CAPITOLO 7

Esempi di realizzazione

7.1 Illustrazione delle schede di intervento

Nelle pagine che seguono sono riportate le schede di alcuni interventi realizzati per la messa in sicurezza di beni monumentali, rappresentativi delle varie casistiche che si sono incontrate nel territorio abruzzese colpito dal sisma.

Le schede sono articolate secondo lo schema organizzativo in Figura 7.1:

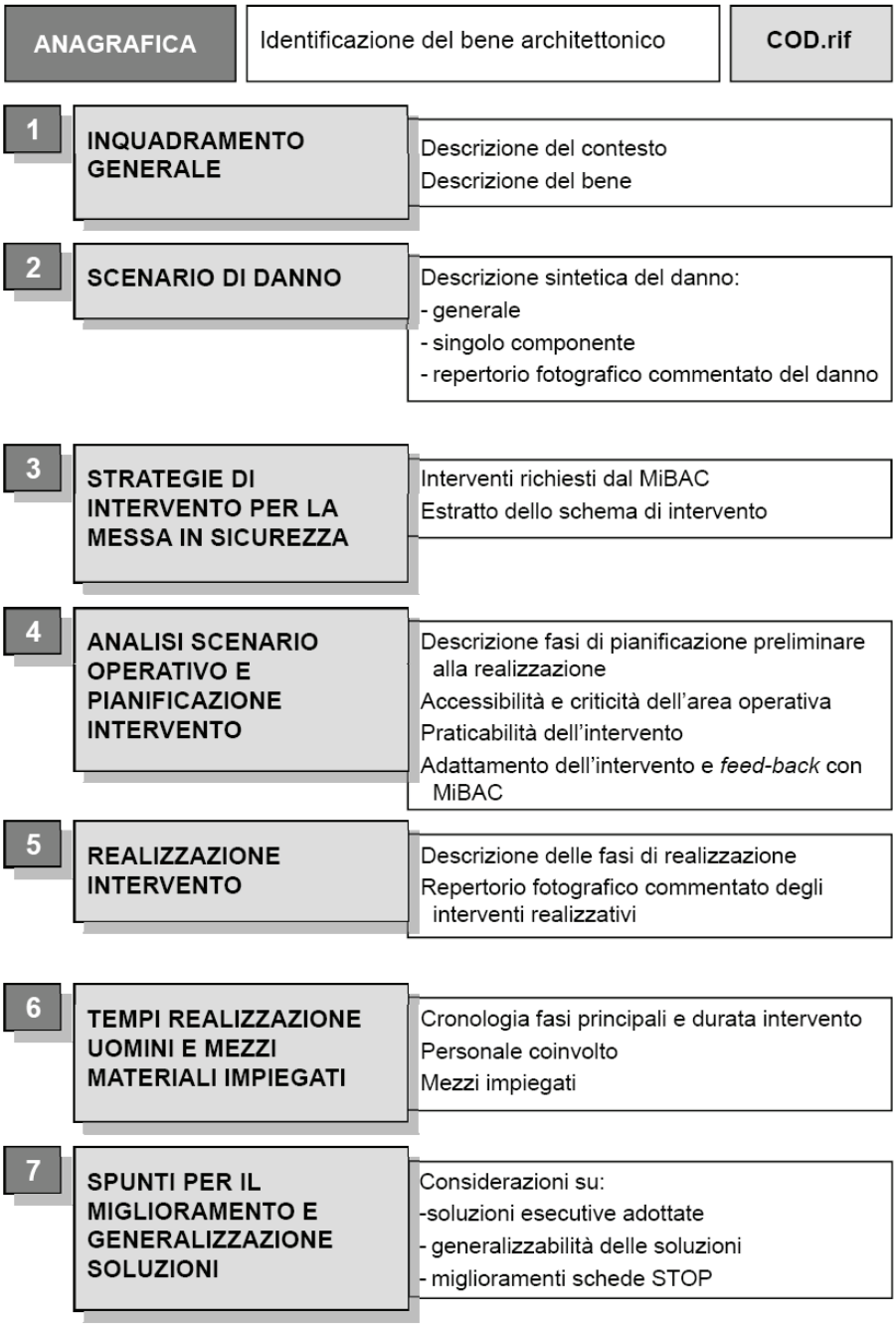


Figura 7.1 Schema organizzativo della scheda di intervento.

Gli interventi sono stati suddivisi in gruppi omogenei in relazione alle caratteristiche costruttive e di complessità.

Il primo gruppo è costituito dagli **interventi ordinari**, che sono quelli che costituiscono la maggior parte degli interventi di messa in sicurezza. Per questo gruppo il principio base della standardizzazione dei materiali e delle soluzioni tecniche predimensionate ha portato a risposte particolarmente efficaci anche in termini di riduzione dei tempi di realizzazione (Vademecum STOP).

Il secondo gruppo riporta degli esempi di **interventi complessi**, che si distinguono per le particolarità dovute alle caratteristiche geometrico-dimensionali degli edifici, alla loro rilevanza e alle elevate difficoltà tecniche di realizzazione, soprattutto in un contesto di emergenza. In questi casi le soluzioni adottate non sono standardizzabili, ma la loro realizzazione ha consentito di incrementare il *know how* del Corpo Nazionale con positive ricadute anche nelle attività ordinarie di messa in sicurezza post sisma.

L'ultimo gruppo riporta degli esempi di **interventi con ponteggi metallici**, realizzati con la tecnologia dei tubi e giunti. Questa tecnologia non è fra quelle standardizzate e riportate nel Vademecum STOP in quanto destinata a casi particolari, per i quali questa opzione può considerarsi più vantaggiosa in virtù delle condizioni intrinseche dell'edificio e del danno o per le condizioni al contorno (accessibilità, trasportabilità del materiale).

Va qui osservato che la messa a punto del Vademecum STOP si è ispirata e ha seguito di pari passo l'esperienza maturata sul campo.

Le schede di intervento illustrano quindi non già l'applicazione delle tecniche codificate e standardizzate nel Vademecum ma il vero e proprio *work in progress* che ha portato alla loro definizione e ottimizzazione.

7.2 Interventi ordinari

- Scheda O1 – Sant'Eusanio Forconese (AQ). Chiesa di Sant'Eusanio Martire.
- Scheda O2 – Goriano Sicoli (AQ). Chiesa di Santa Gemma.
- Scheda O3 – L'Aquila. Chiesa di Santa Margherita o dei Gesuiti.
- Scheda O4 – L'Aquila. Mura della città.

SCHEDA INTERVENTO — O1



Chiesa di Sant'Eusanio Martire

Sant'Eusanio Forconese (AQ)

Supervisione: *Grimaz.*
DTS: *Barbiero, Battaglia, Bolognese, Cimmino, D'Odorico, Lucidi, Mantovan, Morelli, Pacileo, Ponticelli.*
ROS: *Argiri, Caprarelli, Cicione, Ferrara, Nannariello.*
Squadre: *VVF Alessandria, Verbania, Vercelli, Viterbo. SAF Marche, Piemonte, Puglia, Sicilia, Toscana.*

1. INQUADRAMENTO

La chiesa è ubicata nel centro storico del piccolo borgo di Sant'Eusanio Forconese (443 abitanti), a circa 15 km a sud-est dell'Aquila. Il complesso è adiacente a fabbricati di civile abitazione sul lato destro della facciata principale, mentre risulta libero sui restanti tre lati.

"Riedificata nel 1198 sul sito di una più antica basilica della quale si sono riutilizzati alcuni frammenti, mostra evidenti tracce di successive trasformazioni. È ancora riconoscibile l'originario impianto, a tre navate con absidi, semicircolari e presbiterio sopraelevato; dopo il terremoto del 1461 si resero necessari alcuni rifacimenti che interessarono in particolare la facciata, più tarda rispetto all'impianto del XII secolo, e rielaborata nel XV con elementi preesistenti quali gli archetti pensili del coronamento e parti del portale. Successivamente l'interno venne trasformato in forme barocche. La sottostante ampia cripta, a sette navatelle e triabsidata, apparterebbe all'impianto del XII secolo.

Nel 1970 la chiesa fu oggetto di un intervento di restauro che all'esterno eliminò una costruzione addossata al fianco sinistro della chiesa, la cui originaria posizione all'interno di un recinto fortificato divenne nuovamente leggibile".

(fonte www.viaggioinabruzzo.it/aq/sant_eusanio_forconese.htm)

Il complesso si sviluppa per circa 30 metri in direzione longitudinale e 20 metri in direzione trasversale, con altezza massima della facciata principale di circa 16 metri.

2. SCENARIO DI DANNO

La chiesa di Sant'Eusanio è stata gravemente danneggiata dal sisma, divenendone nel contempo uno dei simboli, con le lancette dell'orologio sulla facciata che si sono fermate alle 3.32 del 6 aprile.

I danni principali hanno riguardato:

- il collasso della parte centrale della sommità della facciata, al di sopra del rosone;
- il ribaltamento fuori piano e il danneggiamento a taglio della facciata;
- lo schiacciamento e il rigonfiamento del piede della lesena sul lato destro della facciata;
- la sconnessione e il crollo parziale dei piedritti della vela campanaria;
- lo sfogliamento del paramento esterno della muratura della facciata;
- il crollo della cappella absidale sinistra per ribaltamento fuori del piano;
- il crollo parziale del paramento esterno della muratura dell'abside;
- lesioni e crolli nelle volte dell'aula;
- il collasso locale del paramento interno della muratura perimetrale della navata sinistra;
- lesioni nelle volte dei transetti.

Facciata principale

I danni a carico della facciata principale si sono manifestati con ampie lesioni a taglio e il ribaltamento della stessa verso la piazza antistante. Erano altresì visibili lesioni ad andamento sub verticale al piede della lesena nel lato destro.

Vela campanaria

La vela, già oggetto di un precedente intervento di cerchiatura, presentava il parziale il distacco di alcuni conci dell'arcata destra, in corrispondenza della sezione alle reni.

Parete absidale

La zona absidale risultava gravemente danneggiata con il parziale crollo della cappella sinistra e il parziale crollo del paramento esterno della muratura.

Volte

Le volte sono state interessate da fenomeni fessurativi importanti oltre che parziali crolli che hanno messo in mostra una tessitura muraria povera.

Cripta

I locali interrati, pur non presentando consistenti fenomeni fessurativi, sono stati oggetto di intervento migliorativo delle condizioni di sicurezza dei pilastri in muratura.

Repertorio dei danni	
	Facciata Una veduta d'insieme della facciata principale sulla quale si notano le evidenti lesioni da taglio e il parziale crollo sulla sommità del rosone.
	Facciata Nella foto è evidente la più consistente lesione da taglio sulla parte sinistra della facciata. Si noti inoltre la lesione e la conseguente instabilità dei conci sulla sommità sul lato sinistro.
	Facciata Lesioni ad andamento sub verticale al piede del lato destro.

Repertorio dei danni	
	Facciata Evidente rotazione della facciata verso la piazza antistante la chiesa. Si noti anche in questo caso la lesione da taglio al piede del muro.
	Facciata Condizioni precarie della sommità della facciata sul lato sinistro, con evidente presenza di conci pericolanti.
	Vela campanaria Collasso parziale dell'arcata destra della vela campanaria con l'espulsione di alcuni conci (nella foto, la fase successiva all'intervento di messa in sicurezza da parte degli operatori SAF). Si noti la presenza di elementi metallici preesistenti utilizzati per la cerchiatura del manufatto.

Repertorio dei danni	
	Zona absidale Nella parte destra della foto, il parziale crollo dell'abside laterale. Nella parte sinistra della foto è invece evidente lo sfogliamento del paramento murario dell'abside centrale.
	Abside centrale Le lesioni nell'abside viste dall'interno.
	Transetto Quadro fessurativo della volta del transetto destro.

3. STRATEGIE DI INTERVENTO PER LA MESSA IN SICUREZZA

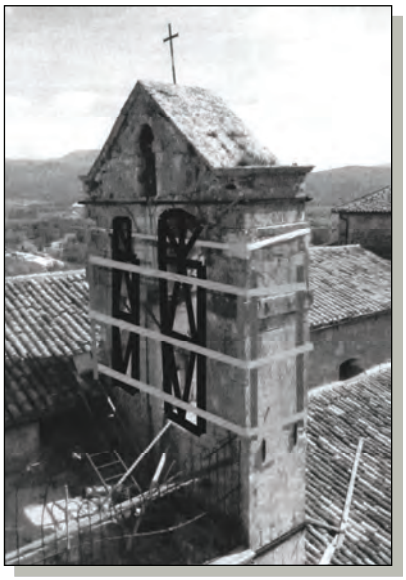
A seguito del rilievo dei danni, i tecnici della funzione Salvaguardia dei Beni Culturali (MiBAC), hanno predisposto un progetto di massima per la messa in sicurezza della chiesa, orientato verso la realizzazione dei seguenti interventi:

- puntellamento e fasciatura della vela campanaria;
- fasciatura della parte sommitale sinistra della facciata;
- puntellamento del lato destro, in corrispondenza del rigonfiamento del piede della lesena e della porzione d'angolo sinistro della facciata;
- fasciatura dei pilastri della cripta.

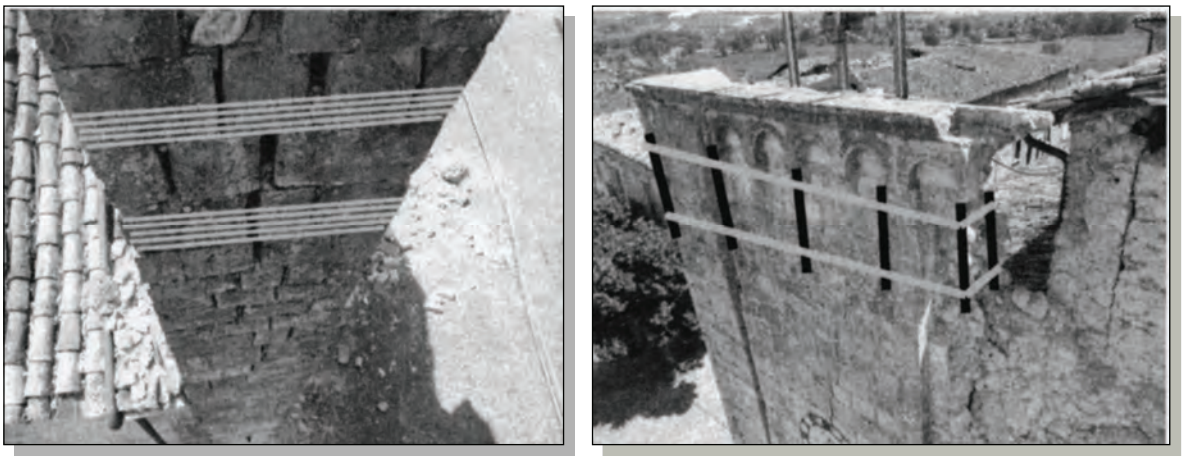
A completamento dell'intervento si è provveduto alla copertura con telo impermeabile, in corrispondenza del rosone, e al puntellamento della cantoria.

Le indicazioni di massima dell'intervento fornite al NCP, sono di seguito riportate.

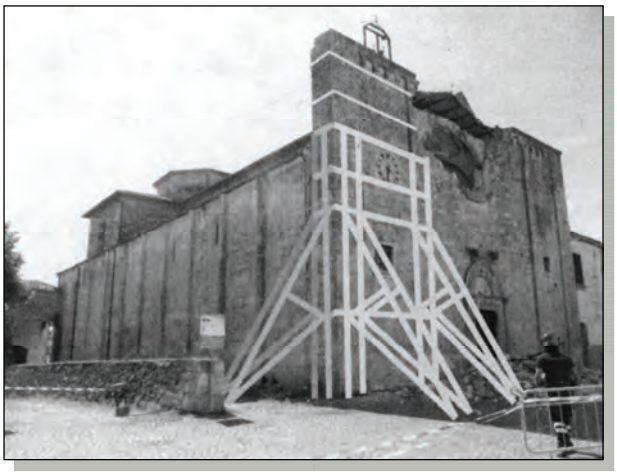
Estratto dello schema di intervento richiesto ai VVF dal MiBAC



Puntellamento e fasciatura della vela campanaria (Archivio NCP).



Fasciatura della parte sommitale sinistra della facciata (Archivio NCP).





Puntellamento della porzione di angolo sinistro della facciata (Archivio NCP).



Puntellamento in corrispondenza del rigonfiamento della lesena lato destro (Archivio NCP).

4. ANALISI SCENARIO OPERATIVO E PIANIFICAZIONE INTERVENTO

L'area di intervento si presentava accessibile ai mezzi di soccorso, grazie anche all'ampio piazzale presente sul fronte della chiesa. Le criticità maggiori hanno riguardato la zona posteriore, inaccessibile ai mezzi e totalmente occupata dai detriti del crollo parziale dell'abside.

I pericoli maggiori per gli operatori sono derivati dalla presenza di conci pericolanti e dal movimento della facciata conseguente allo sciame post sismico.

L'accessibilità all'interno della chiesa era pregiudicata dalla presenza di porzioni pericolanti delle volte e della cantoria. Tuttavia, ciò non ha impedito la realizzazione degli interventi di messa in sicurezza, essenzialmente previsti all'esterno del fabbricato, nella parte anteriore.

Riguardo l'eventuale intervento, avente ad oggetto la rimozione delle macerie e il successivo puntellamento della zona absidale, si è convenuto che i danni rilevanti subiti dalla muratura non potevano essere risolti con opere provvisionali e pertanto, viste le precarie condizioni di sicurezza per gli operatori oltre che la ristrettezza degli spazi di manovra e l'inaccessibilità ai mezzi in dotazione, si è ritenuto di demandare tali lavorazioni ad una ditta esterna alla fine dell'emergenza sismica.

Il quadro fessurativo e i parziali crolli si sono aggravati a causa dello sciame post-sismico, con sensibili movimenti del cantone sinistro della facciata. Tale situazione ha condizionato la realizzazione delle opere rendendo problematici gli aspetti della sicurezza degli operatori.

Il parziale crollo del timpano sopra il rosone, unito allo sfogliamento del paramento esterno sulla sommità sinistra, hanno rappresentato un rischio aggiuntivo per l'incolumità degli operatori, in considerazione della presenza di conci pericolanti.

I tecnici del NCP, valutati gli schemi di intervento inizialmente proposti e le situazioni di pericolo presenti a ridosso dell'edificio, hanno convenuto con il MiBAC sulla necessità di una loro ridefinizione in modo da poter assemblare l'opera e installarla in condizioni di relativa sicurezza.

L'intervento di puntellatura di ritegno è stato progettato dal NCP e utilizzato come opera prototipale per la messa a punto della scheda STOP-PR del Vademecum.

5. REALIZZAZIONE INTERVENTO

Le esigenze alla base dell'intervento sono state essenzialmente tre e specificatamente:

- intervenire rapidamente tenuto conto dell'evoluzione del fenomeno;
- realizzare un'opera provvisionale che, nel rispetto del valore storico del fabbricato, risultasse del tutto rimovibile e non invasiva, in modo cioè da evitare parziali demolizioni o perforazioni;
- consentire agli operatori di lavorare in sicurezza e al riparo da eventuali ulteriori crolli.

In tale ottica, l'intervento di messa in sicurezza è stato attuato in quattro fasi:

fase 1: fasciatura provvisoria della parte sommitale della facciata e della vela campanaria al fine di evitare ulteriori crolli del paramento murario con conseguente caduta di materiale dall'alto;
fase 2: realizzazione di un puntellamento di ritegno atto ad impedire la rotazione fuori del piano della facciata principale e del cantonale sinistro;
fase 3: cerchiatura definitiva della parte sommitale della facciata con cavi in acciaio e posa in opera di teli in nylon su struttura in legno lamellare per proteggere il fabbricato dalle piogge;
fase 4: fasciatura dei pilastri della cripta e il puntellamento della cantoria.

La fase 1 è stata eseguita dai nuclei specializzati in tecniche di derivazione Speleo Alpino Fluviale (SAF) tramite la posa in opera di fasce in poliestere. I Vigili del Fuoco hanno posizionato dapprima gli elementi lignei necessari alla ripartizione degli sforzi trasmessi dagli elementi di ritegno e, successivamente, hanno provveduto alla posa in opera delle fasce in poliestere mettendole in tiro per mezzo degli appositi cricchetti.

In tal modo si è garantita la sicurezza degli operatori impegnati nella più complessa realizzazione del puntellamento di ritegno della facciata.

Nel corso della fase 2, il personale impegnato ha realizzato il puntellamento secondo gli standard esecutivi di una versione prototipale delle schede STOP, elaborate dal Nucleo Coordinamento Opere Provvisionali. In particolare, si evidenzia che le dimensioni del puntellamento (altezza di 12 metri) non rientrano nel campo di applicazione della scheda tecnica STOP-PR, dalla quale tuttavia si sono tratte le considerazioni riguardanti la gestione delle criticità generali e globali.

Il puntellamento di ritegno è stato eseguito con elementi in legno lamellare di dimensioni 20x20 cm, opportunamente controventati con elementi in legno 10x10 cm e irrigiditi con elementi rompitratta realizzati con tavole di dimensioni 5X20 cm. Tutte le connessioni sono state eseguite con viti per legno.

Il puntellamento è stato costruito nel piazzale antistante alla chiesa, a distanza di sicurezza dalla facciata, e successivamente posto in opera a mezzo di autogru.

Tale modalità operativa ha comportato un doppio vantaggio: il primo per le condizioni di sicurezza degli operatori che non si sono trovati a diretto contatto con l'edificio da presidiare, il secondo per una maggiore precisione nei tagli degli elementi.

Le squadre impegnate hanno curato con particolare attenzione i nodi del puntellamento, punti critici dell'intero sistema, in conformità alle indicazioni della scheda STOP-PR (nella prima versione).

I nodi sono stati inoltre rinforzati mediante fazzoletti di collegamento in legno dello spessore di 5 cm collegati con viti per legno.

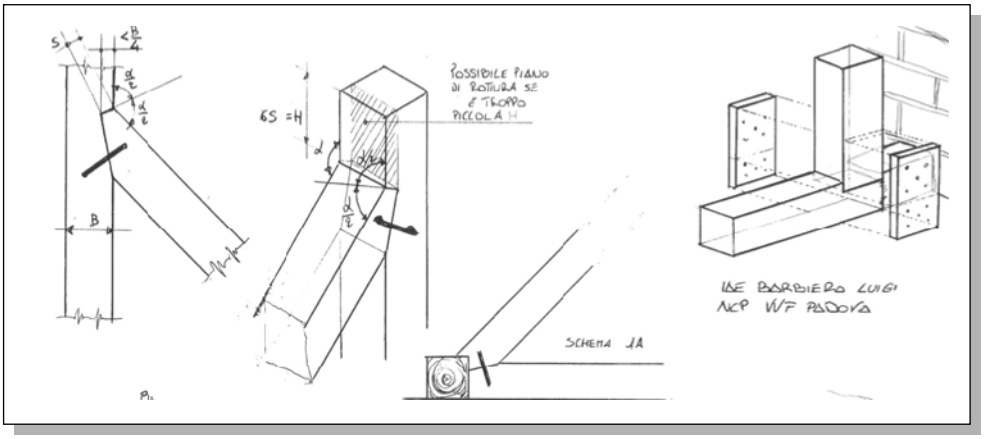
La traslazione orizzontale del puntellamento è stata impedita con picchetti in acciaio di diametro

26 mm infissi nel terreno per almeno 50 cm e disposti ad interasse di 25 cm.

Una volta realizzato il puntellamento della facciata e del cantonale sinistro, si è proceduto con la fase 3 ovvero con la cerchiatura definitiva della sommità della facciata con la posa in opera di tre ordini di cavi di acciaio.

Infine, per evitare danni causati dalle piogge, si è provveduto alla posa in opera di una trave in legno lamellare sulla sommità della facciata alla quale è stato agganciato un doppio telo in nylon collegato lateralmente al puntellamento.

La fase 4, realizzata facendo riferimento alla scheda STOP-CP, ha riguardato la cerchiatura dei pilastri con fasce in poliestere e la posa in opera di puntelli metallici a sostegno della cantoria.



Dettagli esecutivi predisposti dall'NCP. Prima versione scheda STOP-PR (Archivio NCP).

Fasi realizzative	
	Fase 1 Cerchiatura provvisoria della parte sommitale della facciata sul lato sinistro con fasce in poliestere e posa in opera di morali 10x10 cm per la ripartizione delle azioni.
	Fase 1 Puntellamento degli archi e cerchiatura con fasce in poliestere della vela campanaria.
	Fase 2 In questa immagine ripresa dall'alto, sono riconoscibili gli operatori impegnati a predisporre il puntellamento di ritegno nel piazzale antistante la chiesa. Si sottolinea come l'intero puntellamento sia stato predisposto a distanza di sicurezza dal fabbricato e in modo da evitare di indurre vibrazioni su di esso.

Fasi realizzative	
	Fase 2 Particolare della realizzazione degli incastri in testa e al piede dei puntelli che permettono di evitare lo scorrimento in caso di sollecitazione determinata da un'eventuale azione sismica. Tale accorgimento ha garantito l'efficacia del puntellamento che altrimenti avrebbe potuto essere compromessa vanificando le finalità dell'opera provvisionale.
	Fase 2 Dettaglio del sistema "a cassetti" che consente di portare il puntellamento a contatto con la massa da presidiare mediante elementi lignei scorrevoli la cui posizione è regolabile tramite appositi cunei di spessoramento e contrasto.
	Fase 2 Il puntellamento viene sollevato con l'autogru per essere posizionato a ridosso del fabbricato da presidiare.

Fasi realizzative	
	Fase 2 Nella foto, il dettaglio del fissaggio a terra atto ad impedire la traslazione orizzontale del puntellamento, realizzato mediante picchetti in acciaio di diametro 26 mm, infissi nel terreno per almeno 50 cm e disposti ad interasse di 25 cm. Si noti inoltre, il particolare del doppio cuneo nell'incrocio fra base e trave di ancoraggio, necessario per mettere in contrasto il puntellamento e consentirne la successiva regolazione nel tempo.
	Fase 3 Le cerchiature della parte sommitale sinistra della facciata e della vela campanaria precedentemente realizzate con fasce in poliestere, vengono sostituite mediante la posa in opera di tre ordini di cavi in acciaio opportunamente tensionati.
	Fase 3 Posa in opera di una trave in legno lamellare sulla sommità della facciata alla quale è stato agganciato un doppio telo in nylon collegato lateralmente al puntellamento.

Fasi realizzative	
	Fase 4 Cerchiatura dei pilastri della cripta mediante fasce in poliestere su supporto realizzato con tavole in legno. L'intervento precede l'emanazione delle schede STOP.
	Fase 4 Il puntellamento di sostegno della cantoria, realizzato con puntelli telescopici in acciaio.
	Completamento L'esterno della chiesa ad intervento concluso.

6. TEMPI REALIZZAZIONE, MEZZI, MATERIALI E UOMINI IMPIEGATI

Gli interventi nel loro complesso sono stati effettuati in circa otto settimane; bisogna però tener conto di circa 15 giorni di sospensione dell'intervento, per l'attesa dell'approvvigionamento dei materiali.

I mezzi usati, sono stati:

- 2 autoscale con sviluppo di 30 metri;
- 2 autogru VVF.

Per la realizzazione dei puntelli è stato impiegato il legno lamellare, mentre elementi rompitratta, fazzoletti di collegamento e traversi di irrigidimento sono stati realizzati con legno massiccio di abete.

Le viti utilizzate per i collegamenti sono del tipo autoperforante. Tale scelta ha consentito di ridurre i tempi di realizzazione, evitando la fase di preforatura degli elementi da collegare.

Il personale impiegato per l'esecuzione dell'intervento è costituito da squadre di Vigili del Fuoco dei Comandi Provinciali di Alessandria, Verbania, Vercelli, Viterbo, e dalle squadre SAF di Piemonte, Puglia, Toscana, Marche e Sicilia con una media di circa 10 unità presenti.

7. MIGLIORAMENTO E GENERALIZZAZIONE DELLE SOLUZIONI

L'intervento eseguito presso la chiesa di Sant'Eusanio Forconese ha rappresentato un "laboratorio" di sperimentazione e revisione in corso d'opera delle schede STOP, che ha consentito di ricercare soluzioni operative capaci di tener conto delle criticità e problematiche emerse in fase di esecuzione.

La tipologia dei nodi e dei collegamenti, la posa in opera dei traversi non complanari, il "sistema a cassetti", sono stati frutto della fattiva collaborazione fra NCP e squadre impegnate sul campo.

Ciò ha consentito di migliorare e generalizzare le soluzioni proposte, in particolare nella scheda STOP-PR, che a seguito di tale intervento è stata aggiornata in una nuova versione più ricca di particolari e indicazioni costruttive.

Anche la scheda STOP-CP, relativa alla cerchiatura delle colonne con fasce in poliestere, è stata rivista e migliorata, fornendo più dettagliate informazioni sul riconoscimento del grado di dissesto, sulla modalità di posa (tipo e passo) e messa in tiro delle fasce e sul sistema di protezione degli spigoli.

SCHEDA INTERVENTO — O2



Chiesa di Santa Gemma

Goriano Sicoli (AQ)

DTS:	*Barbiero, Caciolai, Cimmino, Fortucci, Gambelli, Giovinazzo, Russo.*
ROS:	*Borsano, Borzaga, De Candia, Di Salvo, Fastigi, Maltese, Meloni, Ricciato, Tripi.*
Squadre:	*VVF Bari, Brindisi, Foggia, Lecce, SAF Puglia.*

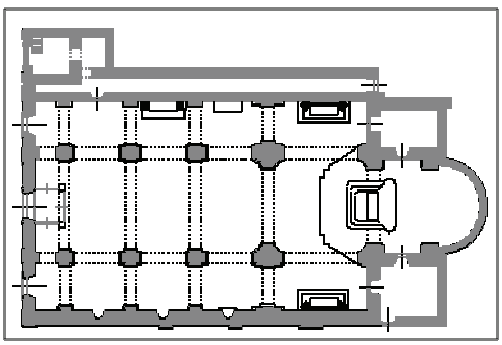
1. INQUADRAMENTO

La chiesa di Santa Gemma a Goriano Sicoli (AQ) è situata all'ingresso del centro storico, sull'omonima piazza limitrofa alla strada provinciale Marsicana che attraversa il comune.

La chiesa si erge nelle immediate vicinanze di due percorsi di accesso al centro storico sui quali si affacciano edifici residenziali, limitatamente colpiti dal sisma, ma resi inagibili per il rischio esterno indotto dalla chiesa.

"La chiesa di Santa Gemma a Goriano Sicoli (AQ) rappresenta un tipico manufatto di edilizia storica ecclesiale di pregio risalente al XV secolo. L'edificio è organizzato su tre navate, con pianta a croce latina avente un ingombro di circa 33.3 m in lunghezza e 16.4 m in larghezza. A partire da una facciata, di altezza 15.1 m circa, con un'impostazione rinascimentale cui si sono sovrapposte successive aggiunte di stile barocco caratterizzanti anche i pregiati decori interni, la costruzione si sviluppa su due file di sei colonne: di queste, tre sono a sezione cruciforme tozza, inscrivibili in rettangoli di lati 116x136 cm, quelle sostenenti la cupola centrale hanno dimensioni 220x170 cm circa, quelle di transetto sono ricompresse nella muratura adiacente.

L'impianto statico è quello classico con sviluppo della navata centrale sormontata da volta cilindrica con lunette rinforzate da archi che scaricano sulle colonne; le navate laterali sono sormontate da volte a vela ribassata; all'intersezione con il transetto è disposto l'arco trionfale e archi laterali a formare un sistema chiuso da cui dipartono il presbiterio e l'abside, mentre il transetto presenta una volta cilindrica; sui quattro archi dell'altare mutuamente ortogonali poggia il tamburo della cupola, a base circolare, traforato con n.4 finestre simmetriche, su cui è impostata una cupola circolare e una lanterna, fino a raggiungere la quota massima di circa 21.1 m."



Pianta della chiesa di Santa Gemma a Goriano Sicoli (AQ).

(fonte: M. Sassu, G. Masiello, T. Conti, A. Vezzosi – RAPPORTO SUI DANNI PRODOTTI DAL SISMA DEL 6 APRILE 2009 ALLA CHIESA S. GEMMA DI GORIANO SICOLI – Atti del Convegno L'UNIVERSITÀ E LA RICERCA PER L'ABRUZZO - Il come e il perché dei danni ai monumenti. Coppito - L'Aquila, 17-19 dicembre 2009)

2. SCENARIO DI DANNO

I danni principali riscontrati sulla chiesa di Santa Gemma hanno riguardato:

- pronunciato ribaltamento fuori piano della facciata con distacco del timpano dalla copertura;
- rottura per taglio del tamburo e della lanterna della cupola centrale;
- rottura per taglio della parete laterale del transetto;
- rottura per taglio della parete absidale;
- schiacciamento di sei degli otto pilastri tra le navate;
- leggere lesioni della torre campanaria;
- crollo parziale della volta;
- crollo parziale della copertura lignea nel punto di attacco alla facciata;
- lesione in chiave degli archi e delle volte tra le navate.

Facciata

La facciata ha subito una evidente rotazione fuori piano con distacco del timpano dalla copertura. Nel punto sommitale il distacco dalle pareti laterali era di circa 60 cm.

Cupola

La cupola ha riportato numerose lesioni, sia sul tamburo che sulla lanterna, che non hanno prodotto alcun crollo stante la preesistenza di una leggera cinturazione metallica in corrispondenza della cornice. Le lesioni, oltre ad interessare tutti gli architravi delle 8 finestre (4 sul tamburo e 4 sulla lanterna), hanno profondamente tagliato le porzioni di muratura senza produrre tuttavia evidenti spostamenti relativi tra le masse. I grandi archi di imposta del tamburo hanno subito lesioni diffuse che sono state contenute grazie alla presenza di catene.

Transetto

La facciata del transetto, sul lato verso il piazzale, ha subito una evidente rottura per taglio con formazione di lesioni a “croce di sant’Andrea” e un contenuto spostamento relativo tra le parti murarie. L’espulsione della facciata del transetto è stata evitata per la preesistenza di tiranti di acciaio posti solo in direzione longitudinale.

Parete absidale

La parete absidale mostrava diffuse lesioni sub-verticali per tutta la sua altezza. Non si sono evidenziati fenomeni di scorrimento delle parti murarie.

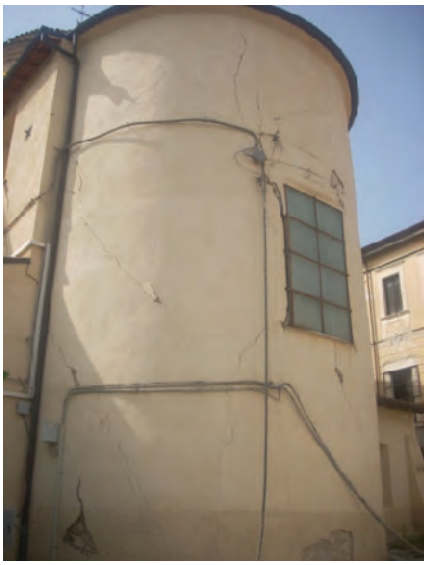
Pilastri

I pilastri che sostengono gli archi fra le tre navate risultavano fortemente lesionati. In particolare gli ultimi sei pilastri a ridosso della facciata hanno manifestato un principio di schiacciamento alla base con espulsione di materiale a causa anche dell’irregolarità del materiale lapideo utilizzato.

Archi e volte interne

L’interno della chiesa presenta un susseguirsi di archi trasversali e di navata sostenuti da pilastri. Sugli archi insistono una serie di volte a padiglione. Archi e volte erano interessati quasi tutti da lesioni in chiave, in qualche caso con scorrimento o principio di espulsione di materiale. La presenza di catene all’imposta degli archi ha efficacemente contenuto i danni.

Repertorio dei danni	
	Timpano Rotazione della parte alta della facciata.
	Controfacciata Distacco della copertura dal timpano e crollo parziale della volta.
	Tiburio e facciata del transetto Lesioni a taglio sulla cupola (tamburo e lanterna) sui maschi murari tra le finestre e rottura degli architravi dei vani finestra. Lesioni a taglio (a croce di Sant'Andrea) sulla facciata del transetto con scorrimento dello spigolo verso l'esterno.

Repertorio dei danni	
	Abside Lesioni diffuse sulla parete absidale.
	Pilastri interni Pilastro con lesioni profonde ad andamento verticale e rigonfiamento alla base.
	Chiave d'arco Particolare di un arco sulla navata laterale con lesione in chiave ed espulsione del concio. In primo piano le catene.

3. STRATEGIE DI INTERVENTO PER LA MESSA IN SICUREZZA

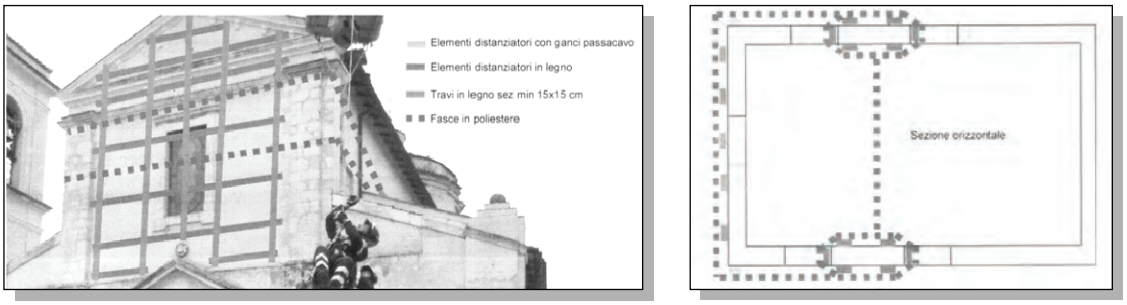
Il progetto di massima per gli interventi per la messa in sicurezza è stato predisposto dai tecnici del MiBAC. In accordo con i tecnici del NCP ci si è orientati verso la realizzazione dei seguenti macro.-interventi:

- tirantatura dell'ordine superiore della facciata, cerchiatura della cupola (tamburo e lanterna) previa sbadacchiatura delle finestre e tirantatura della parete laterale del transetto;
- puntellamento dell'ordine inferiore della facciata, puntellamento della parete absidale, disposizione di una copertura provvisoria del tetto nella zona di attacco al timpano;
- cerchiatura dei pilastri interni.

Si è poi prevista la stabilizzazione della parte superiore della facciata con il posizionamento di un graticcio in legno tirantato con fasce in poliestere, soluzione da adottare anche per intervenire sulla facciata del transetto.

In sostanza l'intervento di miglioramento delle condizioni di sicurezza richiesto ai Vigili del Fuoco riguardava le sole porzioni di edificio maggiormente danneggiate ed era volto a consentire agli operatori preposti di realizzare le opere provvisionali definitive.

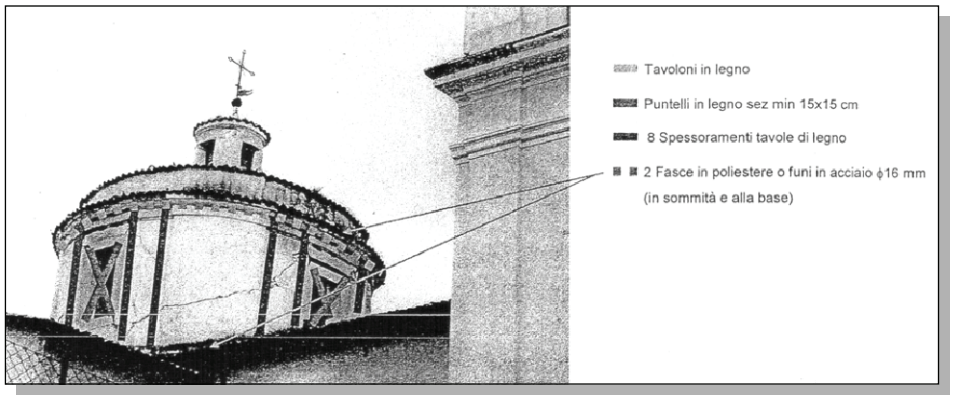
Estratto dello schema intervento richiesto ai VVF dal MiBAC



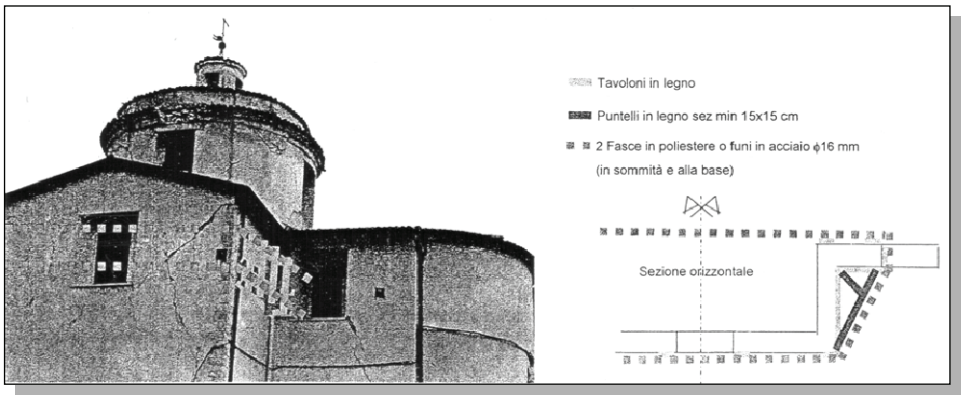
Graticcio ligneo tirantato con fasce di poliestere nella parte alta della facciata (Archivio NCP).



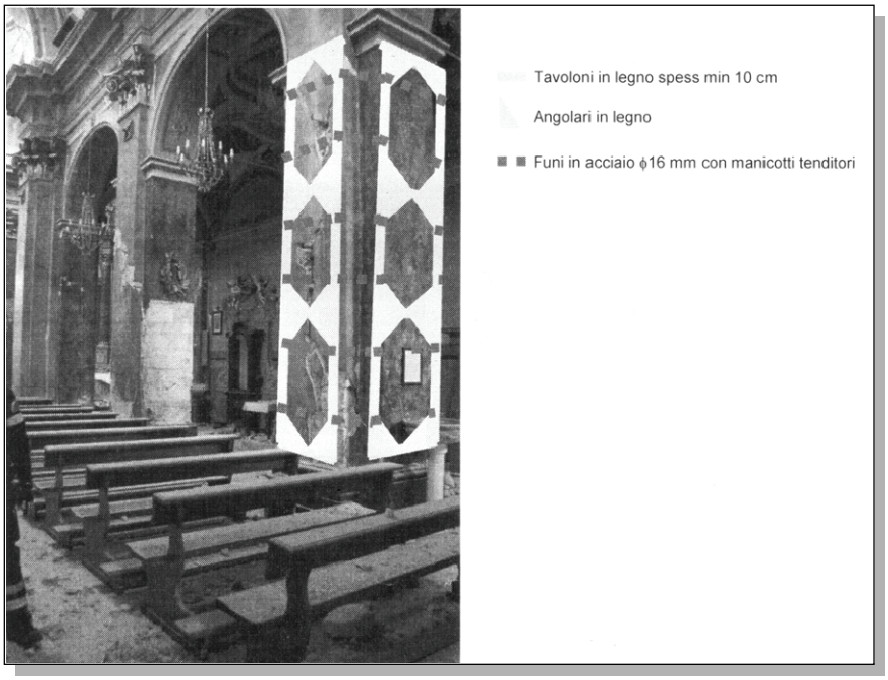
Puntellamento a terra con puntoni di legno 20x20 cm
e controventi con tavole da ponte 5x20 cm (Archivio NCP).



Cerchiatura tamburo e lanterna della cupola (Archivio NCP).



Tirantatura parete lato piazza del transetto (Archivio NCP).



Cerchiatura dei pilastri (Archivio NCP).

4. ANALISI SCENARIO OPERATIVO E PIANIFICAZIONE INTERVENTO

L'intervento è iniziato in una fase ancora caratterizzata da frequenti scosse di assestamento e ha richiesto un'attenta valutazione delle soluzioni progettuali proposte dai tecnici MiBAC e delle modalità realizzative in rapporto alla fattibilità e alle esigenze di sicurezza per gli operatori.

Sulla facciata, dove inizialmente si prevedeva la sola tirantatura di un graticcio ligneo che spiccava dalla base fino alla sommità del timpano, l'intervento è stato limitato alla sola parte superiore, a causa delle numerose sporgenze e rientranze tra cui uno sporto di gronda aggettante di circa 60 cm che, di fatto, separa i due ordini della facciata. Questo ha portato ad orientarsi verso una differente tipologia di intervento per la parte bassa della facciata optando per l'installazione di una puntellatura di ritegno dimensionata secondo gli standard della scheda STOP-PR. Per velocizzare le operazioni si è pensato di fare ricorso ad un'autogru VVF.

In accordo con i tecnici del MiBAC, si è deciso inoltre di limitare inizialmente l'intervento all'interno della chiesa al solo passaggio dei tiranti, rimandando gli ulteriori interventi, in particolare la cerchiatura dei pilastri, ad una fase caratterizzata da *after-shocks* con minore intensità e frequenza, in modo da garantire le condizioni di sicurezza minime necessarie. Occorre precisare che la gravità del dissesto e il susseguirsi delle repliche sismiche hanno fatto propendere per realizzare l'intervento più rapido possibile, da eseguirsi con una tirantatura in fasce di poliestere, leggera e di facile applicazione.

Dall'analisi più dettagliata del quadro di danneggiamento degli archi e delle volte, pur riscontrando la presenza di numerose lesioni, alcune delle quali di rilevante dimensione e con parziale espulsione di materiale, si è potuto osservare che le catene preesistenti collocate all'imposta degli archi hanno operato senza produrre scalzamenti o rientranze della muratura nei punti di ancoraggio delle piastre.

È risultata, quindi, irrilevante l'aggiunta di ulteriori tiranti o fasce all'imposta degli archi. Si è inoltre escluso l'intervento di centinatura degli archi vista della considerevole quota di imposta e di chiave.

5. REALIZZAZIONE INTERVENTO

Fasi operative

a) Messa in sicurezza della cupola, del timpano, del transetto.
Preliminarmente all'operazione di cerchiatura della cupola è stata effettuata la sbadacchiatura dei fori per impedire l'implosione della struttura a causa del serraggio delle fasce di poliestere.

Per la tirantatura del timpano è stata posta molta attenzione alla ricerca della zona di ancoraggio. Non potendo disporre di pareti laterali in buone condizioni e dovendo escludere l'ancoraggio a terra a causa dell'eccessiva inclinazione sull'orizzontale che avrebbero avuto i tiranti, ci si è orientati su una larga distribuzione su tutte le porzioni di murature disponibili avendo cura di sbadacchiare i fori presenti. È risultata una fitta serie di tiranti passanti nelle finestre delle pareti laterali che trattengono un graticcio ligneo che contrasta la parte superiore della facciata. Non dovendo affidare a ciascun tirante un eccessivo tiro si è optato per l'utilizzo di fasce di poliestere per la rapidità di posa in opera.

Per la messa in sicurezza della facciata del transetto è stata nuovamente adottata la soluzione del graticcio tirantato. In questo caso la maggiore difficoltà è consistita nella configurazione geometrica; le aperture sono collocate in posizione tale da non poter mantenere i tiranti paralleli alle pareti di taglio. Per assorbire la componente del tiro perpendicolare alle pareti si è ricorso a tralicci lignei a contrasto tra le pareti ortogonali.

L'intervento iniziale è stato condotto dalle squadre SAF VVF della Puglia che hanno operato dall'alto, attraverso autoscala e "Snorkel" VVF, sia sulla cupola che sulla parte alta della facciata che sulla parete laterale del transetto.

b) Puntellamento della parte bassa della facciata e della parete absidale.
Per la facciata sono state adottate coppie di puntelli lignei a terra per ognuna delle quattro lesene verticali presenti e allineate con le pareti longitudinali. I puntelli sono stati dimensionati e realizzati secondo la scheda STOP-PR/B tipo R2.

Per la parete absidale sono stati adottati puntelli lignei a terra distribuiti sulla superficie curva della parete. La combinazione della parete curva e del suolo in pendenza hanno reso particolarmente problematica la posa dei puntelli dimensionati in una fase antecedente alla predisposizione delle schede STOP e realizzati con particolari costruttivi ai nodi meno razionali.

c) Ritegno della parete absidale e copertura dell'abside.
Sono stati cerchiati sei dei dieci pilastri presenti tra le navate con fasce di poliestere, morali di legno e tavole per ridefinire il profilo della sezione trasversale del pilastro, pari a circa 80x80 cm. L'intervento è stato preparato all'esterno della chiesa in modo da essere posto in opera minimizzando il tempo di permanenza in area critica. Per questo motivo non sono stati impiegati gli angolari metallici sugli spigoli. L'intervento è stato dimensionato con riferimento a precedenti esecuzioni di analoghi presìdi e realizzato con fasce di poliestere e cricchetto di tesatura da 50 e da 75 mm alternate, con interasse di circa 75 cm (scheda STOP-CP).

Fasi realizzative	
	Tiburio Sbadacchiatura dei fori sul tamburo e sulla lanterna della cupola. Cerchiatura con fasce di poliestere da 75 mm e cricchetto.
	Facciata principale Graticcio ligneo sulla parte superiore della facciata trattenuta da fasce di poliestere da 200 mm con manici (braghe).
	Ancoraggio facciata principale Collegamento di ciascuna braga con una coppia di fasce di poliestere da 75 mm con cricchetto passanti all'interno della prima finestra della parete laterale. Collegamento della coppia di fasce passanti nella prima finestra con una seconda coppia di fasce passanti nella seconda finestra al fine di distribuire il tiro su una porzione maggiore di muratura.

Fasi realizzative	
	Facciata del transetto su lato piazzale In figura è rappresentata la fase di varo del graticcio ligneo preparato a terra e provvisoriamente sostenuto per attrito dalle fasce di poliestere utilizzate per la tirantatura.
	Facciata del transetto su lato piazzale Il graticcio sulla facciata lato piazzale del transetto è stato dotato di sostegno a terra. Il tiro alle fasce è stato applicato dopo il posizionamento delle stampelle lignee laterali, realizzate per consentire il passaggio delle fasce nelle finestre della navata. La posizione di queste ultime obbliga le fasce ad assumere una direzione non parallela alle pareti trasversali del transetto.
	Facciata del transetto su lato piazzale Particolare della stampella lignea laterale del transetto che devia la direzione delle fasce.

Fasi realizzative	
	Puntelli della facciata principale Fase del montaggio di uno dei quattro puntelli a terra della parte inferiore della facciata. Oltre ad un'autoscala si è reso necessario l'impiego di un'autogru.
	Puntelli della facciata principale Particolare del nodo di attacco tra i puntoni inclinati e i ritti verticali. Si notino gli spessori necessari per rendere aderente il puntello alla facciata, nel rispetto degli elementi architettonici presenti nella lesena.
	Puntellamento completo della facciata Si noti il particolare del blocco alla base con picchetti di acciaio infissi nel terreno.

Fasi realizzative



Puntellamento della parete absidale

Si noti come la puntellatura, dimensionata prima dell'emanazione delle schede STOP, presenti rapporti geometrici tra gli elementi e per gli attacchi a terra e tra puntoni e ritti verticali non rispondenti agli standard. In ogni caso la struttura del presidio è sovradimensionata per gli obiettivi perseguiti.



Pilastri della navata

Particolare di un pilastro cerchiato con fasce di poliestere e cricchetto per il tensionamento.

Anche questo intervento precede l'emanazione delle schede STOP-CP.

6. TEMPI REALIZZAZIONE, MEZZI, MATERIALI E UOMINI IMPIEGATI

Gli interventi sono stati effettuati in circa quattro settimane senza soluzione di continuità. Grazie al coordinamento fra DTS e ROS dei VVF e tecnici del MiBAC si sono potute prendere decisioni tecnicamente coordinate in tempi rapidi.

Il personale impiegato per l'esecuzione dell'intervento era costituito da squadre di Vigili del Fuoco dei Comandi provinciali della Puglia e, per i lavori in quota, da squadre di Vigili del Fuoco SAF provenienti anch'essi dalla regione Puglia per un totale di circa 20 persone (compresi DTS e ROS), senza l'ausilio di personale esterno.

I mezzi usati, sono stati:

- autoscala VVF con sviluppo di 30 metri;
- piattaforma VVF collegata ad un braccio suddiviso in tre pezzi mediante due snodi detta "Snorkel", con un'estensione di 34 metri;
- autogru VVF con portata 16 tonnellate e sviluppo 20 metri.

La presenza di un simile parco mezzi testimonia la complessità e l'importanza dell'intervento.

7. MIGLIORAMENTO E GENERALIZZAZIONE DELLE SOLUZIONI

La durata dell'intervento di messa in sicurezza ha consentito l'evoluzione delle soluzioni progettuali in fase di realizzazione. L'introduzione delle schede STOP ha portato a dei miglioramenti che sono evidenti se si confronta il puntellamento della parete absidale con quello della facciata e se si osserva la differente robustezza della cerchiatura della cupola rispetto a quella dei pilastri.

Per quanto riguarda la cerchiatura dei pilastri è evidente una sensibile differenza con le specifiche della scheda STOP-CP (non ancora emanata alla data della realizzazione) per il numero delle fasce per unità di lunghezza del pilastro.

L'osservazione del comportamento delle fasce in poliestere, nei casi di grande sviluppo (facciata, transetto, tiburio), ha messo in evidenza che le stesse possono costituire un elemento di debolezza dell'intervento, a causa dell'allentamento che subiscono a seguito dell'esposizione agli agenti atmosferici.

D'altro canto l'impiego delle fasce consente un intervento rapido e in condizioni di maggiore sicurezza per gli operatori e quindi risulta un buon compromesso per l'attuazione degli interventi di messa in sicurezza urgente nell'immediato post-sisma.

Un possibile ulteriore miglioramento sarà quello di sostituire progressivamente le fasce di poliestere con tiranti di acciaio beneficiando così sia della rapidità di intervento che consentono le prime sia della durabilità e robustezza dei secondi.



Fasce in poliestere impiegate per la tirantatura.