelli di ritegno		Contaffortiti		Stralli	Catene	Cerchiatura			M6	Confinamento		Sbadacchiatura	Ripristino continuità muraria													
		DANNO D4	Telaio in legno		Telaio in acciaio		Telaio tubi e giunti		Puntello di ritegno in legno		Puntello di ritegno in acciaio		Contattare in muratura		Contattare in acciaio		Contattare in cemento		Stelli con cavi in acciaio	Catene in acciaio	Incaricatura in legno e acciaio			Paccaggio con materiale fibrorinforzato		Sbadacchiatura in legno	Temporizzata in muratura	Soci e cucci, staccature e/o iniezioni	Sigillatura a proiezione mediante robot	Cuciture armate	
		P1	52	44	55	47	46	40	44	37	55		61	58	57	53	47	48	47	52	40	49	41	47							
	P2	18,5	19	19	16,5	19	17	17,5	17,5	16,5	18	20	18,5	19	19	15	18	21	18,5	21,5	20,5	18,5									
	TOT.	70,5	63	74	63,5	65	57	61,5	54,5	71,5	79	78	75,5	72	66	63	65	73	58,5	70,5	61,5	65,5									

CUPOLA	LESIONI GRAVI E/O CROLLO PARZIALE							LESIONI GRAVI							LESIONI GRAVI			DISSESTO GRAVE					
	M14							M14							M15			M15					
	Ripristino continuità muraria							Sbadacchiatura							Ripristino continuità muraria			Struttura a telaio					
	DANNO D4							Sbadacchiatura in legno							DANNO D5			Sbadacchiatura in legno					
	Scioci e cucchi, sbuccature e/o iniezioni							Temponatura in muratura							Scioci e cucchi, sbuccature e/o iniezioni			Cuciture armate					
	Sigillatura a proiezione mediante robot							Scioci e cucchi, sbuccature e/o iniezioni							Cuciture armate			Tavole tubi e giunti					
	Piscaggio con materiale fibrorinforzato							Scioci e cucchi, sbuccature e/o iniezioni							Cuciture armate			Tavole tubi e giunti					
	Centine con tubi e giunti							Scioci e cucchi, sbuccature e/o iniezioni							Cuciture armate			Tavole tubi e giunti					
	Cerchiatura							Scioci e cucchi, sbuccature e/o iniezioni							Cuciture armate			Tavole tubi e giunti					
	Cerchiatura con cavi in acciaio							Scioci e cucchi, sbuccature e/o iniezioni							Cuciture armate			Tavole tubi e giunti					
	Cerchiatura con laccate in poliestere							Scioci e cucchi, sbuccature e/o iniezioni							Cuciture armate			Tavole tubi e giunti					
	Cerchiatura con materiale fibrorinforzato							Scioci e cucchi, sbuccature e/o iniezioni							Cuciture armate			Tavole tubi e giunti					
P1	49	41	47	59	57	53	47	P1	52	40	49	41	47	P1	52	40	49	41	47	55	57	53	47
P2	20,5	19	17	18	17	17,5	17,5	P2	19,5	17	20,5	19	17	P2	19,5	17	20,5	19	17	17,5	17	17,5	17,5
TOT.	69,5	60	64	77	74	70,5	64,5	TOT.	71,5	57	69,5	60	64	TOT.	71,5	57	69,5	60	64	72,5	74	70,5	64,5

15. CHIESA DEL GESU' MIRANDOLA (MO)

FASE 2 SETTI MURARI	RIBALTAMENTO												TAGLIO		
	M1												M3		
	DANNO D2												DANNO D2		
	Tavole tubi e giunti												Sbadacchiatura in legno		
	Puntelli di ritegno												Tavole in acciaio		
	Catene												Tavole in acciaio		
	Cerchiatura												Scioci e cucchi, sbuccature e/o iniezioni		
	Cerchiatura con cavi in acciaio												Scioci e cucchi, sbuccature e/o iniezioni		
	Cerchiatura con cavi in acciaio												Scioci e cucchi, sbuccature e/o iniezioni		
	Cerchiatura con laccate in poliestere												Scioci e cucchi, sbuccature e/o iniezioni		
	Cerchiatura con materiale fibrorinforzato												Scioci e cucchi, sbuccature e/o iniezioni		
P1	55	47	46	61	58	57	53	47	P1	52	45	49			
P2	17,5	16,5	18	18,5	20,5	19,5	19,5	17,5	P2	20,5	18,5	20			
TOT.	72,5	63,5	64	79,5	78,5	76,5	72,5	64,5	TOT.	72,5	63,5	69			

AULA	RIBALTAMENTO												TAGLIO					
	M5												M6					
	DANNO D4												DANNO D2					
	Struttura a telaio												Sbadacchiatura in legno					
	Puntelli di ritegno												Tavole in acciaio					
	Contrafforti												Tavole in acciaio					
	Stralini												Scioci e cucchi, sbuccature e/o iniezioni					
	Catene												Scioci e cucchi, sbuccature e/o iniezioni					
	Cerchiatura												Scioci e cucchi, sbuccature e/o iniezioni					
	Cerchiatura con cavi in acciaio												Scioci e cucchi, sbuccature e/o iniezioni					
	Cerchiatura con cavi in acciaio												Scioci e cucchi, sbuccature e/o iniezioni					
	Cerchiatura con laccate in poliestere												Scioci e cucchi, sbuccature e/o iniezioni					
	Cerchiatura con materiale fibrorinforzato												Scioci e cucchi, sbuccature e/o iniezioni					
P1	52	44	55	47	46	40	44	37	55	61	58	57	53	47	P1	52	45	49
P2	17,5	16	17,5	16,5	18	17	17	16,5	16	17,5	19,5	18,5	18,5	16,5	P2	20,5	18,5	20
TOT.	69,5	60	72,5	63,5	64	57	61	53,5	71	78,5	77,5	75,5	71,5	63,5	TOT.	72,5	63,5	69

TRANSETTO	RIBALTAMENTO											TRANSETTO	TAGLIO									
	M10	Struttura a telaio			Puntelli di ritegno		Contraforti		Stralli	Catene	Cerchiatura		M11	Confinamento	Sbadacchiatura	Ripristino continuità muraria						
	DANNO D3	Telaio in legno	Telaio in acciaio	Telaio tubi e giunti	Puntello di ritegno in legno	Puntello di ritegno in acciaio	Contraforte in muratura	Contraforte in acciaio	Contraforte in cemento	Stralli con cavi in acciaio	Catene in acciaio		Cerchiatura con profili in acciaio	Cerchiatura con cavi in acciaio	Cerchiatura con laceri in polietilene	Cerchiatura con materiale fibrorinforzato	DANNO D3	Incaricatura in legno e acciaio	Piccaggio con materiale fibrorinforzato	Sbadacchiatura in legno	Temporatura in muratura	Scudi e cusi, stuccature e/o iniezioni
P1	52	44	55	47	46	40	44	37	55	61	58	57	53	47	P1	48	47	52	40	49	41	47
P2	17,5	16	17,5	16,5	18	17	17	16,5	16	17,5	19,5	18,5	18,5	16,5	P2	15	15,5	20,5	18,5	20	19	18
TOT.	69,5	60	72,5	63,5	64	57	61	53,5	71	78,5	77,5	75,5	71,5	63,5	TOT.	63	62,5	72,5	58,5	69	60	65

ABSIDE	ABSIDE		TAGLIO					FASE 3 STRUTTURE VOLTE	ARCO TRIONFALE	ARCHI		LESIONI GRAVI		DISSESTO DIFFUSO E/O CROLLO PARZIALE		VOLTE	NAVATA CENTRALE	CROLLO TOTALE
	M17	Confinamento	Sbadacchiatura		Ripristino continuità muraria		M13			Ripristino continuità muraria	Confin.	Cerchatura	M8	/				
	DANNO D3	Incaricatura in legno e acciaio	Piccaggio con materiale fibrorinforzato	Sbadacchiatura in legno	Temporatura in muratura	Scudi e cusi, stuccature e/o iniezioni	Sigillatura a proiezione mediante robot			Cuciture armate	DANNO D4	Scudi e cusi, stuccature e/o iniezioni	Sigillatura a proiezione mediante robot	Cuciture armate	Piccaggio con materiale fibrorinforzato		Cerchatura in legno	Cerchatura con tubi e giunti
P1	48	47	52	40	49	41	47	P1	49	41	47	47	53	59	P1	0		
P2	15	15,5	20,5	18,5	20	19	18	P2	19	16	16	14	14	15,5	P2	0		
TOT.	63	62,5	72,5	58,5	69	60	65	TOT.	68	57	63	61	67	74,5	TOT.	0		

TRANSETTO	LESIONI GRAVI		DISSESTO DIFFUSO E/O CROLLO PARZIALE		ABSIDE	CROLLO TOTALE	FASE 4 COPERTURE	AULA		DISSESTI GRAVI	CROLLO PARZIALE		TRANSETTO	DISSESTI LIEVI	
	M12	Ripristino continuità muraria	Confin.	Cerchatura				M16	/	M19	/	Chiusura della copertura		M20	/
	DANNO D3	Scudi e cusi, stuccature e/o iniezioni	Sigillatura a proiezione mediante robot	Cuciture armate				Piccaggio con materiale fibrorinforzato	Cerchatura in legno	Cerchatura con tubi e giunti	DANNO D4	Revisione della copertura		Copertura provvisoria in legno	Copertura provvisoria in acciaio
P1	49	41	47	47	53	59	P1	0	50	47	52	P1	0		
P2	19	16	16	14	14	15,5	P2	0	19,5	19,5	18,5	P2	0		
TOT.	68	57	63	61	67	74,5	TOT.	0	69,5	66,5	70,5	TOT.	0		

16. CHIESA DI SAN MICHELE ARCANGELO NOVI DI MODENA (MO)

FASE 1 CAMPANILE TORRE CAMPANARIA	TORRE	DISSESTI GRAVI					PARZIALIZZAZIONE DELLA SEZIONE					ESPULSIONE ELEMENTI VERTICALI				CROLLO PARZIALE															
	M27	Sbadacchiatura		Ripristino continuità muraria			Struttura a telaio			Puntelli di ritegno		Confinamento		Catene		Cerchiatura		Chiusura dei setti murari		Chiusura della copertura											
	DANNO D4	Sbadacchiatura in legno		Temponatura in muratura			Telaio in legno			Telaio in acciaio		Telaio tubi e giunti		Puntello di ritegno in legno		Puntello di ritegno in acciaio		Incastratura in legno e acciaio		Placcaggio con materiale fibrorinforzato		Catene in acciaio		Cerchiatura con profili in acciaio		Cerchiatura con cavi in acciaio		Cerchiatura con fasci in poliestere		Cerchiatura con materiale fibrorinforzato	
		P1	52	40	49	41	47	52	44	55	47	46	48	47	61	58	57	53	47	51	44	50	47	52							
P2	18,5	17	18,5	17,5	16	16,5	16	18	16	18,5	13	14	16	18	16,5	16,5	15	17,5	17	16,5	16,5	15,5									
TOT.	70,5	57	67,5	58,5	63	68,5	60	73	63	64,5	61	61	77	76	73,5	69,5	62	68,5	61	66,5	63,5	67,5									

CELLA CAMPANARIA	CELLA	DISSESTI LIEVI				FASE 2 SETTI MURARI FACCIATA	FACCIATA	RIBALTAMENTO															
	M28	Struttura a telaio		Puntello di sostegno			Catene		Puntelli di ritegno			Cerchiatura											
	DANNO D2	Soci e cuci, sbadacchiatura e/o iniezioni		Telaio in legno			Telaio in acciaio (ritegno)		Puntello di sostegno in legno		Puntello di sostegno in acciaio		Catene in acciaio		Cerchiatura con profili in acciaio			Cerchiatura con cavi in acciaio		Cerchiatura con fasci in poliestere		Cerchiatura con materiale fibrorinforzato	
		P1	49	52	44		55	61	61	55	47	61	58	57	53	47	51	44	50	47	52		
P2	18,5	16,5	16	16	17,5	16	19,5	16,5	16	17,5	16	17	17	19	17,5	16	17,5	17	16,5	16	17		
TOT.	67,5	68,5	60	71	78,5	77	74,5	63,5	65	78	77	74,5	71	64,5									

FACCIATA	M2	RIBALTAMENTO							FACCIATA	TAGLIO																	
	DANNO D3	Struttura a telaio		Puntelli di ritegno		Contrafforti		Stralli		Catene	Cerchiatura		M3	Sbadacchiatura		Ripristino											
		Telaio in legno		Telaio in acciaio		Telaio tubi e giunti		Puntello di ritegno in legno		Puntello di ritegno in acciaio		Contrafforte in muratura		Contrafforte in acciaio		Contrafforte in cemento		Stralli con cavi in acciaio	Catene in acciaio	Cerchiatura con profili in acciaio		Cerchiatura con cavi in acciaio		Cerchiatura con fasci in poliestere		Cerchiatura con materiale fibrorinforzato	
	P1	52	44	55	47	46	40	44		37	55	61	58	57	53	47	52	45	49								
P2	18	18,5	19,5	16,5	19	16,5	17,5	17	17	16	18	16,5	17	16,5	19	17	20										
TOT.	70	62,5	74,5	63,5	65	56,5	61,5	54	72	77	76	73,5	70	63,5	71	62	69										

AULA	AULA	RIBALTAMENTO										ABSIDE	TAGLIO															
	M5	Struttura a telaio		Puntelli di ritegno		Contrafforti		Stralli	Catene	Cerchiatura			DANNO D3	Confinamento		Sbadacchiatura		Ripristino continuità muraria										
	DANNO D4	Telaio in legno		Telaio in acciaio		Telaio tubi e giunti		Puntello di ritegno in legno		Puntello di ritegno in acciaio				Contrafforte in muratura		Contrafforte in acciaio		Contrafforte in cemento		Stralli con cavi in acciaio	Catene in acciaio	Cerchiatura con profili in acciaio		Cerchiatura con cavi in acciaio		Cerchiatura con fasci in poliestere		Cerchiatura con materiale fibrorinforzato
		P1	52	44	55	47	46	40	44	37	55		61	58	57	53	47	48	47	52	40	49	41	47				
P2	18	17,5	19,5	17,5	20	18,5	18,5	18	17	17	19	17,5	18	16,5	13,5	15,5	20	18	20	19	17							
TOT.	70	61,5	74,5	64,5	66	58,5	62,5	55	72	78	77	74,5	71	63,5	61,5	62,5	72	58	69	60	64							

FASE 3 STRUTTURE VOLATE		ARCO TRIONFALE				VOLUME				TRANSETTO		LES.		DISSESTO PUNTUALE								
		ARCHI		LESIONI GRAVI		DISSESTO DIFFUSO E/O CROLLO PARZIALE		NAVATA CENTRALE		CROLLO TOTALE		NAVATA LATERALE		LESIONI GRAVI		DISSESTO DIFFUSO E/O CROLLO PARZIALE						
		M13	Ripristino continuità muraria		Confin.	Centinatura		M8	/		M9	Ripristino continuità muraria		Confin.	Centinatura							
DANNO D3		Sciuci e cucci, staccature e/o iniezioni		Sigillatura a proiezione mediante robot		Cuciture armate		Piccoaggio con materiale fibrorinforzato		Centine in legno		Centine con tubi e giunti		DANNO D2		Sciuci e cucci, staccature e/o iniezioni						
P1	49	41	47	47	53	59	P1	0		P1	49	41	47	47	53	59	P1	49	55	61	53	59
P2	19,5	16	16	14	16	16,5	P2	0		P2	19,5	16	16	14	16	16,5	P2	19,5	15,5	16	16	17,5
TOT.	68,5	57	63	61	69	75,5	TOT.	0		TOT.	68,5	57	63	61	69	75,5	TOT.	68,5	70,5	77	69	76,5

ABSIDE		DISSESTO DIFFUSO E/O CROLLO PARZIALE				FASE 4 COPERTURE				TRANSETTO		DISSESTI LIEVI		ABSIDE		DISSESTI LIEVI											
		LESIONI GRAVI		DISSESTO DIFFUSO E/O CROLLO PARZIALE		AULA		DISSESTI GRAVI		CROLLO PARZIALE		DISSESTI LIEVI		ABSIDE		DISSESTI LIEVI											
		M16	Ripristino continuità muraria		Confin.	Centinatura		M19	/		Puntello di sostegno		Chiusura della copertura		M20	/		M21	/								
DANNO D3		Sciuci e cucci, staccature e/o iniezioni		Sigillatura a proiezione mediante robot		Cuciture armate		Piccoaggio con materiale fibrorinforzato		Centine in legno		Centine con tubi e giunti		DANNO D2		Sciuci e cucci, staccature e/o iniezioni		Puntello di sostegno in legno		Puntello di sostegno in acciaio		Cuciture armate		Cuciture armate		Cuciture armate	
P1	49	41	47	47	53	59	P1	0	55	61	50	47	52	P1	0		P1	0									
P2	19,5	16	16	14	16	16,5	P2	0	11,5	13	12	12	11	P2	0		P2	0									
TOT.	68,5	57	63	61	69	75,5	TOT.	0	66,5	74	62	59	63	TOT.	0		TOT.	0									

17. CHIESA DI SANTA CATERINA D'ALESSANDRIA NOVI DI MODENA (MO)

FASE 1 CAMPANILE		TORRE		DISSESTI GRAVI				PARZIALIZZAZIONE DELLA SEZIONE						ESPULSIONE ELEMENTI VERTICALI																					
		M27		Sbadacchiatura		Ripristino continuità muraria		Struttura a telaio		Puntelli di ritengo		Confinamento		Catene		Cerchiatura																			
		DANNO D4		Sbadacchiatura in legno		Tamponatura in muratura		Sciuci e cucci, staccature e/o iniezioni		Sigillatura a proiezione mediante robot		Cuciture armate		Telaio in legno		Telaio in acciaio		Telaio tubi e giunti		Puntello di ritengo in legno		Puntello di ritengo in acciaio		Incastratura in legno e acciaio		Piccoaggio con materiale fibrorinforzato		Catene in acciaio		Cerchiatura con profili in acciaio		Cerchiatura con cavi in acciaio		Cerchiatura con fasce in poliestere	
P1	52	40	49	41	47	52	44	55	47	46	48	47	61	58	57	53	47																		
P2	23	20,5	23,5	22,5	19,5	20,5	18,5	22	19,5	22	16	18	20	22	20,5	21	19																		
TOT.	75	60,5	72,5	63,5	66,5	72,5	62,5	77	66,5	68	64	65	81	80	77,5	74	66																		

TORRE		DISSESTI GRAM					PARALIZZAZIONE DELLA SEZIONE					ESPULSIONE ELEMENTI VERTICALI							CELLA		DISSESTI GRAM					ROTTORAGLIAZIONE DEI RITI E/O CROLLO PARZIALE											
M27		Stadachatura		Ripristino continuità muraria			Struttura a telaio			Puntelli di ritegno		Confinamento			Catene		Cerchiatura					M28		Stadachatura		Ripristino continuità muraria			Struttura a telaio		Cerchiatura						
DANNO D4		Stadachatura in legno		Tramponatura in muratura			Telaio in legno			Telaio in acciaio		Telaio tubi e giunti			Puntello di ritegno in legno		Puntello di ritegno in acciaio			Incaricatura in legno e acciaio			Paccaggio con materiale fibrorinforzato		Catene in acciaio		Cerchiatura con profili in acciaio			Cerchiatura con cavi in acciaio			Cerchiatura con fasce in poliestere			Cerchiatura con materiale fibrorinforzato	
P1	52	40	49	41	47	52	44	55	47	46	48	47	61	58	57	53	47							P1	52	40	49	41	47	44	55	58	57	53	47		
P2	22,5	20	23	21	19	20	18	21,5	19	21,5	15,5	17,5	19,5	21,5	20	20,5	18,5							P2	22,5	20	23	21	19	18	21,5	27,5	20	20,5	18,5		
TOT	74,5	60	72	62	66	72	62	76,5	66	67,5	63,5	64,5	80,5	79,5	77	73,5	65,5							TOT	74,5	60	72	62	66	62	76,5	85,5	77	73,5	65,5		

FASE 2 SETTI MURARI		FACCIATA		RIBALTAMENTO										FACCIATA		RIBALTAMENTO																		
M1		Struttura a telaio		Puntelli di ritegno			Contrafforti			Stralli		Catene		Cerchiatura			M2		Puntelli di ritegno			Catene		Cerchiatura										
DANNO D4		Telaio in legno		Telaio in acciaio			Telaio tubi e giunti			Puntello di ritegno in legno		Puntello di ritegno in acciaio			Contrafforte in muratura		Contrafforte in acciaio		Contrafforte in cemento		Stralli con cavi in acciaio		Catene in acciaio		Cerchiatura con profili in acciaio			Cerchiatura con cavi in acciaio		Cerchiatura con fasce in poliestere			Cerchiatura con materiale fibrorinforzato	
P1	52	44	55	47	46	40	44	37	55	61	58	57	53	47											P1	55	47	46	61	58	57	53	47	
P2	20,5	20	19	18,5	20	18	18,5	18,5	19,5	21	23	22	22,5	22											P2	19	18,5	20	21	23	22	22,5	22	
TOT	72,5	64	74	65,5	66	58	62,5	55,5	74,5	82	81	79	75,5	69											TOT	74	65,5	66	82	81	79	75,5	69	

FACCIATA		TAGLIO			RIBALTAMENTO										FACCIATA		RIBALTAMENTO																										
M3		Confinamento		Stadachatura		Ripristino continuità muraria			Stralli		Catene		Cerchiatura			M6		Puntelli di ritegno			Contrafforti		Cerchiatura																				
DANNO D3		Incaricatura in legno e acciaio		Paccaggio con materiale fibrorinforzato			Stadachatura in legno		Tramponatura in muratura			Scaie e cavi, slaccature e/o iniezioni			Sigillatura a proiezione mediante robot		Costruzione armata		Puntello di ritegno in legno		Puntello di ritegno in acciaio			Contrafforte in muratura		Contrafforte in acciaio		Contrafforte in cemento		Stralli con cavi in acciaio		Catene in acciaio		Cerchiatura con profili in acciaio			Cerchiatura con cavi in acciaio		Cerchiatura con fasce in poliestere			Cerchiatura con materiale fibrorinforzato	
P1	48	47	52	40	49	41	47																		P1	52	44	55	47	46	40	44	37	55	61	58	57	53	47				
P2	18,5	21	24,5	21,5	24,5	23,5	22																			P2	20,5	20	19	18,5	20	18	18,5	18,5	19,5	21	23	22	22,5	22			
TOT	66,5	68	76,5	61,5	73,5	64,5	69																			TOT	72,5	64	74	65,5	66	58	62,5	55,5	74,5	82	81	79	75,5	69			

AULA		TAGLIO		RIBALTAMENTO										AULA		RIBALTAMENTO																				
M6		Stadachatura		Ripristino			Struttura a telaio			Puntelli di ritegno		Contrafforti		Stralli		Catene		Cerchiatura			M17		Confinamento		Stadachatura			Ripristino continuità muraria								
DANNO D1		Stadachatura in legno		Telaio in acciaio			Telaio tubi e giunti			Puntello di ritegno in legno		Puntello di ritegno in acciaio			Contrafforte in muratura		Contrafforte in acciaio		Contrafforte in cemento		Stralli con cavi in acciaio		Catene in acciaio		Cerchiatura con profili in acciaio			Cerchiatura con cavi in acciaio		Cerchiatura con fasce in poliestere			Cerchiatura con materiale fibrorinforzato			
P1	52	45	49																																	
P2	24,5	22	24,5																																	
TOT	76,5	67	73,5																																	

FASE 3 STRUTTURE VOLATE																																																										
ARCO TRIONFALE		LESIONI GRAVI			DISSESTO DIFFUSO E/O CROLLO PARZIALE			VOLTE			NAVATA CENTRALE		CROLLO TOTALE		NAVATA LATERALE		CROLLO TOTALE		ABSIDE		LESIONI GRAVI			DISSESTO DIFFUSO E/O CROLLO PARZIALE																																		
M13		Ripristino continuità muraria			Confin.			Cercinatura			Cercinatura			M8		/		M9		/		M18			Ripristino continuità muraria			Confin.			Cercinatura																											
DANNO D4		Scudi e cuc. sbuccature e/o iniezioni			Sigillatura a proiezione mediante robot			Cuciture armate			Piaucaggio con materiale fibrorinforzato			Centine in legno			Confini con tubi e giunti			Cercinatura con cavi in acciaio			Cercinatura con fasce in polietilene			DANNO D5			Nessun intervento			DANNO D5			Nessun intervento			DANNO D4			Scudi e cuc. sbuccature e/o iniezioni			Sigillatura a proiezione mediante robot			Cuciture armate			Piaucaggio con materiale fibrorinforzato			Centine in legno			Confini con tubi e giunti		
P1	49	41	47	47	47	53	59	57	53	P1	0		P1	0		P1	49	41	47	47	47	53	59		P1	49	41	47	47	47	53	59																										
P2	20	18	17,5	16	15	16,5	17,5	18		P2	0		P2	0		P2	20	18	17,5	16	15	16,5	17,5	18		P2	20	18	17,5	16	15	16,5																										
TOT.	69	59	64,5	63	68	75,5	74,5	71		TOT.	0		TOT.	0		TOT.	69	59	64,5	63	68	75,5	71		TOT.	69	59	64,5	63	68	75,5																											

FASE4 COBERTURE																															
AULA		CROLLO TOTALE			ABSIDE		DISSESTI GRAVI			CROLLO PARZIALE																					
M19		Chiusura della copertura			M21		/			Puntello di sostegno			Chiusura della copertura																		
DANNO D5		Copertura provvisoria in legno			Copertura provvisoria in acciaio			Copertura provvisoria in PVC			DANNO D5			Rovescine della copertura			Puntello di sostegno in legno			Puntello di sostegno in acciaio			Copertura provvisoria in legno			Copertura provvisoria in acciaio			Copertura provvisoria in PVC		
P1	50	47	52		P1	0	55	61	50	47	52		P1	0	55	61	50	47	52												
P2	23,5	23,5	22,5		P2	0	20,5	22	23,5	23,5	22,5		P2	0	75,5	83	73,5	70,5	74,5												
TOT.	73,5	70,5	74,5		TOT.	0	75,5	83	73,5	70,5	74,5		TOT.	0	75,5	83	73,5	70,5	74,5												

18. CHIESA DI SANTA MARIA ANNUNCIATA REGGIOLO (MO)

FASE 2 SETTI MURARI																														
FACCIATA		RIBALTAMENTO										FACCIATA		RIBALTAMENTO																
M1		Struttura a telaio		Puntelli di legno		Controfori		Stalli		Catene		Cercinatura		M2		Struttura a telaio		Puntelli di legno		Controfori		Stalli		Catene		Cercinatura				
DANNO D3		Telaio in legno		Telaio in acciaio		Puntello di sostegno in legno		Puntello di sostegno in acciaio		Controfori in muratura		Controfori in acciaio		Controfori in cemento		Stalli con cavi in acciaio		Catene in acciaio		Cercinatura con profili in acciaio		Cercinatura con cavi in acciaio		Cercinatura con fasce in polietilene		Cercinatura con materiale fibrorinforzato				
P1	52	44	55	47	46	40	44	37	55	61	58	57	53	47	P1	52	44	55	47	46	40	44	37	55	61	58	57	53	47	
P2	16,5	17	18	15,5	18	16	16,5	16,5	15,5	15	17	15,5	16	16	P2	16,5	17	18	15,5	18	16	16,5	16,5	15,5	15	17	17	15,5	16	16
TOT.	68,5	61	73	62,5	64	56	60,5	53,5	70,5	76	75	72,5	69	63	TOT.	68,5	61	73	62,5	64	56	60,5	53,5	70,5	76	75	72,5	69	63	

FACCIATA	TAGLIO			AULA	RIBALTAMENTO													
	M3	Sbadacchiatura	Ripristino		M5	Struttura a telaio			Puntelli di ritegno		Contrafforti			Stralci	Catene	Cerchiatura		
DANNO D1	Sbadacchiatura in legno	Telaio in acciaio	Soci e cuci, stuccature e/o iniezioni	DANNO D3	Telaio in legno	Telaio in acciaio	Telaio tubi e giunti	Puntello di ritegno in legno	Puntello di ritegno in acciaio	Contrafforte in muratura	Contrafforte in acciaio	Contrafforte in cemento	Stralci con cavi in acciaio	Catene in acciaio	Cerchiatura con profili in acciaio	Cerchiatura con cavi in acciaio	Cerchiatura con laccose in poliestere	Cerchiatura con materiale fibrorinforzato
P1	52	45	49	P1	52	44	55	47	46	40	44	37	55	61	58	57	53	47
P2	18	16	18,5	P2	18,5	19	19	16,5	19	17	17,5	17,5	16,5	18	20	18,5	19	19
TOT.	70	61	67,5	TOT.	70,5	63	74	63,5	65	57	61,5	54,5	71,5	79	78	75,5	72	66

ABSIDE	RIBALTAMENTO			ABSIDE	TAGLIO			ARCHI	LESIONI GRAVI		DISSESTO DIFFUSO E/O CROLLO PARZIALE								
	M16	Puntelli di ritegno	Catene		Cerchiatura	M17	Sbadacchiatura		Ripristino	M13	Ripristino continuità muraria	Confin.	Cerchifatura						
DANNO D1	Telaio tubi e giunti	Puntello di ritegno in legno	Puntello di ritegno in acciaio	Catene in acciaio	Cerchiatura con profili in acciaio	Cerchiatura con cavi in acciaio	Cerchiatura con laccose in poliestere	Cerchiatura con materiale fibrorinforzato	DANNO D1	Sbadacchiatura in legno	Telaio in acciaio	Soci e cuci, stuccature e/o iniezioni	DANNO D3	Soci e cuci, stuccature e/o iniezioni	Sigillatura a protezione mediante robot	Cuciture amate	Piaccaggio con materiale fibrorinforzato	Cerchifatura in legno	Cerchifatura con tubi e giunti
P1	55	47	46	61	58	57	53	47	P1	52	45	49	P1	49	41	47	47	53	59
P2	18	15,5	18	16	18	16,5	17	17	P2	18	16	18,5	P2	19	14,5	16	13,5	14,5	15
TOT.	73	62,5	64	77	76	73,5	70	64	TOT.	70	61	67,5	TOT.	68	55,5	63	60,5	67,5	74

VOLTE	NAVATA CENTRALE		DISSESTO PUNTUALE			NAVATA LATERALE	LESIONI GRAVI		DISSESTO DIFFUSO E/O CROLLO PARZIALE			ABSIDE	DISSESTO PUNTUALE					
	M8	Ripristino	Puntello di sostegno	Cerchifatura	M9		Ripristino continuità muraria	Confin.	Cerchifatura	M18	Ripristino		Puntello di sostegno	Cerchifatura				
DANNO D1	Soci e cuci, stuccature e/o iniezioni	Puntello di sostegno in legno	Puntello di sostegno in acciaio	Cerchifatura in legno	Cerchifatura con tubi e giunti	Soci e cuci, stuccature e/o iniezioni	Sigillatura a protezione mediante robot	Cuciture amate	Piaccaggio con materiale fibrorinforzato	Cerchifatura in legno	Cerchifatura con tubi e giunti	DANNO D1	Soci e cuci, stuccature e/o iniezioni	Puntello di sostegno in legno	Puntello di sostegno in acciaio	Cerchifatura in legno	Cerchifatura con tubi e giunti	
P1	49	55	61	53	59	P1	49	41	47	47	53	59	P1	49	55	61	53	59
P2	19	14	14,5	14,5	16	P2	19	14,5	16	13,5	14,5	15	P2	19	14	14,5	14,5	16
TOT.	68	69	75,5	67,5	75	TOT.	68	55,5	63	60,5	67,5	74	TOT.	68	69	75,5	67,5	75

FASE4 COBERTURE	AULA	DISSESTI GRAVI			CROLLO PARZIALE			ABSIDE	DISSESTI LIEVI	
	M19	/	Chiusura della copertura			M21	/			
DANNO D4	Revisione della copertura	Copertura provvisoria in legno	Copertura provvisoria in acciaio	Copertura provvisoria in PVC	DANNO D1	Revisione della copertura				
P1	0	50	47	52	P1	0				
P2	0	14,5	14,5	13,5	P2	0				
TOT.	0	64,5	61,5	65,5	TOT.	0				

19. CHIESA DI SANTA MARIA ASSUNTA REGGIOLO (MO)

FASE 1 CAMPANIE	TORRE CAMPANARIA					CELLA CAMPANARIA	CELLA					ROTOTRASLAZIONE DEI RITTI E/O GROLLO PARZIALE					
	DANNO D2	DISSESTI LIEVI		Catene in acciaio	Ripristino		DANNO D4	DISSESTI GRAVI				Rototraslazione dei ritti e/o grollo parziale		Cerchiatura			
		M27	Struttura a telaio					Struttura a telaio	Sbadacchiatura	Ripristino continuità muraria	Struttura a telaio						
		Telaio in acciaio	Telaio tubi e giunti					Scaudi e cudi, sbaccature e/o iniezioni	Sbadacchiatura in legno	Tamponatura in muratura	Telaio in acciaio	Telaio tubi e giunti	Cerchiatura con profili in acciaio	Cerchiatura con cavi in acciaio	Cerchiatura con fasce in poliestere	Cerchiatura con materiale fibrorinforzato	
P1	44	55	61	49	P1	52	40	49	41	47	44	55	58	57	53	47	
P2	17,5	19	19	20	P2	22,5	20	23	21	19	18,5	21,5	26	20	20,5	18,5	
TOT.	61,5	74	80	69	TOT.	74,5	60	72	62	66	62,5	76,5	84	77	73,5	65,5	

FASE 2 SETTI MURARI	FACCIATA												RIBALTAMENTO						FACCIATA	TAGLIO			
	DANNO D3	Struttura a telaio		Puntelli di ritegno		Contrafforti		Stralli	Catene	Cerchiatura				DANNO D3	Confinamento		Sbadacchiatura		Ripristino continuità muraria				
		Telaio in legno	Telaio in acciaio	Telaio tubi e giunti	Puntello di ritegno in legno	Puntello di ritegno in acciaio	Contrafforte in muratura	Contrafforte in acciaio	Contrafforte in cemento	Stralli con cavi in acciaio	Catene in acciaio	Cerchiatura con profili in acciaio	Cerchiatura con cavi in acciaio		Cerchiatura con fasce in poliestere	Cerchiatura con materiale fibrorinforzato	Incastratura in legno e acciaio	Placcaggio con materiale fibrorinforzato	Sbadacchiatura in legno	Tamponatura in muratura	Scaudi e cudi, sbaccature e/o iniezioni	Sigillatura a protezione mediante robot	Cuciture armate
		P1	P2	TOT.	P1	P2	TOT.	P1	P2	TOT.	P1	P2	TOT.		P1	P2	TOT.	P1	P2	TOT.	P1	P2	TOT.
P1	52	44	55	47	46	40	44	37	55	61	58	57	53	47	P1	48	47	52	40	49	41	47	
P2	17,5	18	18,5	16	18,5	16,5	17	17	16	16,5	18,5	17	17,5	17,5	P2	13,5	16,5	19,5	17	20	19	17	
TOT.	69,5	62	73,5	63	64,5	56,5	61	54	71	77,5	76,5	74	70,5	64,5	TOT.	61,5	68,5	71,5	57	69	60	64	

AULA	RIBALTAMENTO							TAGLIO			ABSIDE	TAGLIO										
	DANNO D2	Puntelli di ritegno		Catene		Cerchiatura			DANNO D2	Sbadacchiatura		Ripristino		DANNO D3	Confinamento		Sbadacchiatura		Ripristino continuità muraria			
		Telaio tubi e giunti	Puntello di ritegno in legno	Puntello di ritegno in acciaio	Catene in acciaio	Cerchiatura con profili in acciaio	Cerchiatura con cavi in acciaio	Cerchiatura con fasce in poliestere		Cerchiatura con materiale fibrorinforzato		Sbadacchiatura in legno	Telaio in acciaio		Scaudi e cudi, sbaccature e/o iniezioni	Incastratura in legno e acciaio	Placcaggio con materiale fibrorinforzato	Sbadacchiatura in legno	Tamponatura in muratura	Scaudi e cudi, sbaccature e/o iniezioni	Sigillatura a protezione mediante robot	Cuciture armate
		P1	P2	TOT.	P1	P2	TOT.	P1		P2		TOT.	P1		P2	TOT.	P1	P2	TOT.	P1	P2	TOT.
P1	55	47	46	61	58	57	53	47	P1	52	45	49	P1	48	47	52	40	49	41	47		
P2	18,5	16	18,5	17,5	19,5	18	18,5	18,5	P2	19,5	17,5	20	P2	15,5	17,5	22,5	20	23	21	19		
TOT.	73,5	63	64,5	78,5	77,5	75	71,5	65,5	TOT.	71,5	62,5	69	TOT.	63,5	64,5	74,5	60	72	62	66		

CAPPELLE	RIBALTAMENTO										CAPPELLE	TAGLIO										
	M22		Struttura a telaio		Puntelli di rilegno		Contraforti		Stralli	Catene		Cerchiatura		M23	Confinamento		Sbadacchiatura		Ripristino continuità muraria			
	DANNO D3	Telaio in legno	Telaio in acciaio	Telaio tubi e giunti	Puntello di rilegno in legno	Puntello di rilegno in acciaio	Contenitore in muratura	Contaditec in acciaio	Contenitore in cemento	Stralli con cavi in acciaio		Catene in acciaio	Cerchiatura con profili in acciaio		Cerchiatura con cavi in acciaio	Cerchiatura con fasci in poliestere	Cerchiatura con materiale fibrorinforzato	DANNO D3	Incarichiatura in legno e acciaio	Pericceggio con materiale fibrorinforzato	Sbadacchiatura in legno	Temponatura in muratura
P1	52	44	55	47	46	40	44	37	55	61	58	57	53	47	P1	48	47	52	40	49	41	47
P2	20,5	20	21,5	19	21,5	19,5	20	19	19	19,5	21,5	20	20,5	18,5	P2	15,5	17,5	22,5	20	23	21	19
TOT.	72,5	64	76,5	66	67,5	59,5	64	56	74	80,5	79,5	77	73,5	65,5	TOT.	63,5	64,5	74,5	60	72	62	66

FASE 3 STRUTTURE VOLATE	ARCO TRIONFALE				DISSESTO DIFFUSO E/O CROLLO PARZIALE				VOLTE	NAVATA CENTRALE				DISSESTO DIFFUSO E/O CROLLO PARZIALE				ABSIDE	LESIONI GRAVI				DISSESTO DIFFUSO E/O CROLLO PARZIALE							
	M13		Ripristino continuità muraria		Confin.	Centinatura		M6		Ripristino continuità muraria		Confin.	Centinatura		M18	Ripristino continuità muraria			Confin.	Centinatura		M18	Ripristino continuità muraria		Confin.	Centinatura				
	DANNO D3	Scudi e cudi, sbuccature e/o iniezioni	Sigillatura a proiezione mediante robot	Culture armate	Pericceggio con materiale fibrorinforzato	Centine in legno	Centine con tubi e giunti			DANNO D4	Scudi e cudi, sbuccature e/o iniezioni	Sigillatura a proiezione mediante robot	Culture armate	Pericceggio con materiale fibrorinforzato		Centine in legno	Centine con tubi e giunti		DANNO D4	Scudi e cudi, sbuccature e/o iniezioni	Sigillatura a proiezione mediante robot		Culture armate	Pericceggio con materiale fibrorinforzato	Centine in legno	Centine con tubi e giunti	DANNO D4	Scudi e cudi, sbuccature e/o iniezioni	Sigillatura a proiezione mediante robot	Culture armate
P1	49	41	47	47	53	59		P1	49	41	47	47	53	59		P1	49	41	47	47	53	59		P1	49	41	47	47	53	59
P2	18	14,5	14,5	12,5	15,5	15		P2	18	14,5	14,5	12,5	15,5	15		P2	18	14,5	14,5	12,5	15,5	15		P2	18	14,5	14,5	12,5	15,5	15
TOT.	67	55,5	61,5	59,5	68,5	74		TOT.	67	55,5	61,5	59,5	68,5	74		TOT.	67	55,5	61,5	59,5	68,5	74		TOT.	67	55,5	61,5	59,5	68,5	74

CAPPELLE	LES.	DISSESTO PUNTUALE			CUPOLA	LESIONI LIEVI		TAMBURO	LESIONI LIEVI			LANTERNA	LESIONI LIEVI		DISSESTO LIEVE						
		Ripristino	Puntello di sostegno	Centinatura		M14	Ripristino		Centin.	M14	Sbadacchiatura		Ripristino	Cerchiatura	M15	Sbadacchiatura	Ripristino	Cerchiatura			
DANNO D1	Scudi e cudi, sbuccature e/o iniezioni	Puntello di sostegno in legno	Puntello di sostegno in acciaio	Centine in legno	Centine con tubi e giunti	Scudi e cudi, sbuccature e/o iniezioni	Centine con tubi e giunti	DANNO D1	Sbadacchiatura in legno	Telaio in acciaio	Scudi e cudi, sbuccature e/o iniezioni	Cerchiatura con cavi in acciaio	Cerchiatura con fasci in poliestere	Cerchiatura con materiale fibrorinforzato	DANNO D1	Sbadacchiatura in legno	Telaio in acciaio	Scudi e cudi, sbuccature e/o iniezioni	Cerchiatura con cavi in acciaio	Cerchiatura con fasci in poliestere	Cerchiatura con materiale fibrorinforzato
P1	49	55	61	53	59			P1	49	59					P1	52	45	49	57	53	47
P2	18	15	15,5	15,5	16			P2	18,5	15	18	16	16,5	14	P2	18,5	15	18	16	16,5	14
TOT.	67	70	76,5	68,5	75			TOT.	67	75					TOT.	70,5	60	67	73	69,5	61