

# La documentazione archeosismologica dell'edilizia storica in aree a rischio sismico: primi dati dalla ricognizione e dall'analisi di alcuni casi studio del centro storico di Firenze

Andrea Arrighetti

**Abstract:** The historic center of Florence was involved in 2016-2018 by a two-year project focused on the archaeoseismological reading of some buildings, with the aim of collecting information for a first evaluation on the presence or absence of visible effects on the architecture related to possible historical earthquakes, particularly from the medieval period, which hit the city. The article presents some reflections starting from two exceptionally interesting case studies: the church of San Remigio and the church of Santa Trinita. The contribution is the result of extensive and multidisciplinary research, which began with a rereading of numerous written sources contemporary and subsequent to the main seismic events, a bibliographical analysis of published texts regarding the history and seismology of Florence, a broad survey of the context of study and, finally, with the survey and archaeoseismological analysis of the two buildings mentioned above.

## 1. Introduzione

Firenze è un contesto di studio eccezionale dal punto di vista storico-architettonico. La città presenta una grande mole di dati prodotti da una ricerca scientifica svolta sulla città da numerosi decenni da studiosi appartenenti a settori disciplinari diversi (storia, archeologia, storia dell'arte, architettura, ingegneria, geologia, ecc.) che hanno prodotto risultati di grande interesse, raccolti in pubblicazioni più o meno recenti. Dal punto di vista storico-archeologico, gli studi hanno riguardato principalmente l'analisi della formazione della città e dei rapporti fra essa ed il territorio, con un'attenzione focalizzata sull'analisi del contesto e del suo legame con l'edilizia ecclesiastica e civile, producendo contributi fondamentali per la ricostruzione storica e, sul piano metodologico, per la maturazione di numerose discipline, un esempio su tutte l'Archeologia Medievale, in ambito nazionale ed internazionale.

Partendo da questi presupposti, nel periodo 2016-2018 il centro storico di Firenze è stato interessato da un progetto biennale<sup>1</sup> incentrato sulla lettura archeo-

<sup>1</sup> Il lavoro è stato svolto presso il Dipartimento SAGAS dell'Università degli Studi di Firenze in collaborazione con il prof. Guido Vannini con il quale sono stati condivisi metodi, conte-

Andrea Arrighetti, University of Siena, Italy, andrea.arrighetti@unisi.it, 0000-0003-0575-9473

Referee List (DOI 10.36253/fup\_referee\_list)

FUP Best Practice in Scholarly Publishing (DOI 10.36253/fup\_best\_practice)

Andrea Arrighetti, *La documentazione archeosismologica dell'edilizia storica in aree a rischio sismico: primi dati dalla ricognizione e dall'analisi di alcuni casi studio del centro storico di Firenze*, © Author(s), CC BY 4.0, DOI 10.36253/979-12-215-0376-0.05, in Michele Nucciotti, Elisa Pruno (edited by), *Florentia. Studi di archeologia. Vol. 5 - Numero speciale - Studi in onore di Guido Vannini*, pp. 55-66, 2024, published by Firenze University Press, ISBN 979-12-215-0376-0, DOI 10.36253/979-12-215-0376-0

sismologica di alcuni edifici, con l'obiettivo di raccogliere informazioni per una prima valutazione in merito alla presenza o meno di effetti visibili sulle architetture correlabili a possibili terremoti storici, in particolare di periodo medievale, che colpirono la città. Il progetto, nelle sue linee generali, è stato quindi ideato partendo da due fattori principali: da un lato le opportunità che offre l'applicazione del metodo archeosismologico (Arrighetti 2015; Brogiolo 2008; Brogiolo e Faccio 2010; Cagnoni 1996; Faccio et al. 1997; Lagomarsino e Boato 2011) all'analisi dell'edilizia storica in un territorio storicamente soggetto a numerosi fenomeni sismici; dall'altro, la possibilità di usufruire di una vasta mole di dati a disposizione proveniente da pubblicazioni incentrate sull'architettura storica fiorentina e, più in generale, sulla storia di Firenze. Il progetto si è dunque sviluppato attraverso una ri-lettura in chiave archeosismologica dei dati editi, producendo una documentazione specifica e inedita per la conoscenza della storia della città ed in particolare del rapporto tra gli edifici e i terremoti.

In questa sede vengono presentate alcune riflessioni partendo da due casi studio eccezionalmente interessanti: la chiesa di San Remigio e la chiesa di Santa Trinita. Il contributo, limitato nelle descrizioni delle fasi operative per ovvi limiti di spazio, è il frutto di una ricerca più vasta, iniziata con una rilettura di numerose fonti scritte coeve e successive agli eventi sismici principali, un'analisi bibliografica dei testi editi riguardanti la storia e la sismologia di Firenze, un'ampia ricognizione del contesto di studio e, infine, con l'analisi archeosismologica dei due edifici sopra-menzionati.

## 2. Inquadramento sismologico dell'area

La città di Firenze risulta un'area storicamente affetta da numerosi eventi sismici di variabile intensità. Le basi di dati sismologiche elaborate dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, delle quali potremmo citare l'ultima edizione in ordine cronologico, ovvero il Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani del 2015; Locati et al. 2016; Rovida et al. 2016), propongono una storia sismica per la città caratterizzata da 229 eventi in un arco cronologico che spazia dall'anno 1000 al 2008 (Fig. 1).

Fra i numerosi eventi che hanno caratterizzato la storia sismica di Firenze possiamo identificare tre forti terremoti la cui area epicentrale corrisponde alla città o ai suoi dintorni: 28 settembre 1453, 28 novembre 1554 e 18 maggio 1895. La città inoltre risentì i due terremoti del Mugello del 13 giugno 1542 e del 29 giugno 1919, e il terremoto del 27 dicembre 1770, con epicentro nel Valdarno Superiore. Ma Firenze è esposta anche agli effetti dei terremoti il cui epicentro si trova molto lontano, come nel caso del terremoto avvenuto il 12 marzo 1873,

nuti e risultati. Il progetto, coordinato dallo scrivente, fa riferimento alla vincita del bando pubblico *Giovani Ricercatori Protagonisti* per il conferimento di n. 8 assegni di ricerca di tipo a), di durata biennale, finanziati dalla Fondazione "Ente Cassa di Risparmio di Firenze" – Tematica di ricerca: Beni culturali: conservazione, restauro, datazione e fruibilità.

che colpì le Marche meridionali. Di seguito alcuni degli effetti dei principali eventi sopra menzionati sull'edilizia fiorentina testimoniati dalle fonti scritte:

- Il terremoto del 28 settembre 1453 colpì Firenze nell'epoca del suo massimo splendore. Alla metà del Quattrocento, infatti, sotto il governo di Cosimo il Vecchio de' Medici, la Repubblica di Firenze primeggiava tra gli antichi Stati italiani per ricchezza, prosperità e floridezza degli scambi commerciali e culturali, che l'avevano resa la capitale delle arti e il centro propulsore delle fasi di rinnovamento culturale e artistico dell'Italia. Sebbene Firenze fosse in un periodo storicamente molto importante, il terremoto del 1453 non ebbe particolare risalto sulle cronache dell'epoca. La più approfondita analisi critica delle fonti storiche proviene dal *Catalogue of Earthquakes and Tsunamis in the Mediterranean Area from the 11th to the 15th Century*, a cura di Emanuela Guidoboni e Alberto Comastri (Guidoboni e Comastri 2005), dove vengono espresse alcune considerazioni circa le dinamiche e gli effetti del sisma del 1453 riportate da numerose fonti. Secondo gli autori la scossa più forte sembra avvenuta durante la notte del 28 settembre: i documenti riportano un orario intorno alle 22:45. A questa seguirono un'altra lunga serie di scosse che portarono la maggior parte delle persone ad abbandonare le proprie abitazioni e dormire all'aperto. Molti edifici furono danneggiati con estesi dislocamenti nei conci delle murature e lesioni, accompagnati dal crollo di numerosi camini (le fonti riportano un numero di camini crollati che oscilla tra 1000 e 5000). L'analisi delle fonti testimonia inoltre l'assenza di crolli totali per gli edifici del centro storico. La zona dove si concentrarono gli effetti maggiormente distruttivi fu l'area adiacente a Porta San Gallo (attuale piazza della Libertà). Gli abitanti di Firenze furono terrorizzati ma pochissime furono le vittime. Non appena furono avvertite le prime scosse molte persone corsero in strada cercando rifugio in spazi aperti. In queste aree gli abitanti costruirono tende o altre strutture temporanee dove trovare rifugio per giorni. Anche le autorità abbandonarono gli edifici pubblici in favore di spazi aperti. Grandi quantità di denaro furono messe a disposizione per rinforzare gli edifici colpiti dal sisma (i danni furono inoltre aggravati da un forte vento che colpì la città subito dopo il terremoto). Le fonti testimoniano l'utilizzo di catene in ferro nelle riparazioni dei danni. Molti autori riportano inoltre danni ancor più ingenti per il contado rispetto a quelli subiti dal centro cittadino;
- il terremoto del Mugello del 1542 fu fortemente sentito a Firenze e causò, forse, qualche danno agli edifici;
- il terremoto di Firenze del 1554 fece cadere i comignoli di molte case, ma non abbiamo altri effetti importanti sul patrimonio edilizio della città;
- il terremoto del 1895 fu quello più distruttivo, probabilmente perché le testimonianze risultano quantitativamente maggiori e qualitativamente migliori. Il sisma colpì la città in un periodo di convulsa trasformazione in un grande centro industriale e urbano, caratterizzato dalla forte espansione edilizia al di fuori dei quattro quartieri storici di Firenze. I nuovi casamenti popolari della periferia fiorentina furono fortemente danneggiati. Fu colpito anche il patrimonio artistico della città, che in molti casi si presentava già in pre-

cario stato di conservazione. A Firenze i danni furono molto estesi, ma nel complesso non gravissimi<sup>2</sup>. Non ci furono grandi distruzioni, ma rimasero più o meno danneggiati quasi tutti i monumenti, le chiese e i palazzi storici, e anche molte opere d'arte in essi conservate. Numerosi danni interessarono l'edilizia residenziale e privata della città, con lesioni diffuse e cadute di soffitti. Complessivamente circa 100 edifici risultarono inagibili. A Firenze non vi furono vittime e si contarono solo 6 feriti non gravi (Cioppi 1995). La forte scossa del 18 maggio non risulta preceduta da scosse minori (i cosiddetti *foreshocks*) come annotato da Padre Giovanni Giovannozzi, all'epoca direttore dell'Osservatorio Ximeniano di Firenze. Questo terremoto dette inizio a un periodo sismico che si protrasse per circa 13 mesi, fino al giugno del 1896, e fu caratterizzato da una cinquantina di repliche (i cosiddetti *aftershocks*). La più forte fu quella che avvenne nella notte del 6 giugno 1895, alle ore 1:35, che spaventò i fiorentini, ma non causò nuovi danni;

- il terremoto del 1919, con epicentro nel Mugello, aprì nuovamente lesioni e danni antichi in molto edifici monumentali.

### 3. Ricognizione del contesto di studio e prima individuazione dei campioni rappresentativi

L'analisi delle fonti storiche, con particolare riferimento a quelle relative al sisma del 1453, ha permesso di delineare un primo contesto di studio sul quale effettuare la ricognizione, individuando gli edifici che maggiormente potevano testimoniare gli effetti dei terremoti storici avvenuti nella città di Firenze. In questo caso è stata dunque evidenziata una netta predominanza di documenti che riportavano danni a strutture religiose o a edifici di notevole rilevanza politico-amministrativa e sociale (es. Palazzo Vecchio, Biblioteca di San Marco, ecc.). Trattandosi di complessi architettonici di grandi dimensioni, in molti casi intonacati, si è deciso di non iniziare l'indagine di un contesto ampio e complesso come quello fiorentino, con edifici troppo dispendiosi dal punto di vista delle tempistiche e della complessità architettonica. La scelta è invece ricaduta su una zona specifica di Firenze caratterizzata dalla presenza di numerose 'chiese minori', per lo più di impianto romanico, abbastanza ben conservate, dunque leggibili ed interpretabili attraverso un'analisi archeosismologica, accompagnate da una buona presenza di documentazione storica edita. Mettendo quindi in relazione il tempo e le risorse a disposizione, uniti al buono stato di conservazione e di leggibilità degli edifici e alla possibile presenza di dissesti antichi evidenziati da una lettura speditiva delle murature, su un totale iniziale di sei edifici che presentavano caratteristiche idonee alla ricerca, si è scelto dunque di focalizzare il progetto su due specifici casi studio: la chiesa di San Remigio e la chiesa di Santa Trinita.

<sup>2</sup> Per una descrizione dettagliata dei danni sofferti sia dall'edilizia monumentale e religiosa che da quella privata, si rimanda al libro di Elisabetta Cioppi (1995).

#### 4. Rilievo delle strutture di interesse

Per le due strutture di interesse sono stati effettuati rilievi accurati attraverso tecnologie laser scanner (Fig. 3) e Structure from Motion, tesi a produrre ortofotopiani sui quali registrare le letture archeologiche e i degradi strutturali. Riguardo ai dissesti è infatti essenziale disporre di rilievi 3D metricamente e geometricamente affidabili che permettano di registrare e documentare con precisione le deformazioni presenti sugli edifici, attraverso l'elaborazione di Elevation Maps (Bertocci e Bini 2012). Questi ultimi rappresentano un prodotto quanto mai indispensabile ad identificare con precisione le problematiche presenti sulle strutture, cercando di fornire una datazione e un'interpretazione del dato restituito, frutto dell'integrazione di questi elaborati con quanto emerso dall'indagine sul campo, dalla caratterizzazione del quadro fessurativo e dall'indagine archeologica (Arrighetti 2019).

In questo senso sono state dunque effettuate campagne di rilievo seguite successivamente dalla lettura stratigrafica e dalla caratterizzazione del quadro fessurativo dei paramenti interni ed esterni degli edifici, appositamente progettate e strutturate per fornire un modello complessivo delle architetture nella loro interezza, ma anche per fornire uno specifico dettaglio delle parti di edificio repute di interesse. Nello specifico, il modello dell'intero complesso architettonico ha permesso di relazionare le diverse parti della struttura, con particolare riferimento ai volumi e ai piani di calpestio degli ambienti e degli elementi architettonici presenti (es. finestre, portali, ecc.), trovando dunque incongruenze o similarità con quanto emerso dalla lettura dei paramenti a vista. La nuvola di punti ottenuta da laser scanner ha costituito inoltre una base particolarmente esplicativa ed utile nella registrazione ed interpretazione del dato restituito; ciò è stato ottenuto attraverso la produzione di prospetti e sezioni delle porzioni di edifici stratigraficamente più interessanti, accompagnata dalla produzione di specifici elaborati tesi all'analisi dettagliata di alcune zone che presentavano elementi di particolare interesse. In quest'ultimo caso, ad esempio, la caratterizzazione e l'analisi delle deformazioni, effettuata quando possibile comparando la situazione interna ed esterna di ogni singola muratura, ha permesso in alcuni casi di comprendere l'entità degli spostamenti avvenuti, il meccanismo di formazione di caratterizzazione del dissesto e la relazione fra questo e le vicende storico-costruttive avvenute nel corso del tempo. Relazionando questi dati alla lettura stratigrafica, sono state dunque ipotizzate cronologie, seppur relative, di alcuni cinematismi e sono stati forniti spunti interpretativi di indiscutibile valore in riferimento alle motivazioni alla base della formazione di tali problematiche. Per scendere nel dettaglio di quanto appena affermato, riportiamo di seguito gli esempi delle analisi svolte sulla chiesa di San Remigio<sup>3</sup> e sulla chiesa di Santa Trinita, dove l'integrazione fra la lettura dei paramenti, la caratterizzazione dei dissesti ed il rilievo strumen-

<sup>3</sup> Gli esiti della lettura archeosismologica della chiesa di San Remigio nello specifico sono stati pubblicati dallo scrivente all'interno del *Journal of Archaeological Science: Reports* nel corso del 2019 (Arrighetti 2019).

tale, hanno permesso di identificare e periodizzare meccanismi di danno antichi, relativi alla prima fase costruttiva dei due complessi.

## 5. La lettura archeosismologica degli edifici

### 5.1 La chiesa di San Remigio

La chiesa di San Remigio si trova nel centro storico di Firenze. L'edificio si presenta costruito in pietra, per la maggior parte pietraforte, in stile romanico all'esterno e gotico all'interno, quest'ultimo caratterizzato da un impianto a tre navate, suddiviso da pilastri sormontati da volte a crociera costolonate e da archi a sesto acuto finemente affrescati. Nella parte tergale si presenta una cappella centrale e due laterali più piccole. All'esterno le pareti sono libere da intonaco e vengono caratterizzate da una pluri-stratificazione di eventi costruttivi e distruttivi ben visibile e leggibile su tre dei quattro lati esterni della chiesa e sul lato nord del campanile. L'interno si presenta totalmente intonacato e dunque stratigraficamente non leggibile. Il campanile, a pianta quadrata e costruito in pietra, si trova nella parte tergale della chiesa e si caratterizza per una evidente ricostruzione della zona sommitale e della cella campanaria, operata in laterizi. Dal punto di vista stratigrafico, la torre campanaria si presenta costruita (probabilmente con altra funzione, forse abitativa) in un periodo antecedente rispetto alla porzione absidale della chiesa; quest'ultima infatti si vede appoggiata al cantonale della struttura turrata, talvolta con dei piccoli tagli operati per ammorzare i due corpi di fabbrica. La lettura stratigrafica operata sulla chiesa ha mostrato la presenza di cinque fasi costruttive ben definite. Un primo periodo, di pieno stile romanico, si concentra in alcune porzioni della struttura caratterizzate dalla presenza di strette monofore, con un paramento in conci di pietra arenaria lavorati principalmente a subbia. Le evidenze della prima fase costruttiva sono visibili nelle aree adiacenti al cantonale nord-ovest, nella porzione bassa ad est della facciata e nelle aree interne della struttura fino ad un'altezza di circa tre metri. Alla prima fase succede una seconda, cronologicamente anteriore alla terza fase di impianto trecentesco, messa in opera a seguito di un dissesto ben evidente nell'interfaccia di crollo presente nel punto di contatto fra la fase 1 e la 2. In questo punto si manifesta infatti un disallineamento della struttura con una chiara ricostruzione del paramento murario. A queste due fasi succedono intense ricostruzioni operate intorno alla metà del XIV secolo per trasformare l'edificio romanico in uno degli esempi di maggiore rilievo del gotico fiorentino. In questo senso le evidenze stratigrafiche di maggior importanza si concentrano nella rasatura dell'edificio romanico e nel suo successivo rialzamento, operazioni ben visibili in entrambi i prospetti laterali. Inoltre in questo periodo si opera un rifacimento importante della facciata e della parte absidale, per adattarle e renderle armoniche con il resto della struttura. La quarta fase, di epoca rinascimentale, si caratterizza per alcuni interventi circoscritti che non modificano l'assetto strutturale della chiesa; in particolare si registra un ampliamento delle finestre del prospetto laterale ovest, accompagnato dalla realizzazione di nuovi finestroni in facciata e nella parete absidale. Ultima

fase sono i lavori operati nella seconda metà del XX secolo, a seguito dei danni causati dall'alluvione di Firenze. Dal punto di vista strutturale sono evidenti i segni di dissesto che si sono stratificati nel corso del tempo sull'edificio. Quest'ultimo viene infatti caratterizzato da un esteso quadro deformativo concentrato principalmente nel campanile (la porzione sommitale si trova in fuoripiombo), nella facciata della chiesa (ben visibile una deformazione localizzata all'altezza del finestrone centrale) e nel prospetto laterale ovest. In quest'ultimo caso si evidenziano due forme diverse di deformazione, caratterizzate da una stratificazione ben evidente; mettendo infatti in connessione la lettura archeologica (Fig. 2) con l'analisi dei dissesti è ipotizzabile come ad una prima deformazione (forse un danno per compressione, avvenuto in modo rapido, che ha causato la presenza di una lesione nella porzione centrale dello spanciamiento, quest'ultimo presente sia sul prospetto interno che su quello esterno della muratura) avvenuta in prima fase costruttiva, dunque in periodo romanico, faccia seguito un'altra estesa deformazione nella porzione sommitale e centrale dell'intero prospetto, accompagnata da un importante quadro fessurativo generalizzato, iniziata in periodo gotico e tutt'ora attiva (le lesioni interessano murature ed elementi architettonici messi in opera dalla fase 3 alla fase 5). Sebbene le cause di questo secondo meccanismo di danno siano facilmente interpretabili e, con sufficiente sicurezza, imputabili alla spinta delle volte interne alla struttura costruite in seconda fase, ancora da chiarire risultano le motivazioni che hanno portato a deformare in modo evidentemente traumatico e rapido e lesionare la struttura durante la prima fase costruttiva, dunque in un periodo anteriore alla metà del XIV secolo. La tipologia del danno e la sua collocazione, esattamente in linea con i pilastri romanici (ad oggi sostituiti da quelli gotici) sui quali dovevano appoggiarsi le travi del tetto, potrebbe far pensare ad un danno dovuto a movimenti sismici. Se ciò fosse confermato, in accordo con quanto espresso dalle ultime basi di dati sismologiche elaborate dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (Locati et al. 2016; Rovida et al. 2016), l'evento che potrebbe aver interessato la struttura potrebbe essere quello del 1325 o forse ad un evento cronologicamente antecedente. Dunque il dato resta in attesa di ulteriori conferme ottenibili dall'analisi delle fonti storiche o dalla comparazione delle evidenze emerse da altri contesti di studio presenti all'interno del centro storico di Firenze.

## 5.2 La chiesa di Santa Trinita

La chiesa di Santa Trinita vanta origini molto antiche. Sul sito della chiesa probabilmente esisteva un'antica struttura religiosa, dedicata a Santa Maria dello Spasimo, dei vallombrosani, documentata già nel 1077. Si trovava al di fuori dalla cinta muraria matildina, ne fu in seguito inclusa nel 1172-75. Tra il 1250 e il 1258 vennero avviati dei lavori di ampliamento in stile gotico su progetto che alcuni attribuiscono a Nicola Pisano o, più probabilmente, a Neri di Fioravanti. Fu una delle prime chiese gotiche di Firenze, preceduta solo dalla basilica di Santa Maria Novella, i cui lavori vennero avviati a partire dal 1242. I lavori proseguirono con solerzia tra il 1300 e il 1330, con una brusca interruzione per la peste del 1348.

Vennero ripresi da 1365 al 1405 circa. Gradualmente la chiesa venne ingrandita ed abbellita. Nella prima metà del Trecento ottenne il titolo di abbazia. Alla fine del Cinquecento, nell'ambito dei rinnovamenti in seguito alla Controriforma che i granduchi medicei avevano promosso nelle chiese fiorentine, i vallombrosani chiesero a Bernardo Buontalenti di rinnovare alcune porzioni della chiesa; a quel periodo risale, ad esempio, la facciata. In occasione dei restauri ottocenteschi si volle ripristinare l'aspetto gotico, anche a costo di interventi invasivi e deturpanti, come la rimozione dell'altare del Buontalenti. La chiesa venne danneggiata dall'alluvione del 1966, dopo il quale si avviò un ciclo di restauri che rimossero i falsi ottocenteschi e riguardarono tutti gli affreschi delle cappelle.

Dal punto di vista archeosismologico risulta di particolare interesse un elemento collocato sulla prima fase di costruzione di ciò che rimane della facciata romanica. In particolare, in questo prospetto è visibile una deformazione collocata nella porzione alta della chiesa (Fig. 4) che, se messa in relazione all'ipotesi di una possibile copertura a capriate dell'impianto originario della struttura, permette di escludere una origine strutturale del dissesto. Tale deformazione, a seguito della lettura archeologica del prospetto, a livello stratigrafico si colloca nel periodo antecedente al rialzamento della struttura romanica, quest'ultimo avvenuto in seconda fase, quindi in un arco cronologico che probabilmente si colloca tra il 1077, prima documentazione della chiesa, e il 1250, momento in cui viene attestato l'ampliamento della chiesa in stile gotico. Dunque un periodo costruttivo che sta fra la fine dell'XI e la metà del XIII secolo, nel quale la chiesa viene rialzata, dotata di un oculo (ad oggi occluso ma ancora visibile in controfacciata) e viene ridefinita la cripta, mettendola in asse con il nuovo assetto della chiesa e dotandola di un nuovo sistema di volte e di pilastri (il sistema viene poi trasformato con le operazioni di XIII secolo quando vengono costruite le fondazioni dei pilastri della chiesa gotica tagliando le volte della cripta). Al momento risulta complesso stabilire una datazione precisa e soprattutto una causa specifica al dissesto, ma sembra che questo possa essere messo in relazione a livello cronologico e tipologico a quello già individuato per la chiesa di San Remigio, anch'essa danneggiata nella prima fase di costruzione e sigillata dalla ricostruzione avvenuta in periodo gotico.

## 6. Conclusioni

Il progetto nasce dalla necessità di lavorare sui contesti a rischio sismico a livello multidisciplinare, mirando quanto più possibile alla prevenzione dei danni causati dai terremoti sull'edilizia storica, ottenibile attraverso un attento piano di conoscenza e documentazione delle architetture. Infatti è proprio la conoscenza degli edifici, ritenuta fondamentale dalle stesse linee guida ministeriali (MIBAC 2010 e MIBAC 2011, capitolo 4), che porta a definire l'intervento più adeguato per ogni contesto di studio; un'operazione essenziale da eseguire prima che il terremoto possa cancellarne questa possibilità. L'archeologia quindi può e deve rappresentare un elemento cardine in un progetto conoscitivo sulla sismicità di un contesto di studio e sulle caratteristiche dei terremoti antichi in rapporto all'edilizia storica. È infatti grazie all'archeosismologia che si ottengono



informazioni utili, ed a volte essenziali, da integrare agli studi condotti da altre discipline, come ad esempio il restauro, per capire dove e come intervenire, o alla sismologia storica e alle scienze della terra, per apportare dati inediti sulla sismicità storica ed i suoi effetti sul patrimonio culturale. L'applicazione del metodo archeosismologico si presenta dunque come un elemento assolutamente innovativo nel panorama della ricerca e della conoscenza dei terremoti e della storia dei territori e delle società che vivevano all'interno degli stessi in determinati momenti storici. Firenze in questo senso è stato un contesto particolarmente interessante, seppur molto difficile, e ricco di informazioni da poter analizzare.

Calandoci nel contesto analizzato, Firenze è un caso che merita assolutamente un'analisi sistematica, rappresentando un caso studio abbastanza comune in Italia di città di medio-grandi dimensioni caratterizzata da una pericolosità sismica media, che se messa in rapporto ad altre aree non impone una particolare emergenza, la quale però, se combinata con un alto valore di beni esposti, sovente anche molto vulnerabili, diviene un'area di straordinaria importanza. Del resto, con lo stesso terremoto del 1895 i crolli e i danni strutturali in città furono limitati, ma caddero e andarono in frantumi statue, maioliche, ornamenti, stucchi e oggetti antichi di grandissimo valore.

Parlando dei dati emersi dall'analisi, a margine dei limiti imposti dalle tempistiche strette del progetto, dallo stato di conservazione non sempre ottimale degli edifici e dalla mancanza di indagini sistematiche in ottica storico-sismologica condotte sulla città, possiamo delineare alcune riflessioni di interesse.

In primo luogo sul tessuto cittadino sono presenti alcuni dissesti difficili da datare e da tipologizzare ma che meritano una loro documentazione e registrazione sistematica. Sono spesso messi in connessione con elementi strutturali (catene in pietra o laterizio, barbacani, archi di contrasto in pietra) di origine piuttosto antica. Sarebbe dunque interessante in futuro proporre un progetto che permettesse di individuarli, registrarli e cercare di comprenderne cronologia e funzionalità, mettendoli in relazione tra di loro e tra le evidenze ad essi circostanti.

Una seconda riflessione può essere fatta in riferimento alla presenza di danni ben attestati in un periodo storico che va dal XII al XIII secolo. Nelle strutture presentate in questa sede sono presenti dissesti ben evidenti non correlabili a problemi strutturali avvenuti nel periodo sopracitato. Molto spesso i danni sono correlati ad estese ricostruzioni o trasformazioni degli edifici o a specifici elementi architettonici utilizzati per contrastare specifici meccanismi di danno in atto (catene in pietra, barbacani, ecc.).

Un'ultima riflessione merita la valutazione di un ampliamento dell'area di interesse del progetto, allargando il contesto di studio di riferimento anche al territorio al di fuori della città di Firenze. Analizzare anche contesti vicini come quelli di Camerata o Vincigliata, secondo le fonti scritte particolarmente interessati dal terremoto del 1453, sarebbe sicuramente un passo essenziale e necessario per validare quanto già espresso dalle strutture studiate nel centro cittadino, oppure per aggiungere nuovi dati alle riflessioni già elaborate.

## Riferimenti bibliografici

- Arrighetti, A. 2019. "Registering and documenting the stratification of disruptions and restorations in historical edifices. The contribution of archaeoseismology to architecture." *Journal of Archaeological Science: Reports* 23: 243-51. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2018.10.028>
- Arrighetti, A. 2015. *L'archeoseismologia in architettura. Per un manuale*. Firenze: Firenze University Press.
- Bertocci, S., e M. Bini. 2012. *Manuale di rilievo architettonico e urbano*. Milano: CittàStudi.
- Brogiolo, 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* 13: 9-13.
- Brogiolo, G. P., e P. Faccio. 2010. "Stratigrafia e prevenzione." *Archeologia dell'Architettura* 15: 55-63.
- Cagnoni, G. 1996. "La documentazione del degrado e del dissesto nell'analisi stratigrafica degli elevati." *Archeologia dell'Architettura* 1: 65-8.
- Cioppi, E. 1995. *18 maggio 1895. Storia di un terremoto fiorentino*. Firenze: Osservatorio Ximeniano.
- Faccio, P., Masciangelo L., e F. Zeka Lorenzi. 1997. "Potenzialità applicative dell'analisi stratigrafica. Ricostruzione di una possibile storia meccanica di un edificio storico." *Archeologia dell'Architettura* 2: 53-61.
- Guidoboni, E., e A. Comastri. 2005. *Catalogue of Earthquakes and Tsunamis in the Mediterranean Area from the 11th to the 15th Century*. Roma: Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.
- Lagomarsino, S., e A. Boato. 2011. "Stratigrafia e statica." *Archeologia dell'Architettura* 15: 47-53.
- Locati, M., Camassi R., Rovida A., Ercolani E., Bernardini F., Castelli V., Caracciolo C. H., Tertulliani A., Rossi A., Azzaro R., D'Amico S., Conte S., ed E. Rocchetti. 2016. *DBMI15, the 2015 version of the Italian Macroseismic Database*. Roma: Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. doi: <http://doi.org/10.6092/INGV.IT-DBMI15>
- MIBAC. 2010. *Linee Guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale*. Roma: Gangemi Editore.
- MIBAC. 2011. *Linee Guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale allineate alle nuove norme tecniche per le costruzioni (d.m. 14 gennaio 2008)*. Roma: Gangemi Editore.
- Rovida, A., Locati M., Camassi R., Lolli B., e P. Gasperini. 2016. *CPTI15, the 2015 version of the parametric catalogue of italian earthquakes*. Roma: Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. doi: <http://doi.org/10.6092/ingv.it-cpti15>

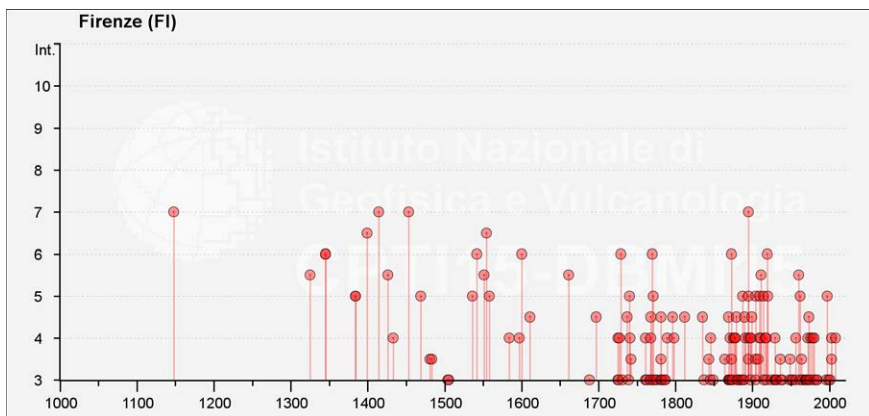


Figura 1 – Sismicità storica della città di Firenze dall’anno 1000 al 2008 (Locati et al. 2016).

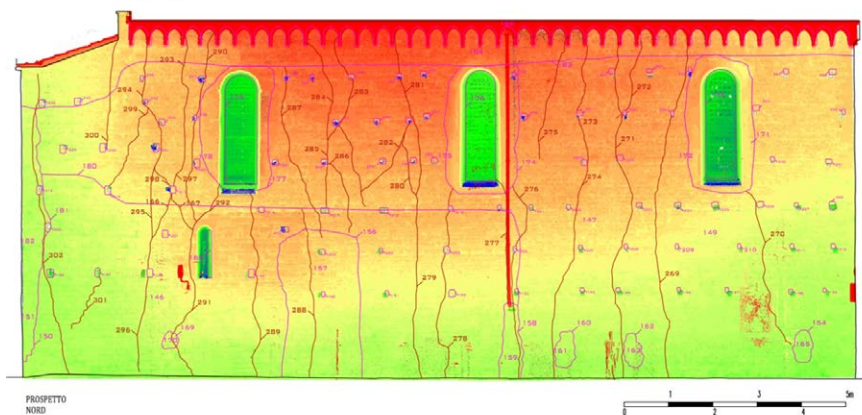


Figura 2 – Elevation Map con sovrapposizione della stratigrafia del prospetto laterale esterno nord della chiesa di San Remigio. Alla sinistra e al centro del prospetto risulta visibile una linea orizzontale che demarca l’interfaccia stratigrafica fra prima e seconda fase con il cambio di deformazione e l’intenso quadro fessurativo connesso.

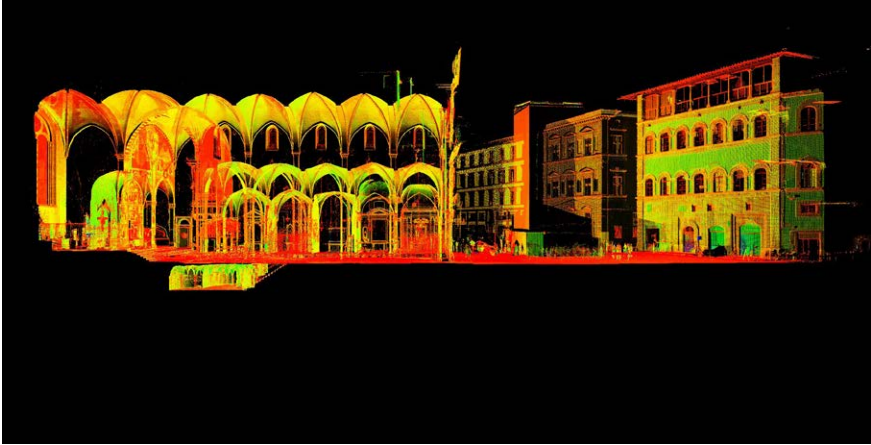


Figura 3 – Particolare del rilievo laser scanner della chiesa di Santa Trinita.

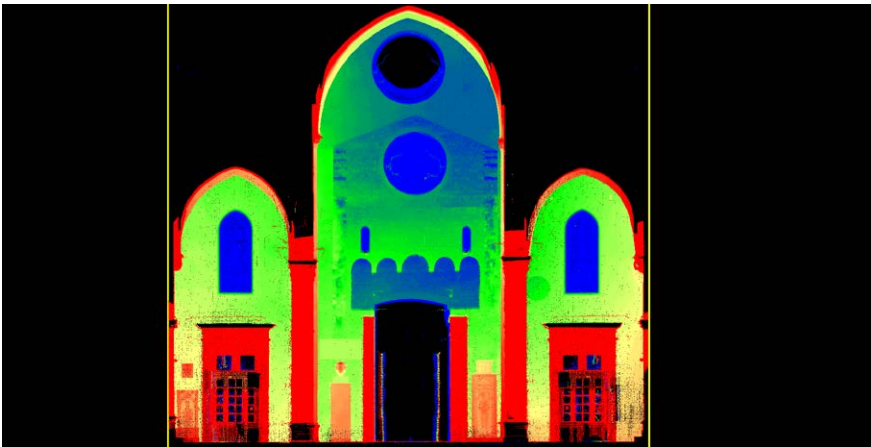


Figura 4 – Elevation map della controfacciata della chiesa di Santa Trinita.