

# PATRIMONIO ARCHITETTONICO MONUMENTALE D'ABRUZZO POST SISMA DEL 2009 E PREVENZIONE

INDAGINI DIAGNOSTICHE SPEDITIVE NON INVASIVE PER UNA VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITÀ SISMICA

di Alessia Bianco



Figura 1 - Da sinistra a destra: chiesa di San Pietro ad Alba Fucens (AQ), abbazia di San Bartolomeo a Carpineto della Nora (PE), ex monastero di Sant'Onofrio ed ex convento di San Francesco a Campli (TE).

A seguito del sisma aquilano del 6 aprile 2009, la comunità scientifica e professionale ha fortemente rivolto il suo interesse alla comprensione della genesi dei dissesti e alle metodologie di restauro del patrimonio storico architettonico monumentale e non; minore attenzione è stata posta invece alla definizione di strategie di mitigazione del rischio sismico, attraverso interventi di prevenzione. La ricerca, di seguito illustrata, descrive un caso studio di programmazione di interventi strutturali di prevenzione sismica, delineando l'apporto che la diagnostica strumentale in situ può fornire in fase di anamnesi e diagnosi.

**I**l lavoro di seguito esposto concerne lo svolgimento di un progetto di ricerca finalizzato alla valutazione del rischio sismico, soprattutto in termini di determinazione della vulnerabilità sismica, del patrimonio architettonico monumentale della Regione Abruzzo [1], specificatamente rivolto a quattro complessi di interesse storico-artistico, tutelati ai sensi del 'Codice dei beni culturali', e ricadenti in aree poco vulnerate dal sisma del 6 aprile del 2009: la chiesa di San Pietro ad Alba Fucens, l'abbazia di San Bartolomeo a Carpineto della Nora, l'ex monastero di Sant'Onofrio e l'ex convento di San Francesco entrambi a Campli (Fig. 1). La ricerca, oltre ad una ricostruzione dell'anamnesi storica dei palinsesti costruttivi e all'esecuzione di estesi e puntuali rilievi geometrico-strutturali degli edifici, ha posto particolare accento alla progettazione, conduzione e validazione di indagini diagnostiche non distruttive e non invasive,

specificatamente svolte secondo protocolli diagnostici di volta in volta calibrati secondo le specificità del complesso monumentale in oggetto e alle criticità espresse nelle preliminari fasi di indagine storico-stratigrafica e rilievo tecnico-strutturale; ciò al fine di perseguire, come di seguito esplicitato caso per caso, due principali scopi:

- da una parte fornire indicazioni circa le trasformazioni della fabbrica, tenuto conto che, con esclusione della chiesa di San Pietro ad Alba Fucens, la documentazione bibliografica e archivistica non ha potuto produrre dettagliate indicazioni circa la definizione delle fasi costruttive e alternative dei complessi monumentali indagati;
- dall'altra suggerire elementi concernenti lo stato conservativo dei materiali e delle strutture, con particolare riferimento soprattutto agli elementi alterativi afferenti a restauri dell'ultimo secolo.

## NOTE

[1] Progetto di ricerca "Redazione di uno studio per la verifica sismica di edifici sensibili, ai fini della mitigazione del rischio sismico" Parte I (marzo-settembre 2011), promosso dalla Direzione Regionale per i Beni Culturali e il Paesaggio della Regione Abruzzo-L'Aquila del Ministero per i Beni e le Attività Culturali, è stato svolto dal Dipartimento PAU dell'Università degli Studi Mediterranea di Reggio Calabria (Direttore: Enzo Bentivoglio; Direttore del Lab. M.A.Re.: Simonetta Valtieri; Responsabile scientifico: Vittorio Ceradini; Ricerca bibliografica e archivistica: Alba Serino; Rilievo geometrico e strutturale: Alessandra Suraci, Giovanni Suraci; Elaborazioni grafiche e fotografiche: Diego Battaglia, Giuseppe Cannetti, Raffaella Quattrone; Diagnostica in situ: Alessia Bianco; Analisi in laboratorio: Antonello Gambino). Le brevi note storiche e le correlate documentazioni iconografiche, riportate nell'articolo, sono tratte dal suddetto lavoro di Alba Serino, che si ringrazia.

### CHIESA DI SAN PIETRO AD ALBA FUCENS (AQ)

La chiesa di S. Pietro è sita sul luogo di fondazione di un tempio italico del sec. III a.C., trasformato forse nel II sec. d. C. in tempio di Apollo. Divenuta chiesa cristiana nella prima metà del sec. VI, nel sec. VII risulta di proprietà benedettina. Fra il 1123 e 1126 fu oggetto di una profonda trasformazione, così che del tempio rimasero



Figura 2 - Chiesa di San Pietro, esterno.

solo la cella a due ante e parte del pronao. Una serie di severi terremoti (prima metà del sec. XIII, fine sec. XVI, inizio sec. XVIII) ne provocò ripetute forti vulnerazioni, a cui di volta in volta si pose riparo secondo le consuetudini e il gusto dell'epoca, tanto da definire un palinsesto stratigrafico tanto interessante quanto complesso. Con il forte sisma del 1915 l'edificio subì nuovamente forti danni; il progetto di restauro, curato, solo negli anni '50, dalla Soprintendenza ai Monumenti ed alle Gallerie dell'Aquila, diretta da Raffaello Delogu, vide lo smontaggio e l'anastilosi pressoché totale dell'edificio, con preventiva introduzione di un sistema strutturale intelaiato in calcestruzzo armato, poi celato dal rimontaggio di paramenti murari e opere di completamento, in larga parte oggetto di recupero dalle rovine (Fig. 2) [1].

### LA CAMPAGNA DIAGNOSTICA

La campagna diagnostica presso la Chiesa di San Pietro in Alba Fucens è stata condotta, vista la complessità e disomogeneità tecnico-costruttiva e l'articolata storia stratigrafica, al fine di fornire indicazioni strumentali volte alla comprensione delle fasi costruttive della fabbrica, con specifico riferimento agli interventi di ricostruzione/restauro post sisma del 1915, e alla valutazione delle caratteristiche dei materiali, soprattutto in termini di ammaloramento per vetustà. In primo luogo è stato eseguito un intenso monitoraggio termografico [A] (realizzato per 12 ore consecutive con cadenza di 1 ora), che, attraverso una verifica per sovrapposizione dei termogrammi omologhi, ha portato all'evidenza di anomalie termiche, poste poi a supporto dell'analisi stratigrafica d'elevato per il riconoscimento delle correlate unità (Fig. 3), mostrandosi di una certa utilità soprattutto per il fronte longitudinale, ove la mancanza di una dettagliata documentazione storica dell'intervento post 1915 non poteva fornire dati di accertamento diretto. Il limite principale che ha mostrato l'applicazione di questa tecnologia è risultato nella scarsa presenza di salti termici, che hanno reso le anomalie poco evidenti e reso necessario un lavoro di post elaborazione particolarmente laborioso, per una campagna investigativa caratterizzata per speditezza, viste le specificità della circostanza.

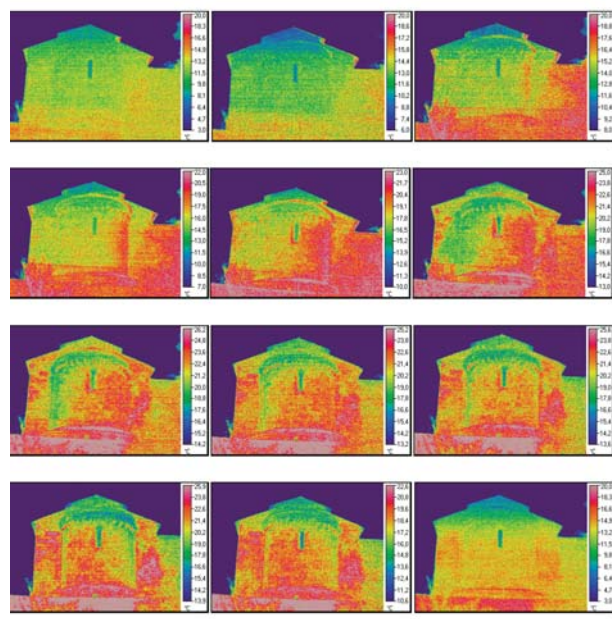
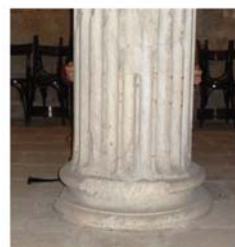
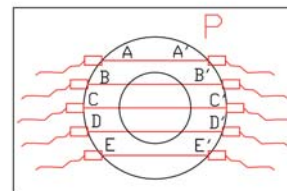


Figura 3 - Chiesa di San Pietro, monitoraggio termografico.



Rilevamento ad ultrasuoni



Posizione dei punti di rilevamento

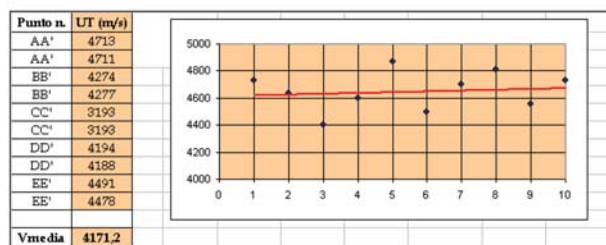


Figura 4 - Chiesa di San Pietro, test su colonne in opera.

Le indagini diagnostiche hanno potuto rappresentare un contributo anche nello studio delle modalità esecutive di approntamento delle anime in calcestruzzo cementizio armato interne alle colonne; difatti, sebbene fosse disponibile una dettagliata documentazione di progetto e un buon catalogo fotografico delle fasi di esecuzione, tuttavia si mostrava necessario effettuare una verifica estesa per comprendere se i criteri progettuali fossero stati rispettati nella fabbrica in modo omogeneo. Pertanto si è determinato di impiegare l'integrazione di due strumentazioni diffusamente utilizzate nelle indagini sui calcestruzzi in opera, un pacometro [C] e un rilevatore ad ultrasuoni [B], utilizzati rilevando dati di velocità ultrasonica e presenza delle armature metalliche, tramite una scansione molto densa di una sezione rappresentativa, per tutte le colonne interne (Fig. 4). È evidente che quest'indagine, chiaramente non convenzionale, ha potuto solo fornire dati qualitativi circa la dimensione e la posizione dell'anima interna in calcestruzzo armato,



tuttavia sufficiente a dare risposta al quesito che ne aveva richiesto l'esecuzione.

Altre indagini di minore rilievo, in quanto piuttosto ordinarie nella pratica diagnostica, sono state delle indagini SON-REB sui plinti di fondazione in calcestruzzo armato delle colonne interne, e delle prove combinate di sclerometria e rilevamento ultrasonico sulle carote di pietra delle colonne, rinvenute in loco, eseguite al fine fornire, seppur grossolanamente, la  $f_c$  (N/mm<sup>2</sup>) e  $R_c$  (N/mm<sup>2</sup>), utili alle successive fasi di verifica numerica del comportamento strutturale dell'edificio (Fig. 5). Bisogna specificare difatti che la programmazione delle indagini ha dovuto tenere conto di due aspetti in sincrasia, da una parte fornire indicazioni quantitative di dettaglio, dall'altra prevedere indagini solo di tipo non invasivo e non distruttivo; per questo motivo, oltre che per evidenti scopi di ricerca, la gran parte delle metodologie sono state utilizzate delle procedure non standard, al fine di meglio rispondere alle esigenze investigative in specie.

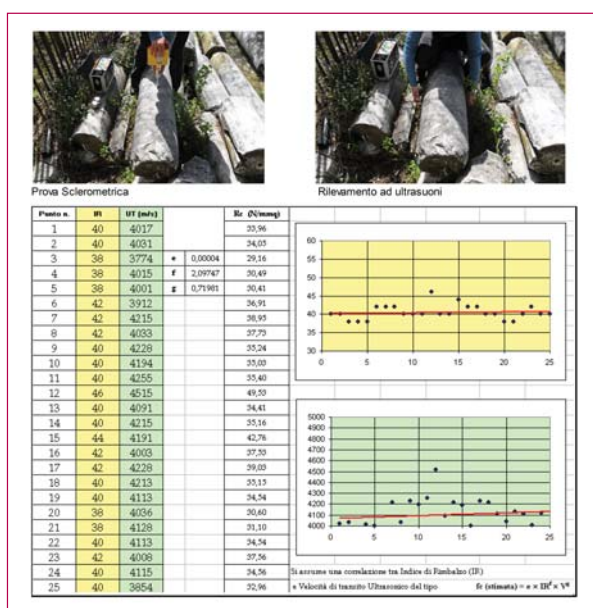


Figura 5 - Chiesa di San Pietro, tests su carote di colonna.

## ABBZIA DI SAN BARTOLOMEO A CARPINETO DELLA NORA (PE)

La fondazione del monastero benedettino di San Bartolomeo si deve agli ultimi anni del sec. X, probabilmente come ampliamento di un preesistente cenobio, a cui afferisce probabilmente la torre in facciata; la costruzione durò quasi un secolo, con una parziale ricostruzione, databile tra il 1180 e il 1208, da riferirsi soprattutto alla chiesa, la quale a metà dello stesso secolo fu dotata del portico anteriore, con modifiche distributive e funzionali del monastero, dettate dalla regola circostense della nuova comunità monastica ospitata. Non sono note significative trasformazioni, se non un grave danneggiamento del monastero, dovuto allo straripamento nel sec. XV dell'adiacente corso d'acqua. Il complesso fu oggetto di un esteso numero di restauri e consolidamenti nel sec. XX, generalmente locali e atti a dare soluzione alle problematiche geotecniche e al degrado indotto dalla scarsa manutenzione (Fig. 6) [1].

## LA CAMPAGNA DIAGNOSTICA

Assai più ordinarie si sono rivelate le indagini presso l'abbazia di San Bartolomeo a Carpineto della Nora, che, sebbene si mostrasse, ad una prima superficiale valutazione, priva di elementi di particolare patimento, in termini di valutazione delle vulnerabilità all'azione sismica, ad una



Figura 6 - Abbazia di San Bartolomeo, esterno.

più puntuale analisi ha invece manifestato la presenza di un insieme di problematiche strutturali (come le lunghe pareti longitudinali scarsamente vincolate, il campanile a vela e i poco evidenti ma complessi quadri fessurativi) non solo insidiose, ma di soluzione non banale, vista la precipua istanza conservativa. In tale contesto le indagini diagnostiche non hanno potuto molto, se non fornire elementi quali-quantitativi circa la consistenza tecnico-costruttiva e lo stato conservativo di cordoli in calcestruzzo armato (tramite indagine pacometrica [C], ultrasonica [B] e sclerometrica [D]) e su elementi lignei di copertura (pilodyn [E] e rilevamenti ultrasonici [B]) (Fig. 7). Anche le termografie [A], eseguite con dettaglio per tutta l'estensione della fabbrica, hanno rappresentato un modesto

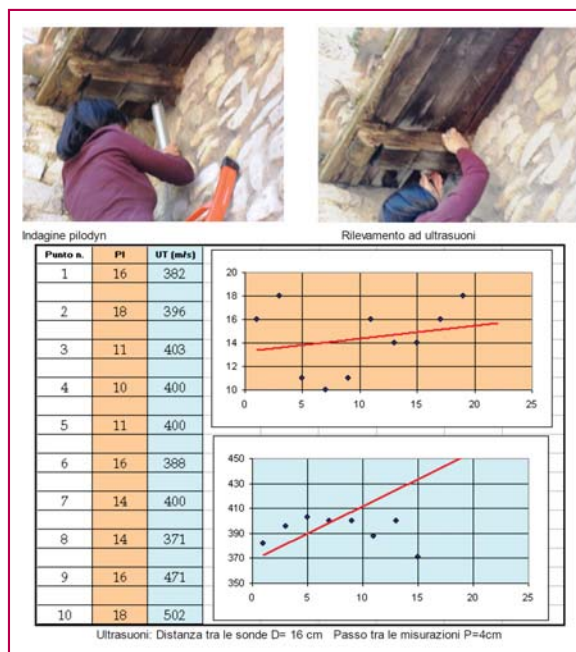


Figura 7 - Abbazia di San Bartolomeo, indagini sulla copertura.

coadiuvo, se non a supporto dell'analisi delle indagini stratigrafiche d'elevato. C'è da dire, per completezza, che la limitatezza delle metodologie disponibili e la necessità di non alterare in modo alcun il punto materiale della fabbrica, rinunciando così ad indagini microinvasive, hanno inciso significativamente su questa investigazione. Tale conclusione, lungi dal costituire un elemento di depauperamento della fiducia nella diagnostica come strumento di conoscenza, tuttavia pone una riflessione su quanto, talune volte, una campagna diagnostica ridondante possa es-

sere al contempo poco utile e su come, in questo quadro, assuma un ruolo preminente la capacità di una programmazione diagnostica a volte anche capace di sottrarsi.

#### EX MONASTERO DI SANT'ONOFRIO A CAMPLI (TE) QUADRO CONOSCITIVO

Il convento celestino di S. Onofrio, edificato sulle rovine di un ospedale con annessa chiesa di epoca tardo trecentesca, venne costruito nei due decenni a cavallo del sec. XVI ed elevato a badia circa un secolo dopo. L'edificio, certamente vulnerato dal sisma del 1703, è stato più volte oggetto di trasformazioni e rimaneggiamenti, sino ai primi anni del sec. XIX, quando la badia fu soppressa; inoltre nel 1951, durante la realizzazione del nuovo tracciato della strada statale 262, una parte dell'edificio, includente metà chiostro, andò demolita, acquisendo l'attuale facies. Solo a partire dal 1985 hanno luogo i primi interventi di restauro (rifacimento delle coperture), seguiti alla fine degli anni '90 da un esteso intervento di conservazione dei preziosi affreschi del refettorio e di adeguamento funzionale a sede del museo diocesano, tutt'oggi in via di conclusione (Fig. 8) [1].



Figura 8 - Ex Monastero di Sant'Onofrio, esterno.

#### LA CAMPAGNA DIAGNOSTICA

La campagna di indagini diagnostiche svolte presso il museo statale diocesano-ex convento di S. Onofrio a Campli ha avuto, nei confronti della determinazione di un giudizio critico sulle condizioni di vulnerabilità del complesso, un certo peso nell'insieme delle attività svolte, quali la ricerca storica e il rilievo geometrico e tecnico-costruttivo. Difatti l'indisponibilità di dati conoscitivi storici, anche solo grossolani, afferenti soprattutto alle alterazioni trasformative, che erano evidenti, ma poco manifeste nella loro caratterizzazione tecnica, ha reso necessario orientare le indagini alla comprensione degli aspetti tecnico-costruttivi degli elementi di alterazione o addizione (cordoli, cappe, alterazione degli incatenamenti), piuttosto che all'investigazione delle parti strutturali storiche. Quest'ultime difatti non mostravano specifici elementi di vulnerabilità, se non connessi, come non di rado, proprio agli elementi di recente realizzazione. La campagna diagnostica si è quindi esplicitata nell'esecuzione di prove atte in primo luogo alla comprensione degli elementi di alterazione e poi nell'investigazione delle strutture di addizione, a cominciare dagli incatenamenti della pilastatura con archi della corte interna, che solo in parte presentavano capichave a vista. Una rapida indagine pacometrica [C] ha portato all'evidenza della presenza

confortante di non pochi capichave sotto intonaco, ma anche della mancanza di due capichave, suggerendo la necessità di un intervento di loro ricollocamento, tanto banale quanto di determinante incidenza nel comportamento di quel fronte di fabbrica sotto azione sismica (fig. 9). A questo si sono aggiunte indagini di tipo ordinario sugli elementi di addizione (prove SONREB [3-4-5] per i cordoli sommitali, indagini ultrasoniche [B] e pilodyn [E] sui legni delle capriate di copertura, ma anche tests meno usuali, come la ricerca magnetometrica [C] delle caratteristiche delle reti di armatura delle cappe presenti sulle volte in foglio o la verifica del sistema di ancoraggio delle capriate lignee ai cordoli sommitali, che si è osservato essere costituito da lunghi tirafondi. Anche nel caso del museo statale diocesano-ex convento di S. Onofrio l'utilizzo di uno strumento dedicato, quale il pacometro da calcestruzzo [C], in un contesto non convenzionale (le catene, la cappa, i tirafondi) ha potuto agilmente, seppure solo qualitativamente, mostrarsi piuttosto efficace a cogliere la manifestazione di vulnerabilità certamente locali ma al contempo di articolare insidia sotto l'aspetto della vulnerabilità sismica.

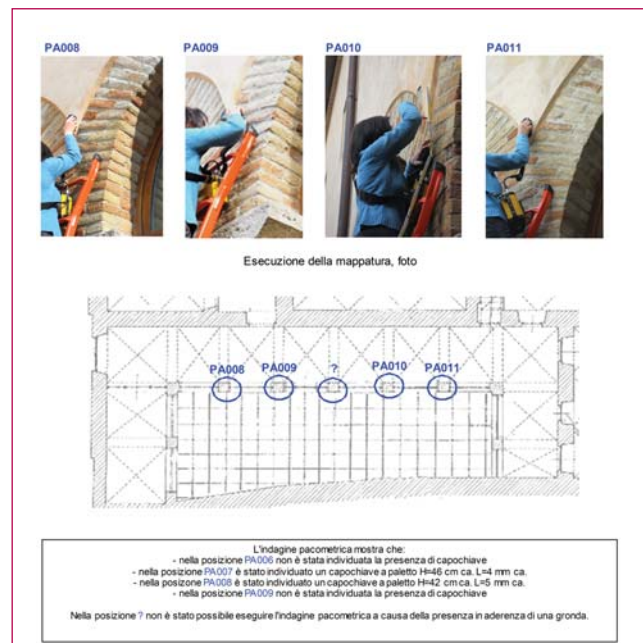


Figura 9 - Ex Monastero di Sant'Onofrio, prove magnetometriche."



Figura 10 - Ex Convento di San Francesco, esterno.



### EX CONVENTO DI SAN FRANCESCO A CAMPLI (TE)

L'edificio monastico di S. Francesco e l'annessa chiesa sono con ogni probabilità di fondazione inizio trecentesca e il completamento del complesso si deve datare agli ultimi anni dello stesso secolo.

Una radicale trasformazione si ebbe a metà del sec. XVI, seguita da un'addizione del fronte ad arcate sulla piazza, datata ai primi decenni del sec. XVII. Certamente il sisma del 1703 dovette danneggiare il complesso, ma non si hanno notizie sino ai primi anni del secolo successivo, quando, a seguito delle soppressioni, fu destinato a prigione di mandamento, con parziale demolizione delle arcate prospettanti sulla strada. Un radicale restauro fu operato negli anni '60 del sec. XX, quando il complesso assunse l'attuale conformazione, solo in parte modificata dagli interventi di adeguamento funzionale a sede museale, terminati nel 1997 (Fig. 10) [1].

### LA CAMPAGNA DIAGNOSTICA

L'ultima campagna diagnostica, quella eseguita presso l'ex convento di S. Francesco a Campli è per molti versi omologa a quella svolta presso l'ex monastero di Sant'Onofrio, sebbene le problematiche riscontrate presso l'ex convento di S. Francesco siano più complesse, perché non solo indotte da vulnerabilità proprie (come la successiva addizione di corpi di fabbrica sul fronte libero sulla piazza o la prossimità ad un'area più volte interessata da movimenti franosi, prodotti dall'acclività dei luoghi e dalle caratteristiche geotecniche locali), ma anche da vulnerabilità indirette e attribuibili al denso sistema edilizio al contorno (soprattutto per la presenza del campanile dell'adiacente chiesa, fortemente interessato da fuoripiombo, deformazioni e lesioni).



Figura 5 - Chiesa di San Pietro, tests su carote di colonna.

Per queste ultime circostanze l'investigazione diagnostica ha potuto molto poco, se non fornire, con qualche ordinaria indagine termografica, elementi di conferma delle fasi di addizione in elevato del campanile, con ogni probabilità a seguito di un parziale crollo, conseguente al sisma del 1915.

Per quanto concerne invece le vulnerabilità proprie del museo, tramite le indagini diagnostiche si è potuto ottenere una valutazione delle caratteristiche tecnico-costruttive e delle condizioni conservative del cordolo in

calcestruzzo cementizio armato sommitale (tramite indagine SONREB) e una verifica delle condizioni conservative della copertura lignea (ancora tramite indagine ultrasonica e pilodyn). Più interessanti sono state poi le prove eseguite per la localizzazione e il dimensionamento dei capichiave degli incatenamenti delle arcate, celate, ove presenti (Fig. 11). Ciò non solo ha fornito un elemento di conoscenza utile per una parte della fabbrica fortemente stratificata, ma ha rappresentato una validazione delle già incoraggianti risultanze delle omologhe indagini, eseguite presso l'ex monastero di Sant'Onofrio, suggerendo una metodologia, che non difficilmente potrà risultare utile in futuri contesti applicativi, vista la diffusione e l'importanza strutturale degli incatenamenti.

### CONCLUSIONI

Come sopra esposto, la campagna diagnostica ha visto la messa in campo principalmente di due categorie di investigazioni:

- indagini di tipo estensivo a distanza, quali soprattutto la termografia passiva, che si è rilevata particolarmente utile a supporto della definizione delle fasi stratigrafiche d'elevato;

- indagini di approfondimento puntuale, sia su materiali e strutture afferenti alle fasi storiche della fabbrica (rilevamento ad ultrasuoni, indagini pilodyn), che su sistemi tecnologici di più recente realizzazione e soprattutto afferenti alla tecnologia del calcestruzzo cementizio armato (mappature pacometriche, prove sclerometriche).

Particolare rilievo è stato dato alla possibilità, condizionata dalla specificità della circostanza post sismica, di realizzare campagne diagnostiche speditive, che non necessitassero di particolari condizioni logistiche (ponteggi, monitoraggi sul lungo periodo, ecc.). Le conclusioni qualitative e quantitative delle indagini diagnostiche, che per il carattere di interesse storico-artistico dei manufatti si sono dovute caratterizzare per l'esclusione di tecnologie anche solo microinvasive (ad es. boroscopie e resistografie), rappresentano un insieme di informazioni di precipua utilità per le conseguenti fasi, in corso di elaborazione, di valutazione computativa della sicurezza sismica e di definizione delle linee programmatiche di intervento.

Bisogna infine ricordare che le esperienze sopra descritte sono l'esplicitazione di un orientamento scientifico secondo cui l'utilizzo di protocolli di indagine talvolta lontani dagli standards metodologici ordinari (in molti casi anche stringenti e vincolanti, perché dettati da regolamenti normativi; si pensi ad esempio all'investigazione sui calcestruzzi armati), sebbene possano risultare onerosi e possano rappresentare talvolta un rischio, in termini di obiettivi attesi, oltre che di affidabilità e validazione delle risultanze, tuttavia rimangono una via di grandi potenzialità, soprattutto in circostanze applicative, si veda il caso di Alba Fucens, che sfuggono all'ordinarietà.

In questi casi l'inventiva del diagnosta, bilanciata dal rigore di metodo e dalla capacità di giudizio critico, può costituire un fattore di discriminazione determinante, soprattutto ai fini di dare esito a quesiti strettamente correlati a scelte di progetto, atte da una parte ad essere efficaci nei termini della mitigazione di una vulnerabilità potenziale, quindi preventiva, e dall'altra a garantire la conservazione del monumento e la riduzione del correlato investimento finanziario per l'esecuzione delle opere suggerite.

## LE STRUMENTAZIONI E LE METODICHE INVESTIGATIVE

**[A]** L'indagine termografica consente la visualizzazione di immagini termiche dei materiali presenti in un elemento, sfruttando il principio della loro diversa emissione termica naturale nella banda spettrale dell'infrarosso. Viene condotta con l'uso della termocamera, strumento in grado di misurare a distanza la temperatura dei corpi, senza contatto fisico tra l'apparecchiatura di misura e la superficie investigata. Si basa sulla circostanza per cui ogni materiale emette con continuità energia sotto forma di radiazioni elettromagnetiche, in maniera proporzionale alla sua temperatura superficiale, a sua volta funzione della conducibilità termica e del calore specifico. I diversi materiali di cui può essere composto un manufatto si differenziano soprattutto per le diverse risposdenze di inerzia termica, ovvero per la velocità con la quale si raffreddano, a fronte di una sollecitazione termica indotta naturalmente per irraggiamento solare o, artificialmente, per riscaldamento tramite lampade o stufe.

**[B]** L'indagine ultrasonica è finalizzata alla conoscenza dei tempi di propagazione di impulsi di vibrazione nelle strutture, fra una o più coppie di punti di rilievo. Con questa prova è possibile misurare la velocità di propagazione degli impulsi ultrasonici, intesa come rapporto fra la distanza tra i punti di rilievo e tempo di transito impiegato. L'utilizzo di ultrasuoni fornisce informazioni su ciò che si incontra nello spessore attraversato dagli impulsi e quindi sulle parti interne degli elementi in prova, può essere utilizzata per valutare l'omogeneità del mezzo indagato, con la possibilità di individuare la presenza di vuoti interni o di fessure, in funzione delle caratteristiche elastiche del mezzo (modulo di elasticità e rapporto di Poisson dinamici) e della sua densità, considerato che le disomogeneità (ad es. fessure, zone degradate, cavità, etc) fanno variare la velocità di propagazione, riflettendo e rifrangendo l'onda di vibrazione.

**[C]** Il pacometro è uno strumento per la diagnostica non invasiva che consente di individuare la presenza di elementi metallici interni alle strutture (armature nelle strutture in c.a, ma anche perni, grappe, etc) senza dover realizzare sondaggi diretti. Tale apparecchiatura, sfrutta il principio delle correnti parassite che, a differenza del principio dell'induzione magnetica, consente rilevazioni molto stabili e su cui non incidono condizionamenti dovuti all'effetto ionico dell'umidità, o alla presenza di inerti ferrosi nelle malte, nei laterizi o nel calcestruzzo o, in genere, ad interferenza elettrica, magnetica o termica.

**[D]** Lo sclerometro fornisce un'immediata cognizione della durezza e quindi indicazioni della resistenza a rottura a compressione del materiale indagato (soprattutto calcestruzzo, ma anche pietra o laterizio). I vantaggi di tale metodica risiedono nel fatto che si utilizza uno strumento non invasivo e distruttivo, maneggevole e di facile impiego. Di contro i limiti di questa tecnica risiedono nel fatto che è un'indagine meccanica, quindi molto sensibile alle modalità di esecuzione tecnica, ed alla corretta taratura dello strumento, ed è una prova strumentale superficiale che, di conseguenza, fornisce dati relativi alla porzione esterna che, di norma, risulta la parte più degradata, perché direttamente esposta agli agenti di degrado, mentre non dà alcuna indicazione sul comportamento meccanico in profondità.

**[E]** Le indagini pilodyn consentono di determinare la densità superficiale media di un elemento ligneo, funzione delle qualità proprie del legno e delle condizioni conservative dello stesso. L'indagine densometrica viene condotta con l'uso di una strumentazione meccanica di

tipo sclerometrica, il pilodyn, che impatta sulla porzione corticale del punto oggetto dell'indagine con un punzone di forma cilindrica e del diametro di 2 mm, con energia nota e costante. La strumentazione misura la profondità di penetrazione del punzone nel legno indagato, permettendo una verifica immediata in situ delle macroscopiche condizioni conservative del legno in opera, anche vetusto e risulta utile per il rilievo dei difetti (nodi, distacchi, discontinuità, cipollature), del degrado (decadimento corticale da contatto con agenti atmosferici, degrado localizzato da umidità, come testate delle travi, attacco xilofage) e per controlli qualitativi in fase di intervento.

### RIFERIMENTI

- AaVv, (2009) *Diagnostica, intervento e monitoraggio*. International Conference for Preventive Conservation, Fribourg 2009, 145-158.
- Bianco A. (2011) *Machinatio: per una storia della diagnostica architettonica precontemporanea*. Roma: Aracne.
- Bindi V. (1889) *Monumenti storici ed artistici degli Abruzzi*. Napoli: Giannini.
- Bolt B. A. (1978) *Earthquake: a primer*. San Francisco: W.H. Freeman & Co.
- Ceradini V., Pugliano A. (1987) *Indagini conoscitive sulle tecniche premoderne di prevenzione sismica*. International Conference for Heritage, Bressanone 1987, 381-388.
- Colitta L. (1990) *L'abbazia di San Bartolomeo Apostolo*. Carpineto della Nora. Galatina: TorGraf.
- Delogu R. (1969) *La chiesa di S. Pietro in Alba Fucense e l'architettura romanica in Abruzzo*. In Alba Fucens II. Bruxelles-Roma: Accademia Belgia.
- Gavini I.C. (1929) *Storia dell'Architettura in Abruzzo*. Vol. I. Milano: Bestetti e Tumminelli.
- Giuffrè A. (1985) *La meccanica nell'architettura: la statica*. Roma: NIS.
- Grinzato E. (1997) *Stato dell'arte sulle tecniche termografiche per il controllo non distruttivo e principali applicazioni*. Convegno Nazionale AIPND, Padova 1997, 77-90.
- Macchioini N., Mannucci M. (2000) *Tecniche di indagine strumentale per la valutazione delle caratteristiche meccaniche*. Recupero e conservazione 31, 23-33.
- Moretti M. (1971) *L'Architettura medioevale in Abruzzo*. Roma: De Luca.
- Riccioni R., Rossi P.P. (1995) *Restauro edilizio e monumentale*. Roma: ISMES.

### ABSTRACT

*Monumental and artistic heritage in L'Aquila - Following the 6th April 2009 after L'Aquila earthquake, the scientific and professional community has strongly focused his interest in understanding damage genesis and restoration methodologies for historic architectural heritage. Less attention has been paid instead to defining strategies for mitigation of seismic risk, through preventive interventions. The research, shown below, describes a case study of a structural prevention seismic project, outlining the contribution that on site diagnostic investigation is able to provide, during the anamnesis and diagnosis steps.*

### PAROLE CHIAVE

*Diagnostica in situ, Rischio sismico, Abruzzo.*

### AUTORE

ALESSIA BIANCO

DIP. PAU, UNIVERSITÀ DI REGGIO CALABRIA

ALESSIA.BIANCO@UNIRC.IT