

# Conservazione e consolidamento

Le fasi conoscitive, progettuali ed operative del restauro sono state concepite fin dall'inizio come l'occasione per tentare di risolvere un caso concreto con le metodologie della conservazione, cercando uno stretto legame tra teoria e pratica.

**In una prassi largamente diffusa nei progetti tecnici su edifici di difficile lettura, quali i campanili, generalmente viene trascurato il controllo in fase progettuale delegandolo al cantiere. Spesso ciò viene giustificato adducendo presunte impossibilità di condurre misurazioni per l'inaccessibilità di molte parti di fabbrica, oppure ipotizzando che i fenomeni di degrado siano generici e facilmente individuabili e quindi tali da non richiedere una catalogazione puntuale. I risultati, scadenti sul piano culturale, non consentono più il recupero del cantiere che si avvia meccanicamente ad essere gestito dall'impresa.**



Nel progetto e nel cantiere, entrambi momenti di particolare difficoltà tecnica e realizzativa, la ricerca ha riguardato due aspetti: in primo luogo la centralità riconosciuta all'*impostazione metodologica* che ha guidato tutto il processo, in secondo luogo il duplice carattere richiesto dal momento operativo nel quale sono state separate le problematiche della *manutenzione delle superfici* da quelle del *consolidamento strutturale*. All'impostazione metodologica si è assegnato il ruolo di verificare costantemente la coerenza ed il rapporto tra i criteri teorici dichiarati in apertura e la fase operativa, dall'iter analitico conoscitivo fino alle soluzioni di cantiere. Sotto il profilo teorico il progetto si è riconosciuto nell'ambito della cultura della conservazione che massimizza la permanenza della materia anche se "povera" privilegiando interventi leggeri, non prevaricanti, strutturalmente compatibili e tali da garantire l'autenticità anche statica della costruzione. Un iter di acquisizione profonda e defaticante con l'obiettivo costante di legare le tematiche strutturali, materiche e dello stato di conservazione proprie dell'edificio alla particolare tecnica da adottare in cantiere, secondo una prassi che indichi a livello del più minuto dettaglio, le soluzioni prefigurate per ogni situazione. In quest'ambito coerenza metodologica significa prevedere un ventaglio di tecniche, di materiali, e di prodotti che non siano estranei o altra cosa dai principi culturali generali che inquadrano l'intervento. Si ritiene che non possano esistere tecniche o prodotti sempre validi per ogni situazione, così come non sono proponibili classificazioni o gerarchie di interventi, leggende o abachi di soluzioni astratti dal preciso contesto mate-

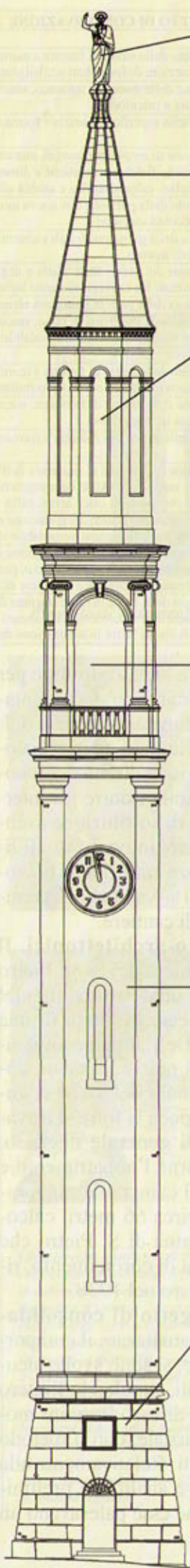
Progetto: prof. arch. Cesare Feiffer  
Collaboratori: geom. A. Dall'Igna (direttore lavori),  
arch. C. Parmagnani, arch. C. Ferro,  
ing. A. Donadio, studio Arco.

rico al quale si riferiscono. Nel presente progetto gli accertamenti preliminari sono stati condotti attraverso le seguenti fasi: il rilievo metrico, geometrico, morfologico e materico, utilizzando tecniche d'avanguardia ma sufficientemente diffuse da prevedere costi contenuti, la conoscenza diretta dello stato di conservazione delle varie sezioni del campanile, suddividendo i fenomeni in degrado e dissesto, risolti poi separatamente; le verifiche statiche tramite modellazione con un supporto puntuale e finalizzato della diagnostica scientifica non distruttiva; per ultimo un particolare rapporto con le maestranze che hanno anch'esse concepito il cantiere come laboratorio di conoscenza di un manufatto continuamente da scoprire. Si è quindi cercato di evitare per scelta il "progetto a cantiere aperto", puntando sulla totale prefigurazione degli interventi nel progetto esecutivo e cercando, tramite la conoscenza preliminare, di sviscerare ogni singolo e apparentemente secondario problema. Nel presente progetto con il termine *manutenzione* si è inteso quell'azione che comporta come prima istanza la permanenza della materia, del dato fisico, indipendentemente dai suoi dati formali e storici. Una manutenzione molto concreta e fondata sulla realtà materica che evita sia l'estremizzazione delle tesi conservative, che diverrebbero astratte, sia eccessivi accanimenti terapeutici che si pongono al di fuori del mercato. La sostituzione del singolo elemento strutturale o della porzione di materia non sono impossibili o demonizzate ma sono giustificate da fattori di degrado qualora lo stato di conservazione superi la soglia dell'accettabilità, quando non sia possibile tecnicamente l'intervento. In questo contesto la manutenzione



## La conoscenza tramite il rilievo

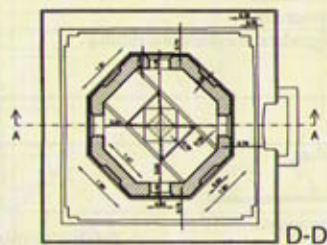
Per il rilievo sono state condotte campagne di misurazioni in modo diretto e indiretto. Il rilievo indiretto è stato realizzato strumentalmente con teodolite (Geodimeter 412) accoppiato a distanziometro elettronico per realizzare una poligonale esterna chiusa di n. 10 vertici attorno al campanile. Dai punti principali della poligonale sono stati realizzati numerosi sbracci battendo punti segnalizzati a varie quote sugli spigoli del campanile finalizzati al raddrizzamento del fotopiano e d'aiuto al rilievo diretto per avere posizione dei punti architettonici su coordinate (x,y,z). In questo modo si è costituita la base per il successivo rilievo morfologico tramite sistemi non convenzionali di fotogrammetria semplificata. Le prese sono state realizzate con camera semimaterica Rollei 6006. Successivamente con il tradizionale rilievo diretto sono state integrate tutte le misure della cuspide, della statua e dell'interno per realizzare le sezioni orizzontali e verticali. Particolarmente impegnative sono state le misurazioni all'interno della cuspide dentro la quale ci si è dovuti arrampicare fino a raggiungerne la sommità per poterne accertare con precisione lo schema costitutivo e statico. Anche all'esterno le difficoltà del rilievo diretto sono state molteplici in ragione dell'altezza da terra, circa 60 metri, del clima rigido invernale e del forte vento che faceva oscillare il sistema statua-cuspide di parecchie decine di centimetri. La rappresentazione è stata realizzata con il programma Archis e si sono ricavate le immagini fotografiche e al tratto su file dwg dei quattro fronti del campanile di una sezione verticale e di cinque orizzontali. La scala finale delle rappresentazioni è stata quella 1:50. Tutta la fase di rilevamento metrico, geometrico e morfologico è stata poi integrata con catalogazioni e osservazioni critiche e puntuali relative allo stato di degrado e dissesto delle superfici. Nel dettaglio si sono catalogate e registrate con attenzione tutte le particolarità costruttive dal basamento alla statua (pietra, laterizi, intonaci, legni e rame). In un secondo tempo per setti differenti (basamento, fusto, ecc.) si sono prodotte monografie dove veniva registrato il degrado dei materiali di superficie e, quando possibile la causa che aveva provocato il fenomeno. Contemporaneamente si rilevavano puntualmente tutte le fessurazioni e le deformazioni esterne e interne. Espletata la prima fase della conoscenza, è stato possibile individuare le analisi integrative necessarie per perfezionare il quadro diagnostico e pertanto, con il sussidio dello strutturista, è stato definito il programma esecutivo delle analisi scientifiche statico-strutturali.



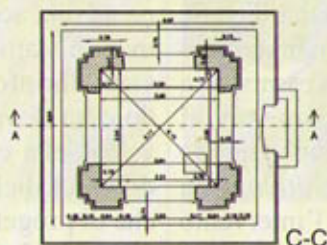
**Statua** in legno rivestita e modellata direttamente con lamiera di rame retta da un sistema ibrido costituito da un traliccio metallico e da un grande trave ligneo che ne costituisce l'anima.

**Cuspide** costituita da una struttura tronco conica in legno, rinforzata con centinature orizzontali e verticali interne, di diametro variabile tra circa 4,25 e 0,90 m, con un'altezza di 1,20 m.

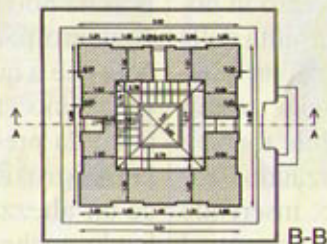
**Cella ottagonale**, costituita da un fusto in muratura con spessore di 40 cm ed altezza di 7,20 m circa. I lati presentano aperture a finestra assai grandi in rapporto alla superficie muraria.



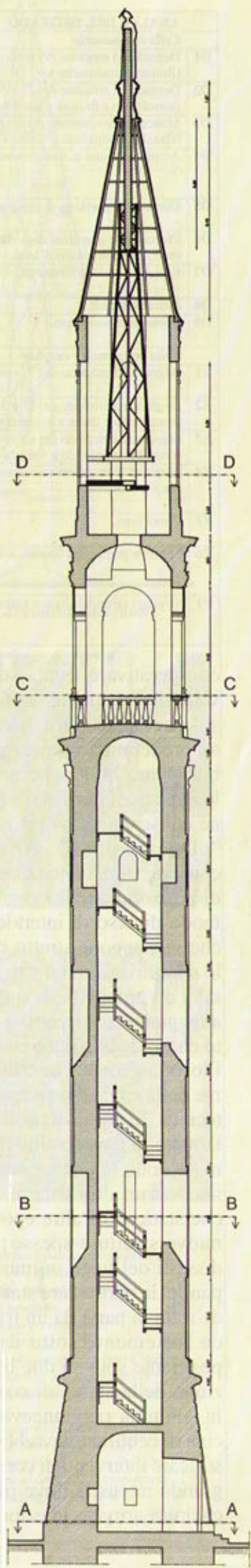
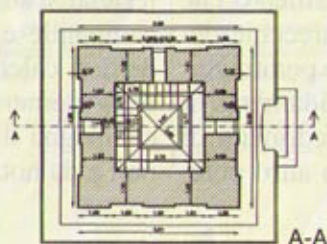
**Cella campanaria**, alta circa 8,10 m, formata da quattro leggeri pilastri a L collegati con archi e definita all'esterno da paraste e capitelli ionici.



**Fusto** in muratura di mattoni a vista, di sezione omogenea per un'altezza di 27,40 m circa con spessore delle pareti di 110 cm.



**Basamento** in bugne lapidee, di 6,85 m circa a "sezione variabile", in pietrame squadrato con spessore delle pareti di 120/230 cm.





ANALISI DEL DEGRADO		PROGETTO DI CONSERVAZIONE	
<b>Cella campanaria</b>			
D1	Degrado ed erosione del terzo strato dell'intonaco (finitura a marmorino).	Rifacimento dello strato di finitura a marmorino previo consolidamento del 1° e 2° strato dell'intonaco tramite iniezioni di formulato acril-siliconico eventualmente additivato con calce spenta.	
D2	Degrado ed erosione del 2° e 3° strato dell'intonaco (sottofondo e finitura a marmorino).	Rimozione delle tracce di intonaco, scarnitura dei giunti e formazione di nuovo intonaco a tre strati con finitura a marmorino.	
D3	Mancanza e/o degrado dei tre strati di intonaco (rinzafo, sottofondo e finitura a marmorino).	Pulitura della superficie muraria e formazione di nuovo intonaco a tre strati con finitura a marmorino.	
D4	Ampia porzione di muratura sconnessa e degradata.	Sostituzione di ampie porzioni di muratura, realizzata con l'impiego di mattoni nuovi dalle stesse caratteristiche fisiche, cromatiche e dimensionali di quelli in opera, legati con malta composta di calce aerea, calce idraulica e sabbia silicea.	
D5	Distacco di porzione di muratura.	Rifacimento della porzione con nuova muratura armata adeguatamente ancorata alla struttura retrostante (vedi particolari esecutivi).	
D6	Stuccature e giunzioni degradate degli elementi in pietra (basi, capitelli, chiavi d'arco, ecc.).	Scarnitura delle giunzioni fra gli elementi lapidei e le cortine murarie e stuccatura con malta di calce e polvere di marmo.	
D7	Balaustre lapidee sconnesse.	Sostituzione dei perni, delle staffe e degli arpesi degradati con elementi in acciaio inox, scarnitura delle giunzioni fra i diversi elementi lapidei e stuccatura con malta di calce e polvere di marmo.	
D8	Pietre fratturate.	Impernatura delle parti in pietra con elementi in acciaio inossidabile e/o pietra fissati con resine sintetiche.	
D9	Cornicione sconnesso.	Rimozione della copertina in rame, smontaggio del cornicione e rimontaggio dei conci collegandoli con arpesi e staffe in acciaio inossidabile sia fra loro che con la struttura muraria retrostante.	
<b>Cella ottagonale e cuspidale</b>			
E1	Degrado ed erosione del 3° strato dell'intonaco (finitura a marmorino).	Rifacimento dello strato di finitura a marmorino previo consolidamento del primo e del secondo strato dell'intonaco tramite iniezioni di formulato acril-siliconico eventualmente additivato con calce spenta.	
E2	Degrado ed erosione del 2° e 3° strato dell'intonaco (sottofondo e finitura a marmorino).	Rimozione delle tracce di intonaco, scarnitura dei giunti e formazione di nuovo intonaco a tre strati con finitura in marmorino.	
E3	Mancanza e degrado dei tre strati di intonaco (rinzafo, sottofondo e finitura a marmorino).	Pulitura della superficie muraria e formazione di nuovo intonaco a tre strati con finitura a marmorino.	
E4	Porzione di muratura sconnessa e degradata di estensione ridotta (da 2 a 6 mattoni).	Sostituzione di porzioni di muratura dell'estensione massima di cm 50x50, realizzata con l'impiego di mattoni nuovi dalle stesse caratteristiche fisiche, cromatiche e dimensionali di quelli in opera, legati con malta composta di calce aerea, calce idraulica e sabbia silicea.	
E5	Cornicione.	Verifica dell'assetto statico del cornicione ed eventuale smontaggio e rimontaggio dei conci collegandoli con arpesi e staffe in acciaio inossidabile sia fra loro che con la struttura muraria retrostante.	
E6	Mensole cornicione corrose e degradate.	Consolidamento delle mensole lapidee con applicazione di prodotto riaggregante a base di esteri dell'acido siliceo applicato a spruzzo, pennello e impacco fino a rifiuto. Scarnitura e stuccatura delle giunzioni con malta di calce e polvere di marmo.	
F1	Struttura cuspidale lignea sottodimensionata.	Smontaggio delle lastre in rame stagnato di copertura e della struttura lignea della cuspidale e rifacimento in legno lamellare su cordolo in cls armato con rimontaggio delle lastre di copertura recuperabili e messa in opera di nuove lastre in sostituzione degli elementi non recuperabili.	

conservativa è legata strettamente alla valutazione attenta degli stati di necessità per i quali non esiste un limite scritto, predefinito o unicamente individuabile. Stato limite che necessita di tutte le attenzioni per far sì che manutenzione conservativa non diventi essa stessa "manomissione". Analogamente al concetto di manutenzione anche quello di *consolidamento conservativo* è un modo diverso di intendere l'intervento che presuppone stretta connessione tra lo strutturista, con il suo bagaglio culturale, e l'architetto. È questo un diverso atteggiamento rispetto a quello consueto che vede lo strutturista separato dalla filosofia generale dell'intervento in nome della citata, presunta neutralità della tecnica. In questo ambito si rifiuta quella metodologia sostitutiva della struttura secondo la quale è possibile mettere in opera un altro sistema, forzando logiche statiche di altre epoche, inserendo nuove strutture spesso prevaricanti. I dissesti del fusto in muratura del campanile, la particolare statica della cuspidale retta in parte da un traliccio metallico fortemente sotto dimensionato e poggiante solo su due binari, l'oscillazione della statua di coronamento che in sommità raggiungeva parecchie decine di centimetri avrebbero potuto giustificare interventi di consolidamento di grande intensità dove procedimenti di cucitura armata, iniezioni o altro pote-

vano essere estesi a tutte le strutture per un problema di "sicurezza". Congiuntamente con lo strutturista, sulla base delle conoscenze preliminari ed in relazione ad una acquisizione diretta dei fenomeni è stato possibile ridurre gli interventi di rinforzo e di sostituzione avendo cura di verificare, in ogni fase, il livello della coerenza tra principi metodologici dichiarati e valutazioni tecniche di progetto o di cantiere.

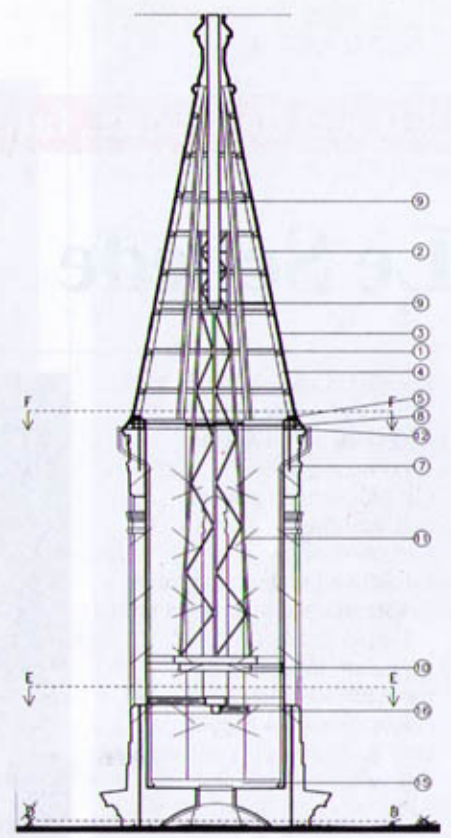
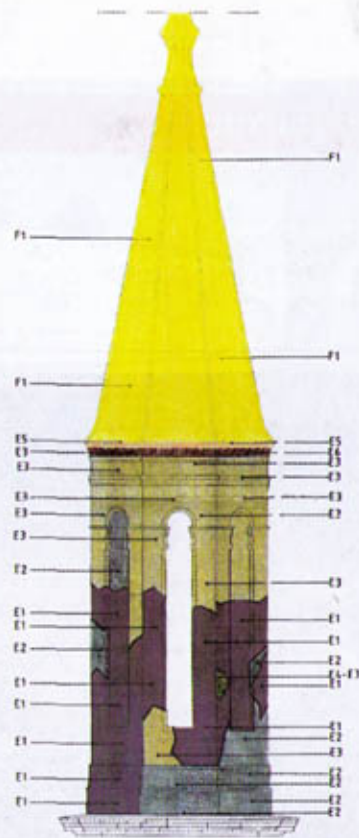
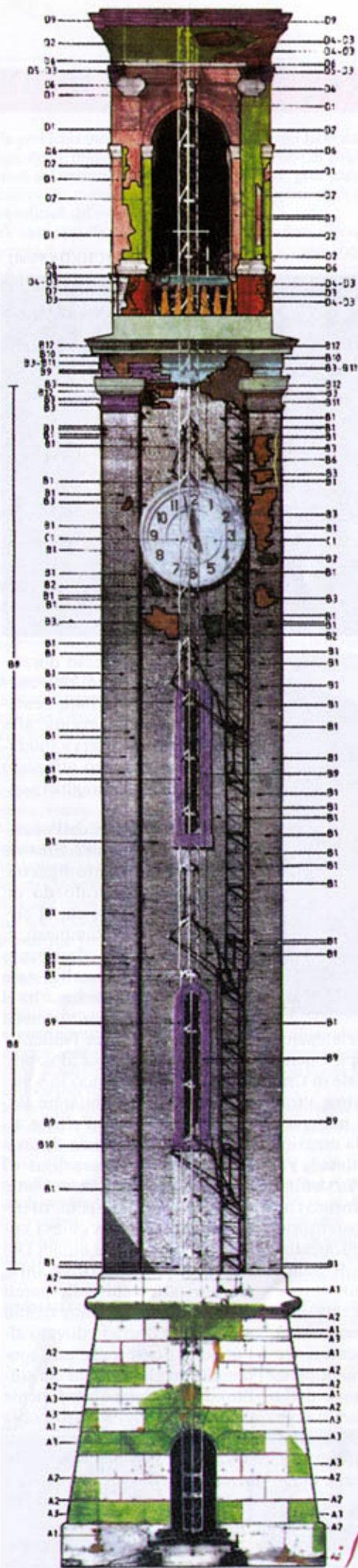
**Caratteri storico-architettonici.** Il campanile della chiesa dei Santi Pietro e Paolo a Zanè è una costruzione del XIX secolo, edificata in luogo di una precedente torre. Dell'antico campanile si ha notizia già nel 1533; da un documento parrocchiale del 1824 si annota che a quell'epoca la torre si trovava in uno stato di generale degrado, tanto da presupporre l'abbattimento e la ricostruzione. Il campanile raggiunge un'altezza di circa 66 metri, calcolando anche la statua di S. Pietro che sormonta la guglia di coronamento, rifatta in latrice e ferro nel 1938.

**Struttura e progetto di consolidamento.** Al fine di analizzare il comportamento tensionale, si sono svolte alcune analisi strutturali, simulando l'intero campanile e parti di esso, tramite modelli di calcolo spaziale, con il metodo degli elementi finiti. Relativamente alla campagna di prove analitiche preliminari è da notare che esse palesavano un

quadro accettabile nell'ordinario di questa tipologia strutturale con un unico pesante avviso: al suono della più grande delle campane la struttura massimizzava l'ampiezza delle proprie vibrazioni essendo sottoposta ad una azione "forzante" in condizioni prossime alla risonanza. Naturalmente questo catastrofico fenomeno non poteva verificarsi per azioni esterne contratte nel tempo, tuttavia, a parte la segnalazione teorica, l'ampiezza delle oscillazioni registrate era senza dubbio fonte di dissesti e fessurazioni locali, così come si riscontrava nella zona campanaria e nelle zone limitrofe.

**Progetto di manutenzione conservativa.** In sede progettuale si è voluto avere una conoscenza dettagliata dello stato di conservazione delle superfici esterne della fabbrica in modo tale da poter programmare e localizzare puntualmente i diversi interventi tecnici. Pertanto le analisi condotte sulle singole superfici e l'indicazione degli interventi tecnici sono state sintetizzate in tabelle, leggibili unitamente ai grafici, delle quali si riportano alcuni stralci; ciò ha consentito una lettura sintetica dello stato di conservazione e dell'intervento, individuabili puntualmente lungo tutti i tratti del campanile.





**Progetto di manutenzione conservativa**

**Progetto di consolidamento**



Gli interventi tecnici previsti con analogia precisione dal basamento alla cuspide, sono stati realizzati con la massima attenzione conservativa. Le immagini illustrano, a sinistra: fotogrammetria piana (cella campanaria, fusto, e basamento). Gli elaborati sono stati adoperati in fase operativa per visualizzare gli interventi conservativi e sono stati utilizzati quotidianamente dagli operatori del cantiere. La mappatura indica le aree relative ai diversi interventi mentre una sigla rimanda alla legenda che dettaglia fenomeni di degrado e operazioni tecniche. Nelle foto: particolare delle superfici esterne e cella campanaria prima e dopo l'intervento conservativo. A destra, sintesi del progetto di intervento strutturale con la relativa legenda.

- 1 Traversi in abete montati con scarpe in lamiera
- 2 Rivestimento con lastre di rame
- 3 Tavolato in abete con formulato antitarlo
- 4 Montanti in legno lamellare
- 5 Scarpa di ancoraggio con montanti
- 6 Cordolo in calcestruzzo
- 7 Ancoraggio cordolo-muratura con barra inox
- 9 Tiranti in corrispondenza degli appoggi dei montanti
- 10 Connessione tra nuova struttura in legno lamellare e trave reggia-statua
- 11 Cuciture della muratura con barre inox
- 12 Canale di gronda in rame e pluviali
- 13 Cerchiature con barre inox
- 14 Sostituzione dei tiranti della cella campanaria
- 15 Vasca di raccolta delle acque meteoriche