

**Andrea Arrighetti**

*Dipartimento di Scienze Storiche  
e dei Beni Culturali,  
Università degli Studi di Siena*

*pagina a fronte*

**Fig. 0**

Presidi antisismici  
e danni da  
terremoto presenti  
all'interno del  
campanile della  
Pieve di San  
Lorenzo a Borgo  
San Lorenzo – FI

## Abstract

In the wide, heterogeneous and average seismic panorama of Italy, characterized by a rich presence of architectural heritage to protect, the recent “Guidelines for the evaluation and reduction of the seismic risk of cultural heritage” (MIBAC, 2010) proposed a solution to regulate all interventions in architecture. More closely, the most evident aspect in the publication is the necessity of an interdisciplinary approach in the study of artefacts, an approach obtainable through the interaction of analysis conducted by both scientific and humanistic disciplines.

The application of archaeology to the study of architecture in seismic risk areas can contribute in a significant and innovative way to the knowledge of cultural assets and their context, as requested by the ministerial guidelines. In addition, the results obtained from this kind of approach can provide, both quantitatively and qualitatively, additional information on telluric phenomena in antiquity. This data, if well interpreted, can potentially constitute useful elements for the preventive analysis on buildings and for the seismological knowledge of the territory.

## Introduzione

Progettare un intervento di restauro su un edificio storico presente in un'area a rischio sismico significa proporre uno studio che analizzi il singolo manufatto ed il contesto in cui esso si situa attraverso un'ottica multidisciplinare, sia di stampo umanistico che scientifico, e che permetta di valutare tutti gli aspetti correlati alla sua costruzione e alle operazioni di trasformazione avvenute nel corso del tempo, in funzione di un unico obiettivo: conoscere la sua struttura materiale. Questa riflessione trova una sua legittimazione nelle procedure operative espresse dall'attuale normativa sul rischio sismico in Italia, ovvero la Direttiva aggiornata al 9 febbraio 2011 delle “Linee Guida per la Valutazione e Riduzione del Rischio Sismico del Patrimonio Culturale”, pubblicate sulla Gazzetta Ufficiale del 26 febbraio 2011. In particolare nel testo appare rilevante il capitolo 4, denominato “Conoscenza del manufatto”, dove nei paragrafi 4.1.5 “Analisi storica





**Fig.1**  
Il Progetto  
Conoscitivo e i  
possibili modelli  
interpretativi  
scaturiti  
dall'analisi  
archeologica dei  
contesti di studio  
(PARENTI 2002)

degli eventi e degli interventi subiti” e 4.1.6 “Il rilievo materico costruttivo e lo stato di conservazione” vengono definite più o meno nel dettaglio alcune specifiche operazioni pertinenti la sfera archeologica, prima fra tutte la “...ricostruzione dell'intera storia costruttiva del bene tutelato...” da effettuarsi evidenziando “...la successione realizzativa delle diverse porzioni di fabbrica, al fine di individuare le zone di possibile discontinuità e disomogeneità materiale, sia in pianta che in alzato...”. Dall'esame delle linee guida ministeriali e dalle numerosissime esperienze di analisi archeologica dell'edilizia storica degli ultimi 40 anni appare dunque lecito identificare il patrimonio culturale edificato come un testimone oggettivo delle trasformazioni subite da un territorio nel corso del tempo e delle società presenti in esso. I molteplici eventi accaduti in un passato più o meno recente, siano essi di origine antropica e/o naturale, sono stati infatti registrati dagli edifici, lasciando tracce ben visibili sulla loro struttura materiale. La “lettura” di questi eventi e la loro successiva interpretazione in chiave storico-technica sono aspetti fortemente caratterizzanti la disciplina dell'Archeologia dell'Architettura (Parenti, 2002). La lettura archeologica del costruito è una metodologia di indagine che, attraverso l'analisi autoptica dei singoli complessi architettonici, permette di elaborare modelli interpretativi degli stessi e più in generale del contesto di studio nel quale essi si situano; integrare i dati archeologici a quelli territoriali (paesaggistici, geologici, urbanistici, ecc.) e a quelli prettamente storici è un passo essenziale nell'e-

laborazione di scenari evolutivi inediti, proponendo elementi chiave per l'interpretazione storica del territorio e delle società che lo hanno abitato nel corso del tempo. Al contempo tale operazione permette di produrre una serie di dati utili in fase di intervento diretto sulla struttura materiale di un edificio (quali ad esempio la determinazione della storia meccanica dell'edificio, la determinazione delle fasi di degrado dei materiali, la proposizione di interventi mirati di conservazione e restauro, ecc.). L'analisi di uno o più edifici mediante le metodologie archeologiche permette dunque di produrre una vasta mole di dati tecnici e storici (fig.1), la cui integrazione rappresenta un passo di fondamentale importanza nell'ottica della conoscenza, valorizzazione e tutela del Patrimonio Culturale.

### Archeosismologia

Fra i fenomeni naturali che colpiscono un edificio lasciando tracce più o meno evidenti ma tipologicamente riconoscibili sulla sua struttura materiale occupano un posto di primo piano i terremoti. L'applicazione dell'archeologia allo studio della sismicità storica e dei suoi effetti su edifici storici e siti archeologici viene racchiusa sotto il nome di *archeosismologia*<sup>1</sup>. Tale specializzazione, se applicata all'edificato storico, offre la possibilità da un lato di produrre dati per la comprensione dell'evoluzione costruttiva degli edifici e dall'altro di proporre una ricostruzione della loro storia sismica (Brogiolo, 2008; Brogiolo and Faccio, 2010; Faccio et al., 1997), agganciandola successivamente a quella dell'intero contesto di studio (Arrighetti, 2015). In tal senso costituisce un valido esempio l'individuazione e la caratterizzazione dei dissesti e le eventuali riparazioni e/o ricostruzioni che, una volta integrati all'interno dell'analisi stratigrafica dell'edificio come Unità Stratigrafiche (USM) positive e negative (Doglioni and Ganz, 2014), portano ad ottenere informazioni inedite sulle cronologie (sia relative che assolute) di tali manifestazioni<sup>2</sup>. Inoltre, tali crolli e restauri, una volta interpretati come possibili spie di sismi pregressi<sup>3</sup>, in alcuni casi offrono la possibilità di ipotizzare la presenza e l'intensità di eventi calamitosi non ancora conosciuti da altre tipologie documentali, ad esempio dai cataloghi sismologici, e di comprendere come un edificio abbia risposto ad uno o più terremoti (Arrighetti, 2014).

Prendendo come punto di riferimento l'iter operativo previsto nella progettazione di un'indagine archeologica di un contesto di studio (Arrighetti, 2012), anche in archeosismologia risulta indispensabile la calibrazione da parte dell'operatore del corretto livello di approfondimento nello studio del contesto e dei Complessi Architettonici. Le risorse e il tempo a disposizione andranno quindi combinate alle finalità imposte dal progetto di ricerca e porteranno, in rapporto all'esperienza maturata sul campo dall'operatore, a determinare l'accuratezza necessaria nell'applicazione del metodo stratigrafico ai singoli casi studio, valutando caso per caso quando e dove indagare in profondità un manufatto o una porzione di esso. Questo permette dunque di dirottare le risorse a disposizione verso una ricerca di tipo estensivo (ad esempio proponendo un'analisi per Corpi di

---

<sup>1</sup> Il termine "archeosismologia" è stato coniato all'interno di scavi archeologici e geologici nei quali sono stati riscontrati elementi (ad esempio le dinamiche di crollo o di rotazione di alcuni elementi verticali, la presenza in sezione di faglie, ecc.) collegati ai movimenti dovuti alle attività sismiche storiche di un'area. In questo senso, molte risultano le applicazioni sul campo eseguite su contesti specifici in ambito italiano (come ad esempio nel territorio abruzzese ed emiliano) e più in generale a livello europeo ed internazionale (pensiamo ai molti studi condotti in Grecia, in Turchia, a Creta ed in molti altri paesi dell'Est e del Medio Oriente). Fra i maggiori contributi in questo campo possiamo citare: Noller, 2001; Galadini et al., 2010; Galadini et al., 2006.

<sup>2</sup> I dati cronologici elaborati attraverso questa metodologia di analisi dei manufatti architettonici permettono di proporre cronologie assolute per alcuni specifiche USM, fornendo conseguentemente un *terminus ante quem* e *post quem* per tutte le Unità Stratigrafiche collegate ad esse.

<sup>3</sup> Per la corretta individuazione e classificazione dei danni relativi a terremoti risulta indispensabile avvalersi di un confronto con un team di professionisti provenienti da discipline diversificate (in particolare ingegneri strutturalisti ed architetti).

Fabbrica) nel caso di valutazioni sulla vulnerabilità dei centri storici, o di tipo intensivo (andando quindi ad indagare la relazione fra le singole Unità Stratigrafiche) per particolareggiati progetti di restauro.

L'applicazione dell'archeosismologia ai manufatti architettonici ubicati in aree a rischio sismico permette dunque di relazionare l'interpretazione delle evidenze emerse attraverso la lettura stratigrafica degli edifici, ovvero la loro storia costruttiva, all'attività sismica dell'area nel breve e nel lungo periodo, apportando informazioni aggiuntive dal punto di vista quantitativo e qualitativo a quelle già in possesso. Questa operazione risulta fondamentale da un lato per ricostruire la storia sismica dei singoli siti e più in generale, una volta integrati i dati di più casi studio, gli aspetti sociali, economici e politici dell'area di loro pertinenza e dall'altro, così come specificato nel paragrafo successivo, per elaborare una serie di dati tecnici utili nella progettazione di interventi diretti sulla struttura materiale dell'edificio oggetto di indagine (Cagnoni, 1996; Lagomarsino and Boato, 2010).

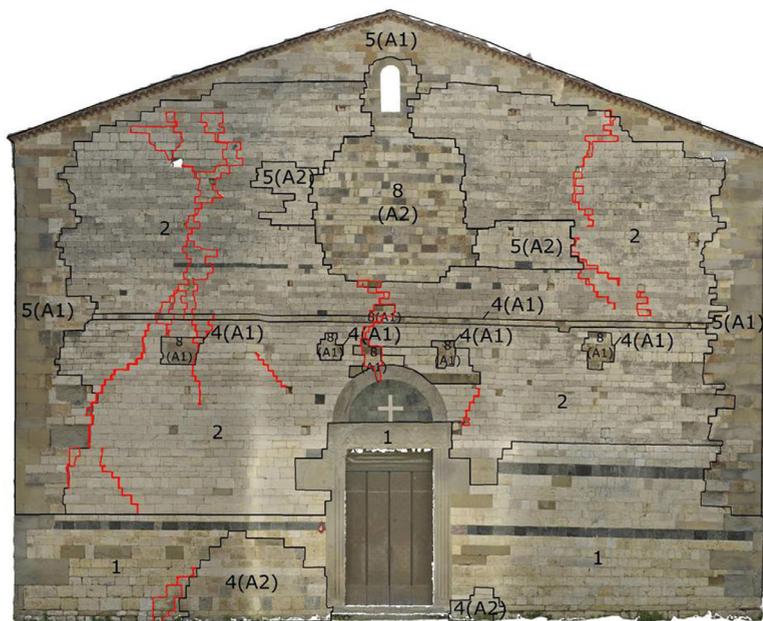
Fig. 2

Letture stratigrafica per Fasi Costruttive e caratterizzazione del quadro fessurativo del prospetto Ovest della Pieve di Sant'Agata in Mugello (Firenze). In questo esempio si nota come le lesioni in molti casi siano strettamente correlate alle interfacce fra le diverse attività costruttive

### Archeosismologia e Restauro

Lo stretto rapporto che esiste tra archeologia dell'architettura e restauro è cosa ben nota sia nel modo accademico che in quello professionale. L'applicazione del metodo archeosismologico in architettura non altera questo solido rapporto, ma piuttosto ne aggiunge elementi innovativi e quanto mai essenziali nell'ottica del "corretto intervento".

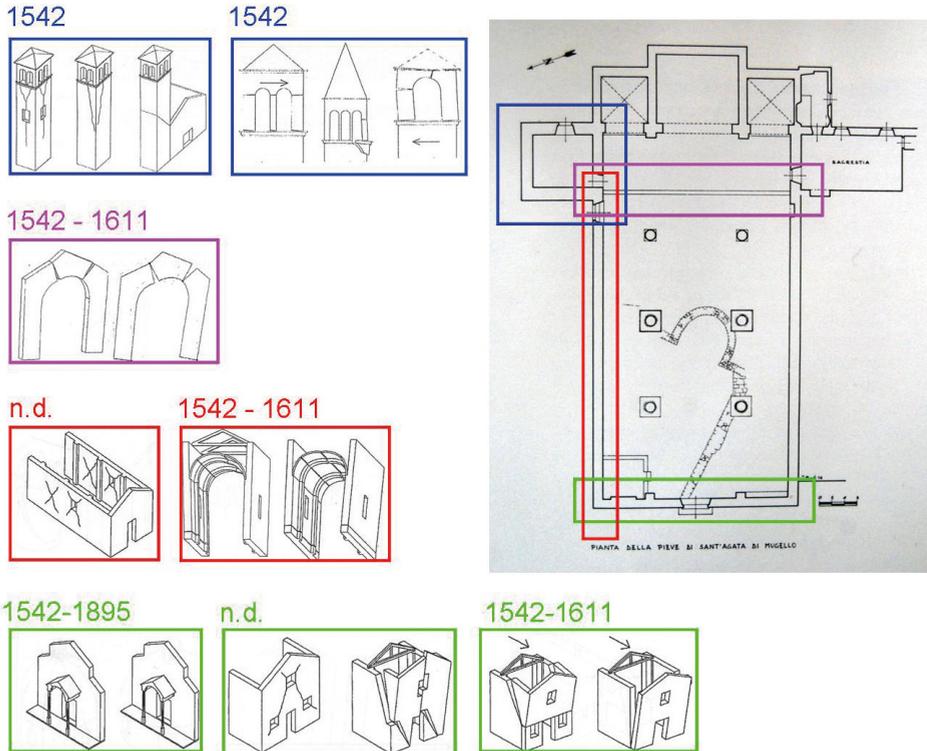
Se volessimo proporre alcune riflessioni inerenti gli aspetti più interessanti scaturiti dall'analisi archeosismologica di un manufatto architettonico e dalle sue ricadute sul restauro, potremmo ritenere di particolare importanza:



1. l'individuazione dei possibili punti di manifestazione dei quadri fessurativi (le lesioni tendono a coinvolgere, con particolare incidenza, le interfacce male ammorsate di diverse Unità Stratigrafiche, come nell'esempio proposto in fig.2, o le zone delle murature caratterizzate da vuoti tamponati e/o ancora aperti come aperture, buche pontaaie, ecc.) e l'analisi del rapporto fra quadro fessurativo visibile e stratigrafia. Quest'ultimo è un dato di grande importanza che, quando risulta possibile una sua analisi, fornisce dati sui criteri di formazione delle lesioni, sulla datazione *ante e post quem* delle stesse e sulle caratteristiche dei sistemi costruttivi adottati (l'insorgere ad esempio di lesioni su murature più recenti di altre ci permette di ipotizzare un cambiamento in negativo, con l'andare del tempo, nelle tecniche costruttive impiegate dalle maestranze);
2. l'individuazione e la caratterizzazione dell'evoluzione dei fronti stradali e degli aggregati urbani all'interno dei centri cittadini. In questo caso da un'analisi effettuata per Corpi di Fabbrica, individuando dunque i cantonali degli edifici ed i relativi appoggi<sup>4</sup> dovuti ad una loro costruzione in periodi diversificati, potrebbero essere messe in evidenza le relazioni fisiche instaurate fra più complessi. Questa operazione permette, nelle fasi di analisi preventiva sugli edifici in aree a rischio sismico, di andare ad aggiungere dati alla valutazione della vulnerabilità di ogni Unità Abitativa in riferimento alle analisi previste dalle Condizioni Limite di Emergenza;
3. l'individuazione, la caratterizzazione e la datazione di uno o più danni da sisma ottenibile confrontando le evidenze stratigrafiche alla lettura per macro-elementi (Doglioni et al., 1994). I meccanismi di danno tendono infatti a manifestarsi nei punti di maggior debolezza delle strutture architettoniche; la stratigrafia, in questo caso, aiuta in modo determinante a mettere in luce e valutare le possibili zone soggette al manifestarsi di tali cinematismi, ponendo in risalto alcuni elementi che potrebbero risultare particolarmente influenzabili dai movimenti sismici (quadri fessurativi non correttamente restaurati, interfacce stratigrafiche male ammorsate fra loro, ecc.). Dal punto di vista archeologico inoltre il rapporto fra macro-elemento e stratigrafia risulta un passo fondamentale nell'analisi di un edificio poiché permette di confrontare alcuni processi di trasformazione del complesso a fenomeni distruttivi ben precisi e ai successivi sistemi di riparazione messi in atto per restaurarlo. In questo caso quindi la stratigrafia ci permette di ipotizzare come un edificio abbia risposto ai terremoti che lo hanno interessato nei diversi periodi storici (fig.3). Ogni terremoto può quindi essere caratterizzato e parzialmente ricostruito interpretando le tracce che questo ha lasciato sulla struttura materiale dell'edificio stesso. Tale processo, per essere ritenuto valido, deve contemplare l'analisi ed il confronto fra le ipotesi emerse da più casi studio, in quanto ogni edificio ha una propria storia costruttiva determinata dalle caratteristiche della fabbrica, dai sistemi costruttivi utilizzati, dalle caratteristiche geologiche dell'area nel

---

<sup>4</sup>Con il termine "appoggi" si intende un rapporto stratigrafico fra due elementi che prevede la costruzione di uno di questi successivamente all'altro con un rapporto fisico e cronologico ben caratterizzabile.



**Fig. 3**  
Periodizzazione dei meccanismi di danno per macro-elementi individuati nella Pieve di Sant'Agata nel Mugello (Firenze). La datazione dei cinematismi, quando possibile, è stata determinata dall'integrazione fra la lettura stratigrafica degli edifici e l'analisi delle fonti storiche

*pagina a fronte*

**Fig. 4**  
Nelle tre immagini: fotografia, lettura stratigrafica per fasi costruttive con caratterizzazione del quadro fessurativo e determinazione dei periodi cronologici di riferimento del prospetto ovest del campanile della Pieve di San Lorenzo a Borgo San Lorenzo (Firenze)

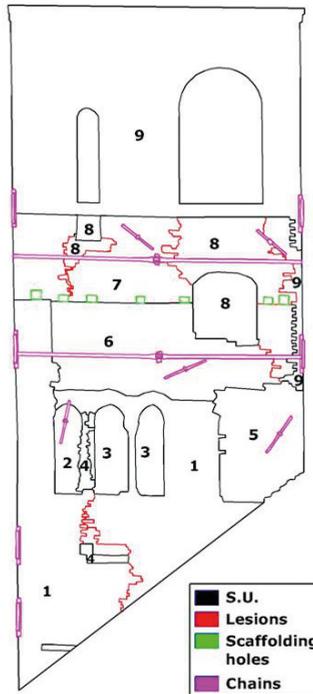
quale si situa, dal mutato stato di conservazione nel corso del tempo e così via. Solo il confronto mirato fra le evidenze emerse da diversi contesti permette quindi di arrivare a conclusioni plausibili in merito alle caratteristiche dei terremoti antichi, ricostruite attraverso l'analisi della struttura materiale dell'edificio. Dal punto di vista operativo i meccanismi di danno individuati costituiscono indicatori cronologici di eccezionale valore e precisione. I terremoti infatti, se correttamente interpretati, in fase di periodizzazione assumono un ruolo che potrebbe essere parificato a quello delle monete negli strati archeologici, fornendo una datazione molto precisa per lo strato interessato e conseguentemente costituendo un riferimento cronologico per gli elementi fisicamente collegati a questo (fig.4).

4. l'individuazione, la datazione e la caratterizzazione dei "presidi antisismici", ovvero tutti quegli elementi messi in opera per mitigare, riparare o contrastare l'effetto dei movimenti tellurici (fig.5). I presidi antisismici risultano elementi messi in opera in forma preventiva o a seguito di terremoti per rafforzare o per donare un nuovo equilibrio alla stabilità della struttura architettonica. Tali presidi perciò non solo rappresentano testimoni di eccezionale valore della cultura costruttiva di un determinato territorio ma hanno svolto un ruolo, ed in alcuni casi ancora oggi svolgono la stessa funzione, di elementi strutturali. In questo sen-

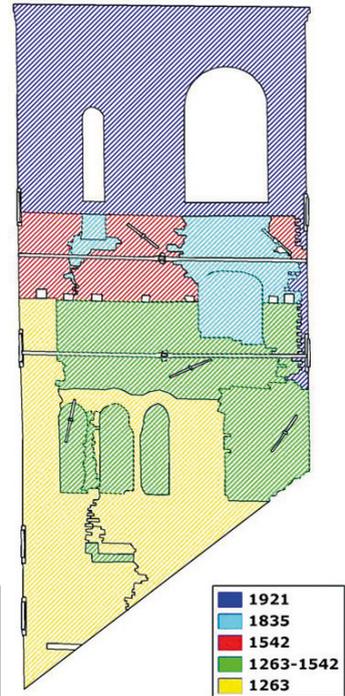
## PHOTO



## STRATIGRAPHY



## PHASES



so perciò risulta fondamentale valutare in fase progettuale quanto questi elementi siano ancora efficaci nelle loro funzioni e, qualora assolvano il loro compito, integrarli nel processo di restauro, nell'ottica di un intervento il più compatibile possibile con la cultura materiale dell'area di interesse.

### Archeosismologia in Mugello

Nell'ottica di proporre un esempio concreto di applicazione dell'archeosismologia ad un contesto territoriale, di seguito viene brevemente descritto il progetto "Archeologia dell'Architettura e Rischio Sismico in Mugello"<sup>5</sup>, una ricerca pluriennale, svolta dal novembre 2010 al marzo 2014, incentrata sulla sperimentazione del potenziale informativo del processo di analisi archeologica come forma di conoscenza, prevenzione e tutela dell'edilizia storica presente in aree a rischio sismico<sup>6</sup>.

Il Mugello è un'area a medio-alto rischio sismico in provincia di Firenze, situata sulla catena montuosa appenninica a confine fra la Toscana e l'Emilia Romagna. Il territorio si caratterizza per una nutrita presenza di insediamenti di lunga durata (le attestazioni maggiori si collocano cronologicamente intorno ai secoli centrali del Medioevo e presentano una continuità insediativa fino ai giorni nostri) con edifici storici ben conservati, dei quali la maggior parte risultano strutture religiose. Le basi di dati si-

<sup>5</sup> Il progetto è stato realizzato nel corso del XXVI ciclo del Dottorato di Ricerca in Archeologia Medievale svolto dallo scrivente presso l'Università degli Studi dell'Aquila. Direttore scientifico della Scuola di Dottorato il Prof. Fabio Redi dell'Università dell'Aquila. Tutor del progetto di ricerca il Prof. Guido Vannini dell'Università degli Studi di Firenze.

<sup>6</sup> Una parte del progetto è stata recentemente inserita all'interno della monografia *L'archeosismologia in architettura. Per un manuale*, edita dalla casa editrice Firenze University Press (Arrighetti, 2015)





smologici (in Locati et al., 2011; Rovida et al., 2011) permettono di delineare una storia sismica per i comuni del Mugello che trova la sua prima attestazione nel 1542, con un terremoto di forte intensità stimata (IX grado MCS), ricostruito mediante una ricca presenza di fonti storiche coeve e successive all'evento. Nei secoli successivi i terremoti sembrano manifestarsi in modo regolare con fenomeni di intensità medio-alte (dal VII al IX grado) e con epicentri localizzati fra Scarperia e Borgo San Lorenzo. Il terremoto più importante viene invece registrato nel giugno 1919, con un'intensità stimata del X grado MCS. Il contesto preso in esame si concentra all'interno dell'area macrosismica dell'VIII grado MCS, così come delineata da Ferrari e Molin (1985) in riferimento al terremoto del giugno 1542. Il territorio si presenta quindi caratterizzato da numerosi edifici storici in buono stato di conservazione che offrono la possibilità di effettuare analisi archeologiche approfondite della loro struttura materiale dove si vedono registrati tutti, o almeno gran parte, gli eventi tellurici avvenuti nel corso del tempo. Alle strutture architettoniche si affianca inoltre una buona presenza di fonti pubblicate o inedite presenti negli archivi parrocchiali, nei fondi di biblioteche e nell'Archivio di Stato di Firenze. La possibilità di avere a disposizione dati ricavabili sia dall'analisi dei manufatti che da fonti di altro tipo,

**Figg. 5a | 5b | 5c**  
 Alcuni esempi di catene (in legno, in pietra ed in ferro) inserite nelle murature con funzione di "presidi antisismici" (le prime due immagini provengono dalla Pieve di San Lorenzo a Borgo San Lorenzo - FI; la terza fotografia ritrae un particolare di una catena inserita nelle murature interne di Palazzo dei Vicari di Scarperia - FI)

Stratigrafia  
e quadro  
fessurativo del  
prospetto sud  
della Chiesa di San  
Francesco a Borgo  
San Lorenzo – FI

*pagina a fronte*  
Il campanile  
della Pieve di San  
Lorenzo (Borgo  
San Lorenzo – FI)

ha permesso quindi di progettare un'analisi archeosismologica del territorio tesa all'interpretazione della storia costruttiva e di quella sismica dei singoli Complessi Architettonici e più in generale dell'intero contesto di studio. Il primo passo nell'indagine è stato caratterizzato dall'elaborazione di un Progetto Conoscitivo (Parenti, 2002) attraverso l'applicazione di una metodologia basata sulla valutazione dei corretti livelli di approfondimento nell'anamnesi dell'edificio in relazione alle finalità del progetto di ricerca. La lettura archeologica degli edifici si è dunque concentrata sulla determinazione delle attività costruttive<sup>7</sup>, puntando particolare attenzione, all'interno dell'indagine stratigrafica, all'individuazione, caratterizzazione e tipologizzazione di due specifici elementi strettamente correlati alle attività sismiche dell'area:

- i danni da sisma: partendo dal presupposto che ogni edificio debba essere analizzato attraverso una pluralità di caratteristiche conferite da numerosi fattori intrinseci ed estrinseci allo stesso (es. la geomorfologia dell'area, i modi di costruire, lo stato di conservazione, ecc.) è apparso un processo molto complesso, se non addirittura fuorviante, il tentativo di definizione di una crono-tipologia generale dei danni individuati durante la lettura archeologica degli edifici del Mugello. Di contro, è stato invece molto utile proporre un catalogo di questi meccanismi suddivisi, quando possibile, in archi cronologici di riferimento, analizzando i danni di ogni singolo evento sismico riscontrato (utilizzando cioè ogni edificio come se fosse un sismometro di sé stesso) e collegando i dati ottenuti al contesto in esame. In questo modo è stato possibile ottenere informazioni inerenti il singolo evento tellurico, andando ad ipotizzare epicentro e micro-zonazione di quel sisma e collegando questi dati a quelli ricostruiti dai cataloghi sismologici. L'unico sisma avve-

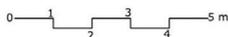
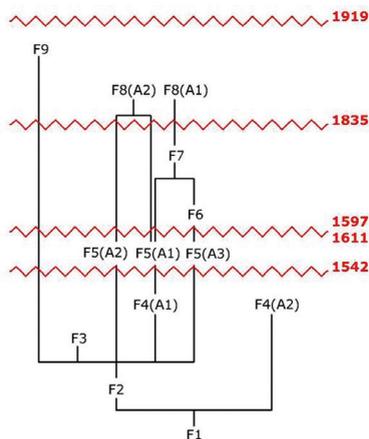




Fig.6  
Lettura stratigrafica  
e Matrix per  
gruppi di attività  
costruttive della  
Pieve di Sant'Agata  
del Mugello (FI)

nuto in Mugello in cui è stato possibile applicare il metodo appena descritto è il terremoto del 13 giugno 1542, attualmente l'evento tellurico più forte e ben conosciuto attraverso le fonti storiche insieme a quello del 1919, dove il quadro macro-sismico ipotizzato attraverso la crono-tipologia dei danni individuati negli edifici, ha trovato una quasi completa sovrapposizione con quello proposto dai ricercatori dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (Ferrari and Molin, 1985). Il risultato ottenuto attraverso questa comparazione ha permesso una valutazione positiva del sistema utilizzato e di conseguenza la premessa per una sua futura applicazione in altri contesti di studio per una sua validazione. Nel quadro dei danni da sisma, merita un discorso a parte il quadro fessurativo. Le lesioni, infatti, a meno che non siano riferibili ad un unico evento e quindi vengano testimoniate dalle fonti storiche o siano "sigillate" fra due Fasi Costruttive ben datate, non ci permettono di essere utilizzate per un'analisi territoriale riguardante singoli eventi.

- i "presidi antisismici" (fig.6): tali interventi rappresentano nella maggior parte dei casi azioni costruttive ben definite, cronologicamente e tipologicamente testimoniate in modo più o meno preciso dalle fonti dirette ed indirette. Quando i dati in possesso risultano affidabili, la catalogazione ed analisi di queste operazioni, unita al loro periodo di utilizzo, permette quindi il riconoscimento di determinati interventi utilizzati in uno o più edifici durante precisi periodi storici. Attraverso questa operazione si vengono quindi a costituire alcune specifiche tipologie periodizzate di intervento post-sisma, che rappresentano la base per la costituzione di un abaco crono-tipologico dei presidi antisismici. Fra questi per il Mugello hanno svolto un ruolo particolarmente importante le catene, costruite con diverse tipologie di materiale (legno, pietra e ferro) ed utilizzate per mitigare gli effetti dei terremoti (principalmente fuori piombo e spancamenti) e prevenire crolli. Si





tratta di presidi molto utilizzati in tutto il territorio italiano in diverse epoche, messi in opera sia in fase di realizzazione degli edifici che, nella maggior parte dei casi, successivamente ai danni causati da eventi sismici o da altre cause. Un utilizzo particolare delle catene viene rappresentato dai “radiciamenti lignei”, elementi in legno inseriti orizzontalmente all’interno delle murature in fase di costruzione delle stesse, che hanno avuto un riscontro di notevole portata a seguito delle analisi effettuate sui danni subiti dagli edifici colpiti dal terremoto del 2009 nel territorio aquilano (Lagomarsino, 2009). Nel Mugello su un totale di 26 attestazioni di catene in materiale eterogeneo, delle quali 7 non hanno una datazione ben precisa, ben 11 fanno riferimento a operazioni di restauro che interessarono gli edifici a seguito del periodo sismico dal 1542 al 1611. In un solo caso, quello della Pieve di Sant’Agata, viene documentato l’inserimento di due catene in legno durante la messa in opera della muratura come sistema preventivo per conferire stabilità e maggiore elasticità alla cella campanaria della chiesa. Accanto alle catene hanno svolto un ruolo determinante per la definizione crono-tipologica dei presidi antisismici, anche se numericamente in modo meno

Apparato decorativo presente sul portale del prospetto sud della Pieve di Sant’Agata del Mugello (Scarperia – FI). L’apertura viene messa in opera in una fase successiva alla prima costruzione della chiesa (probabilmente nel XIII secolo) e fra gli elementi decorativi presenti all’interno della lunetta dell’arco riporta la raffigurazione di un’ascia barbata e di una scure, testimonianza di un ruolo centrale dei carpentieri nella costruzione o nel restauro dell’edificio religioso

rilevante, i barbacani, gli archi di contrasto e le cerchiature lignee delle celle campanarie. La caratterizzazione di questi elementi ha permesso di ricostruire l'evoluzione di tali sistemi di riparazione nel corso del tempo, arrivando a proporre una crono-tipologia per l'utilizzo di ognuno di essi (Arrighetti, 2015).

Dagli esempi appena proposti è facile intuire come l'analisi archeosismologica sia un metodo eccezionalmente valido per ottenere risultati non solo a livello storico-archeologico (da questo punto di vista l'esempio più evidente scaturito dall'analisi in Mugello è stato l'individuazione di un terremoto della metà del XIII secolo, "inedito" ai cataloghi sismologici) ma anche tecnico-scientifico. Disporre dei risultati crono-tipologici su determinati elementi costruttivi e delle interpretazioni ottenute dalla caratterizzazione delle evidenze stratigrafiche permette infatti di conoscere meglio la struttura materiale degli edifici ed i suoi cambiamenti nel corso del tempo. Questi dati, integrati a quelli prodotti in fase di rilievo e di diagnostica, fungono da filo conduttore per capire in modo più consapevole dove e come intervenire, preservando il bene e la sua storia.

### **Conclusioni**

L'archeologia, al pari delle altre professioni, risulta estremamente utile nei progetti incentrati sulla prevenzione dei contesti di studio in aree a rischio sismico. La stratigrafia, in particolare, permette di portare alla luce alcune caratteristiche riguardanti la sismicità antica e gli effetti di questa sugli edifici coinvolti dai movimenti tellurici nel corso del tempo. Il rapporto fra le interfacce stratigrafiche, i cinematismi inseriti all'interno degli abachi per macro-elementi e le informazioni contenute nei cataloghi sismologici e nella documentazione storica offre l'opportunità di generare una serie di dati indispensabili per conoscere la struttura materiale di un manufatto nel modo più completo e analitico possibile, prima di pianificare un intervento diretto su di esso. Allo stesso modo conoscere a fondo le dinamiche che hanno portato a trasformare un edificio nel corso del tempo e le tipologie degli interventi operati rappresenta un elemento chiave nella progettazione di un restauro. La conclusione che ne scaturisce riporta quindi alla necessità di operare sull'edilizia storica in modo trasversale, attraverso una visione multidisciplinare dell'oggetto da indagare, sia esso un singolo edificio o, a maggior ragione, un intero centro storico.

## Riferimenti bibliografici

- Arrighetti A. 2015, *L'Archeosismologia in architettura. Per un manuale*, Firenze University Press, Firenze.
- Arrighetti A. 2014, *Archeosismologia in Mugello (FI) fra conoscenza dell'edilizia storia e prevenzione dal rischio sismico*, «Archeologia dell'Architettura», XIX, pp. 50-65.
- Arrighetti A. 2012, *Archeologia dell'Architettura e ricognizione di superficie nel comune di Sesto Fiorentino (FI)*, «Archeologia dell'Architettura», XVII, pp. 173-190.
- Brogio G.P. 2008, *Procedure di documentazione e processi interpretativi dell'edilizia storica alla luce delle linee guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale*, «Archeologia dell'Architettura», XIII, pp. 9-13.
- Brogio G.P., Faccio P. 2010, *Stratigrafia e prevenzione*, «Archeologia dell'Architettura», XV, pp. 55-63.
- Cagnoni G. 1996, *La documentazione del degrado e del dissesto nell'analisi stratigrafica degli elevati*, «Archeologia dell'Architettura», I, pp. 65-68.
- Dogliani F., Ganz M. (2014), *Criteri per il riconoscimento dell'origine sismica di danni stratificati. Il Santuario dei SS. Vittore e Corona a Feltre come tema di archeosismologia*, «Archeologia dell'Architettura», XIX, pp.8-49.
- Dogliani F., Moretti A., Petrini V. (a cura di) 1994, *Le chiese e il terremoto – Dalla vulnerabilità constatata nel terremoto del Friuli al miglioramento antisismico nel restauro, verso una politica di prevenzione*, Lint Editoriale, Trieste.
- Faccio P., Masciangelo L., Zeka Lorenzi F. 1997, *Potenzialità applicative dell'analisi stratigrafica. Ricostruzione di una possibile storia meccanica di un edificio storico*, «Archeologia dell'Architettura», II, pp. 53-61.
- Ferrari G., Molin D. 1985, *Campo macrosismico del terremoto del 13 giugno 1542*, Atti del IV Convegno annuale del GN-GTS, Roma, I, 373-386.
- Galadini F., Ceccaroni E., Falcucci E. 2010, *Archaeoseismological evidence of a disruptive Late Antiquae earthquake at Alba Fucens (central Italy)*, "Bollettino di Geofisica Teorica ed Applicata", 51, 2-3, pp.143-161.
- Galadini F., Hinzen K.G., Stiros S. 2006, *Archaeoseismology: Methodological issues and procedure*, "Journal of Seismology", 10, pp.395-414.
- Lagomarsino S. 2009, *Vulnerabilità e risposta sismica delle chiese aquilane: interpretazione del danno e considerazioni sul miglioramento strutturale*, "Arkos", 20, pp.30-37.
- Lagomarsino S., Boato A. 2010, *Stratigrafia e statica*, «Archeologia dell'Architettura», XV, pp. 47-53.
- Locati M., Camassi R., Stucchi M. 2011, *DBMI11, the 2011 version of the Italian Macroseismic Database*, Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI11>.
- Ministero per i Beni e le Attività Culturali 2010, *Linee guida per la valutazione e riduzione del rischio del patrimonio culturale. Allineamento alle nuove Norme tecniche per le costruzioni*, Gangemi Editore, Roma.
- Noller J.S. 2001, *Archaeoseismology: Shaking Out the History of Humans and Earthquakes*, "Earth Sciences and Archaeology", pp.143-170.
- Parenti R. 2002, *Dalla stratigrafia all'archeologia dell'architettura. Alcune recenti esperienze del laboratorio senese*, «Arqueologia de la Arquitectura», I, pp.73-82.
- Rovida A., Camassi R., Gasperini P., Stucchi M. 2011, *CPTI11, La versione 2011 del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani*, Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI>.