

27. Archeosismologia e architettura: il patrimonio architettonico come fonte di storia dei terremoti. L'esempio dei campanili di Venezia

Archaeoseismology and Architecture: Architectural Heritage as Past Source on Seismicity. The Example of Venice's Bell Towers

Margherita Ganz

Politecnico di Milano –DaStU Dipartimento di Architettura e Studi Urbani

Riassunto

Gli studi di archeosismologia in contesti architettonici sono interessanti perché attengono a due delle tre variabili che determinano il rischio sismico di un sito. Da un lato forniscono informazioni importanti per quanto riguarda la storia sismica del contesto di studio, interessando quindi l'ambito della pericolosità sismica, dall'altro permettono una migliore conoscenza del comportamento strutturale del manufatto nei confronti delle sollecitazioni sismiche, suggerendo il miglior metodo d'intervento per ridurre la vulnerabilità. Sebbene i primi studi in questo campo abbiano avuto dei risultati interessanti, si è ancora lontani dall'aver individuato un metodo applicativo per tali risultati. Verrà illustrato lo stato delle conoscenze, i metodi e le problematiche non ancora risolte di questa nuova ed interessante disciplina. Verrà presentato il caso studio dei campanili medievali veneziani, i quali hanno risentito dell'azione di un forte terremoto in antico.

PAROLE CHIAVE: ARCHEOSISMOLOGIA, ARCHEOLOGIA DELL'ARCHITETTURA, PATRIMONIO ARCHITETTONICO, SISMICITÀ STORICA, VENEZIA

Abstract

In terms of seismic risk mitigation, archaeoseismological research in architectural field is interesting because it deals with two of the three aspects that determine seismic risk of a site. Firstly, such research provides important information on the seismic history of the area in which the object of the study is located, thus providing background for investigating seismic hazard. Secondly, it offers a better understanding of the structural behaviour of the building in relation to seismic stress, suggesting the best method of intervention to reduce its vulnerability. Although early studies in this field have achieved interesting results, we are still far from having identified an applicative method for this new kind of data. The state of current knowledge, as well as potential and unresolved questions regarding this new and interesting discipline will be illustrated. The author will also present the case study of medieval Venetian bell towers, which have undergone strong seismic action in antiquity.

KEYWORDS: ARCHAEOSEISMOLOGY, BUILDING ARCHAEOLOGY, ARCHITECTURAL HERITAGE, PAST SEISMICITY, VENICE.

Introduzione

In origine il termine catastrofe indicava la svolta, imprevista e drammatica, che conduceva all'epilogo della tragedia classica. L'accezione cosmico-naturalistica del termine inizia a diffondersi a seguito del terremoto di Lisbona del 1755, allorché alla voce *tremblemens de Terre* dell'Encyclopédie del 1766 il filosofo Paul Henri Thiry d'Holbach lo definisce una 'terrificante catastrofe'¹.

I terremoti hanno da sempre scosso l'immaginario collettivo, tanto da risultare di gran lunga i fenomeni naturali maggiormente registrati dalle fonti scritte. Il motivo può essere ricercato nella peculiarità dei movimenti tellurici, i quali scardinano l'universale certezza che le nostre fragili vite trovino nella superficie terrestre un saldo punto di riferimento.

Quando avviene una catastrofe si è umanamente portati a cercare il colpevole all'infuori di sé. Tuttavia, non sono i terremoti che uccidono le persone bensì gli edifici: dove sono stati costruiti, in che modo sono stati costruiti, come sono stati mantenuti, l'uso che si è fatto nel tempo². Questo ci pone tra i principali protagonisti che concorrono al verificarsi di una catastrofe: un fenomeno naturale diventa un disastro naturale nel momento in cui intercetta e scardina una società nel suo ambiente; pertanto, l'occorrenza e la gravità dei disastri dipendono in linea diretta dal grado di adattamento di una società al suo territorio³. Le società che si trovano in territori soggetti a fenomeni naturali hanno sviluppato nel corso della storia una specifica resilienza, che viene nutrita e perpetuata nei secoli attraverso la propria eredità culturale⁴. Tuttavia, se l'incidenza dei disastri si dilata l'attenzione collettiva si affievolisce e il sistema diventa vulnerabile. Noi viviamo in un periodo storico che corre velocissimo ma ha brevissima memoria: basti pensare che dal 1900 in Italia si sono verificati 47 terremoti di magnitudo superiore al VIII grado MCS che significa, in media, un terremoto distruttivo ogni due anni e mezzo⁵. Sulla

¹ Su questo vedi Tagliapietra 2004.

² Bankoff 2012.

³ Oliver-Smith 1999.

⁴ Definizione di eredità culturale in CETS 199 - Value of Cultural Heritage for Society, 27.10.2005, art. 2: *Cultural heritage is a group of resources inherited from the past which people identify, independently of ownership, as a reflection and expression of their constantly evolving values, beliefs, knowledge and traditions. It includes all aspects of the environment resulting from the interaction between people and places through time.*

⁵ Fonte: <http://storing.ingv.it/cfti/cfti5/#> e http://cnt.rm.ingv.it/events?starttime=1990-01-01+00%3A00%3A00&endtime=2021-10-20+23%3A59%3A59&last_nd=11615&minmag=5.5&maxmag=10&mindepth=-10&maxdepth=1000&minlat=35&maxlat=49&minlon=5&maxlon=20&mininversion=100&limit=30&orderby=ot-asc&lat=0&lon=0&maxradiuskm=-1&wheretype=area&box_search=Italia. Ultima consultazione 20/10/2021.

carta dovremmo essere socialmente e culturalmente preparati ed invece il terremoto ci trova puntualmente vulnerabili.

Il rischio sismico è, naturalmente, un problema complesso che necessita di soluzioni complesse, ma un ottimo punto di partenza sarebbe mettere a sistema i risultati provenienti dalle diverse discipline che se ne occupano, non solo attraverso il dialogo - che è una forma di cooperazione astratta e teorica - quanto con lo scambio diretto e sistematico di informazioni. In questo intervento tratterò di archeosismologia in architettura e cercherò di delineare le potenzialità e le problematiche di questa disciplina e l'importante contributo che essa può dare nei confronti sia della definizione della pericolosità sismica di un territorio, sia nella conoscenza e mitigazione della vulnerabilità sismica dei manufatti in esso contenuti.

L' archeosismologia in architettura

L'archeosismologia è la disciplina che studia i terremoti storici servendosi dei metodi e degli strumenti dell'archeologia⁶. I primi studi in ambito archeosismologico risalgono ormai ad una quarantina di anni fa⁷ e per la maggior parte hanno interessato le realtà che gravitano attorno al Mediterraneo, grazie alla cospicua presenza di siti archeologici, fonti scritte codificate e sorgenti sismogenetiche.

Il concetto che sottende alla ricerca archeosismologica è il seguente: i terremoti di elevata intensità lasciano delle tracce negli edifici che li subiscono. Nel momento in cui si riesce a decrittare tali segni il monumento diventa fonte materiale di storia sismica. L'utilizzo degli strumenti propri dell'archeologia per lo studio dei manufatti architettonici, come ad esempio la stratigrafia, ha permesso di raggiungere degli standard di analisi critica molto elevati, mentre il succedersi di terremoti di elevata intensità in tempi recenti ha permesso di studiare il comportamento della muratura storica soggetta a sollecitazioni sismiche⁸. La combinazione di questi due fattori ha permesso di estendere il riconoscimento e l'analisi di antichi danni sismici anche al patrimonio architettonico, oltre a quello archeologico.

L'innovazione di questo tipo di studi afferisce allo stato conservativo del manufatto e dunque alla metodologia impiegata. Se l'artefatto si trova in condizione di rudere o interrimento verranno utilizzate le tecniche dell'archeologia di scavo, mentre nei casi in cui l'artefatto si conservi in maniera più o meno soddisfacente nella

⁶ Per la definizione di Archeosismologia si veda la relativa voce in Francovich e Manacorda 2017: 29-34.

⁷ Ambraseys 1971; Karcz e Kafri 1978; a seguire: Stiros e Jones 1996; Santoro Bianchi 1996; Noller 2001; Guidoboni *et al.* 2002; Galadini, Hinzen e Stiros 2006.

⁸ Doglioni, Moretti e Petrini 1994; Doglioni 1997; Cangì 2009.

sua condizione verticale verranno utilizzate le tecniche proprie della cosiddetta archeologia dell'architettura.

Vantaggi della ricerca archeosismologica in architettura

I vantaggi di questo avanzamento nella ricerca archeosismologica consistono innanzitutto nell'estensione dell'arco cronologico indagabile, che permette di arrivare alla soglia della sismologia strumentale (fine XIX secolo)⁹.

In secondo luogo, un'analisi approfondita del costruito storico in area sismica permette di conoscere più a fondo la risposta strutturale delle murature storiche nei confronti delle sollecitazioni orizzontali e questo consente di intervenire in maniera ottimale al fine di ridurre la vulnerabilità dello stesso. Nel migliore dei casi, è lo stesso edificio a fornire le soluzioni di intervento presentando fasi di distruzione e successive riparazioni, a testimonianza di quella cultura sismica locale di cui si è parlato in precedenza.

Infine, una potenzialità ancora in gran parte da definire, è la possibilità di derivare l'intensità di un sisma a partire dai danni riscontrati. Negli ultimi anni programmi per la modellazione e la verifica delle strutture in muratura sono stati implementati ed applicati in contesti archeosismologici o in scenari post-sismici¹⁰. Potrebbe essere una strada interessante se si riuscisse a limitare le incertezze relative alle caratteristiche meccaniche dei materiali storici e alla esatta conformazione della struttura prima che venisse colpita dal terremoto.

Le principali criticità delle analisi archeosismologiche in architettura

Nonostante i primi studi abbiano riportato risultati incoraggianti¹¹, sussistono diverse criticità metodologiche in questa disciplina. In primo luogo, le ricerche archeosismologiche in contesti architettonici sono molto lunghe perché non si possono studiare i danni sismici stratificati prescindendo la *stratificazione* propria dell'edificio, ovvero le sue fasi costruttive, le modifiche e gli interventi che connotano l'aspetto attuale e per questo è necessario svolgere uno studio archivistico e un rilevamento sul campo. A questo si somma il fatto che l'oggetto di studio sono edifici sostanzialmente in uso ed è quindi necessario affidarsi alla disponibilità molto spesso limitata dei fruitori, dei proprietari, o delle istituzioni a seconda che si tratti di edifici privati o pubblici.

⁹ Evidentemente l'arco temporale potrebbe essere esteso anche oltre, ma potendo disporre di dati strumentali verrebbero meno i presupposti iniziali.

¹⁰ Modena, Valluzzi e Zenere 2009; Hinzen *et al.* 2011; Galassi e Paradiso 2014; Acito *et al.* 2014.

¹¹ Arrighetti 2015; Ganz e Doglioni 2015; Doglioni 2018.

Inoltre, è necessario identificare e riconoscere l'origine sismica di un danno stratificato affinché venga riparata la discontinuità senza che venga cancellato il dato di storia sismica.

Ammessi che si riesca ad isolare l'azione sismica come unica causa del danno riscontrato, la sua attribuzione come effetto di uno o più eventi è molto difficile da stabilire. I recenti terremoti hanno tragicamente dimostrato come spesso sia la successione ravvicinata di più scosse a provocare i maggiori danni. A livello archeosismologico gli effetti di più scosse ravvicinate di media intensità non sono distinguibili dagli effetti di un terremoto di forte intensità. Questo perché attraverso la sequenza stratigrafica è possibile risalire solamente ad una datazione relativa dei danni riscontrati, che sarà più o meno articolata in base ai marcatori *ante quem* e *post quem* sarà possibile individuare. All'interno però delle fasi individuate difficilmente si riesce a distinguere eventi avvenuti in rapida successione o avvenuti in fase di ricostruzione. Un valido strumento sono naturalmente le analisi di laboratorio come la dendrocronologia, la datazione radiometrica e la datazione otticamente stimolata¹². Tuttavia, oltre a rappresentare un costo aggiuntivo, queste analisi presentano evidenti limiti di fattibilità dovuti al reperimento di una corretta quantità e qualità di materia prima da analizzare.

Tirando le somme può sembrare che il bilancio tra potenzialità e criticità penda sfavorevolmente verso quest'ultime, e che le informazioni che si ottengono non giustifichino il grande sforzo scientifico. Il caso studio dei campanili medievali di Venezia, parzialmente ancora in corso, è un esempio significativo in tal senso perché nonostante presenti tutte le criticità qui esposte, i risultati ottenuti hanno già trovato una finalità pratica permettendo di stilare una classifica di priorità di intervento sulle strutture maggiormente compromesse.

Il caso studio dei campanili medievali di Venezia

I campanili di Venezia rappresentano un patrimonio inestimabile per la città. La gran parte di essi hanno origine medievale e rinascimentale, in rari casi risalgono addirittura ai secoli XI-XII d.C.; la loro longevità ha del sorprendente se si pensa che molti sorsero quando le terre consolidate erano macchioline diffuse su una distesa acquitrinosa di piscine e barene. Un'eredità costituita da circa 90 torri, tanto onorevole quanto onerosa poiché grava come una spada di Damocle su un territorio urbano densamente edificato. Conoscere il loro 'stato di salute' è diventata una priorità tanto che dal 2009 al 2011 sono stati oggetto di una approfondita analisi svolta dall'Università IUAV e dalla Soprintendenza di Venezia allo scopo di verificarne la

¹² Bailiff 2007.



Figura 1. Lesioni ad andamento inclinato presso le arcate interne del fronte sud-est del campanile dei Gesuiti (foto di M. Ganz).

pericolosità statica e la vulnerabilità sismica¹³. Il risultato è consistito in una classifica delle strutture in base alla loro vulnerabilità; in cima alla classifica sono risultate le torri di origine medievale, che si sono rivelate le strutture maggiormente compromesse. Di primo acchito verrebbe da considerarlo un esito scontato, considerati fattori come il naturale invecchiamento dei materiali, le maggiori trasformazioni subite nel corso del tempo e il largo uso di materiale di reimpiego che ha impoverito la qualità muraria. Tuttavia, ad una attenta analisi è stato possibile apprezzare una serie di lesionamenti

caratterizzanti strutture realizzate entro la prima metà del XIV secolo che non hanno interessato strutture immediatamente successive, come, ad esempio, il campanile di San Polo eretto nel 1360. Questo aspetto ha delegittimato in parte le motivazioni di tipo temporale e tipologico e ha portato ad interrogarsi su altri tipi da cause. I quadri fessurativi dei campanili più antichi presentavano lesioni dal comportamento 'nervoso', con andamento inclinato o sub-verticale (60-70°), con rami paralleli o tratti orizzontali in corrispondenza di antichi giunti, lesioni con assetto cosiddetto *a fuso*, in netto contrasto con i quadri fessurativi più lineari dei campanili lievemente più tardi.

¹³ Lionello 2011.



Figura 2. Riparazioni in cocchiopesto (rosato) di antiche lesioni riscontrate sul fusto del campanile di Sant'Aponal (foto di F. Doglioni su concessione dell'autore).

Si prenda in considerazione qualche caso significativo. Il campanile dei Gesuiti, la cui fondazione si attesta attorno al XIV secolo, presenta una struttura laterizia a base quadrata composta da una doppia canna. Lungo il fusto sono ben visibili tre fasi distinte di costruzione: oltre alla fase iniziale, vi è una prima sopraelevazione in seguito all'incendio del 1514 d.C. ed una seconda sopraelevazione contemporanea al completamento e abbellimento della chiesa da parte dei Gesuiti nel 1700 circa¹⁴. Nella parte più antica del fusto, sui prospetti interni nord-ovest e sud-est, sono visibili lesioni ad andamento inclinato che intercettano i conci laterizi degli archi interni con lo scorrimento degli stessi, tipico delle rotture a taglio e quindi compatibili con un'azione sismica (Figura 1). Inoltre, anche la simmetria rispetto ad un asse (in questo caso nord-est/sud-ovest) è un altro fattore che contraddistingue un quadro di danneggiamento sismico. Dal momento che le lesioni così configurate non interessano le sopraelevazioni successive, significa che sono avvenute prima del 1514. Prendiamo in esame il campanile di Sant' Aponal, fondato nell' XI secolo. I danni presenti sulla parte sommitale del fusto presso l'angolata est del fonte sud (appena sotto la ricostruzione quattrocentesca della cella campanaria) appaiono risarciti con malta in cocchiopesto di chiara fattura antica (Figura 2) ed

il fatto che si presentino intatte attesta che le lesioni non hanno subito risentimenti successivi. Trattasi di quegli importanti marcatori *post quem*, di cui si è parlato precedentemente, che rendono possibile una cronologia relativa¹⁵.

Elementi come la somiglianza dei quadri di dissesto dei campanili più antichi, la ricorrenza in essi di lesioni a scorrimento orizzontale, la presenza di elementi 'sigillanti' che determinano la natura immediata ed autoconclusiva delle cause di danneggiamento, legittimano, seppur non in modo esclusivo, l'ipotesi dell'origine sismica dei dissesti.

La storia sismica di Venezia

Il problema sismico non è annoverato tra le molte difficoltà geoclimatiche che Venezia ha dovuto contrastare per sopravvivere nel tempo. O meglio, il suolo veneziano è considerato di medio-bassa intensità sismica, tuttavia è accerchiato lungo i confini terrestri da tre zone sismogenetiche che nel corso dei secoli hanno generato sismi di intensità tale da ripercuotersi più o meno marginalmente anche su Venezia (Figura 3). Analizzando l'immagine riportata si può constatare come l'ultimo terremoto che abbia avuto effetti stimati di VII-VIII grado MCS risalga a quasi 500 anni

¹⁴ Sammartini 2002: 123.

¹⁵ Si veda Doglioni e Squassina 2011.

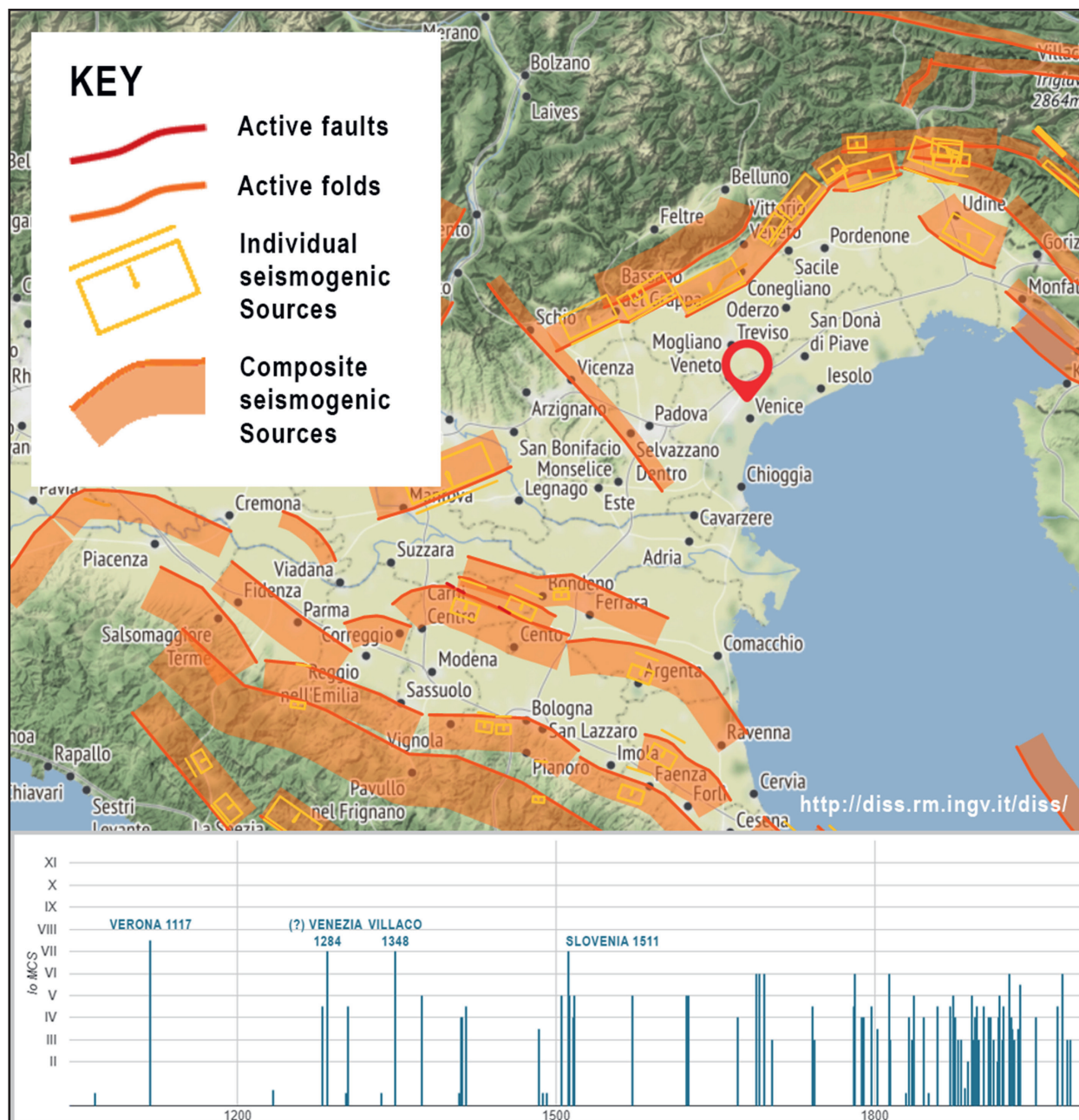


Figura 3. In alto: mappa delle sorgenti sismogenetiche dell'Italia nord-orientale (Fonte: DISS Working Group 2018, Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia <http://diss.rm.ingv.it/diss/> licenza CC BY-SA 4.0). In basso: Grafico della storia sismica di Venezia (Fonte: Guidoboni et al. 2018 <http://storing.ingv.it/cfti/cfti5/#> licenza CC BY-SA 4.0).

fa. Dei quattro terremoti riportati, Verona 1117 d.C., Venezia 1284 d.C., Villaco 1348 d.C. e Slovenia 1511 d.C., il cosiddetto terremoto di Venezia del 1284 a causa della scarsità di fonti non ha localizzazione certa ed i suoi effetti sono stati declassati ad intensità V-VI MCS in Venezia¹⁶. Dei rimanenti, balza subito all'occhio la compatibilità temporale con il terremoto di Villaco del 1348. Andando ad analizzare le fonti documentali

raccolte nel Catalogo dei forti terremoti d'Italia¹⁷ è possibile trovare numerose testimonianze; si riporta a titolo esemplificativo la trascrizione dell'epigrafe posta sul portale interno della Scuola di S. Maria della Carità (oggi le gallerie dell'Accademia) che racconta del terremoto del 25 gennaio 1348 cui seguì la peste:

In nome de Dio eterno e de la Biada Vergene Maria.
In l'ano de la Incarnacion del nostro signor miser iesu
Christo MCCCXLVII [secondo il more veneto; 1348 secondo

¹⁶ https://emidius.mi.ingv.it/ASMI/event/12840117_1530_000.

Ultima consultazione 20/10/2021.

¹⁷ <http://storing.ingv.it/cfti/cfti5/>. Ultima consultazione 20/10/2021.

lo stile moderno] a di XXV de çener lo di de la conversion de Sen Polo, cerca l'ora de vespero fo gran taramoto in Veniexia e quasi per tuto el mondo e çaçe molte cime de campanili e case e camini e la glesia de Sen Baseio; e fo sì gran spavento che quaxi tuta la çente pensava de morir, e non stete, la tera de tremar cerca di XL; e può driedo questo començà una gran mortalitade [...]¹⁸.

Conclusioni

Allo stato attuale delle conoscenze si può affermare con un accettabile grado di attendibilità che vi sia corrispondenza tra dato materiale e dato letterario, sebbene la paternità dei danni riscontrati vada verificata con indagini ulteriori come prove archeometriche ed analisi strutturali mirate per non incorrere nell'errore di voler 'trovare' il terremoto a tutti i costi nei danni riscontrati.

Tuttavia, un primo beneficio è già in atto in quanto la classificazione dei campanili più vulnerabili ha premesso di organizzare i lavori di messa in sicurezza e di miglioramento sismico in base alle priorità emergenziali.

Le ricerche archeosismologiche in architettura hanno un ruolo fondamentale nella mitigazione del rischio sismico, perché possono fornire importanti informazioni riguardo a due delle tre variabili che lo compongono (pericolosità, vulnerabilità ed esposizione). Questo tipo di studi aiuta la comprensione del comportamento strutturale degli edifici storici in caso di sisma e permette un intervento di consolidamento più efficace perché gli interventi vengono calibrati sul singolo edificio in base alle proprie specificità e alle risposte che esso stesso ha fornito in passato. Se si pensa alla diffusione del costruito storico in Italia si comprende la portata di questo approccio nei confronti della vulnerabilità dei nostri edifici e quindi della nostra società.

Per quanto riguarda la caratterizzazione sismica di un sito, e dunque la sua pericolosità sismica, sappiamo bene che essa si basa sui cataloghi sismici. Essi sono poderose banche dati sui terremoti del passato basate quasi esclusivamente sulle fonti letterarie ed epigrafiche.

Nonostante l'accuratezza della ricerca documentale, essi sono uno strumento che potrebbe rivelarsi fallace nel delineare la sismicità storica di un sito. Innanzitutto, non è detto che il dato storico sia sufficientemente esteso nello spazio e nel tempo da poter essere considerato rappresentativo di tutta la sismicità di ogni data area. In secondo luogo, il catalogo raccoglie informazioni laddove vi è documentazione, ma ad una mancata documentazione non corrisponde necessariamente

l'assenza di eventi sismici¹⁹. I cataloghi possono dunque considerarsi come opere in continuo aggiornamento, magari con l'ausilio di contributi provenienti da altri settori disciplinari, come l'archeologia o l'architettura. In futuro sarà interessante mettere a sistema queste ricerche, per il momento isolate, con casi analoghi per un confronto su scala territoriale dei risultati ottenuti singolarmente. In tal modo sarà possibile approfondire ulteriormente temi come l'influenza delle diverse qualità e capacità costruttive, il ruolo degli effetti di sito ed una maggiore caratterizzazione dei forti terremoti del passato e di conseguenza di quelli attesi in futuro.

Bibliografia

- Acito, M., M. Bocciarelli, C. Chesi e G. Milani 2014. Collapse of the clock tower in Finale Emilia after the May 2012 Emilia-Romagna earthquake sequence: Numerical insight. *Engineering Structures* 72: 70–91.
- Ambraseys, N.N. 1971. Value of historical records of earthquakes. *Nature* 232: 375–379.
- Arrighetti, A. 2015. *L'archeosismologia in architettura. Per un manuale*. Firenze: Firenze University Press.
- Bailiff, I.K. 2007. Methodological developments in the luminescence dating of brick from English late-medieval and post-medieval buildings. *Archaeometry* 49: 827–851.
- Bankoff, G. 2012. Historical concepts of disaster and risk, in B. Wisner, J.C. Gaillard e I. Kelman (a cura di) *The Routledge Handbook of Hazards and Disaster Risk Reduction: 37–47*. London - New York: Routledge.
- Cangi, G. 2009. Murature tradizionali e terremoto. Analisi critica del danno come presupposto per il recupero e la ricostruzione dell'edilizia storica danneggiata dal sisma in Abruzzo. *Reportage dall'Abruzzo 2, Convegno di Studi ARCo - Associazione per il Recupero del Costruito (Firenze, 23 Ottobre 2009)*. http://www.itiservizi.com/wp-content/uploads/file/reportage_abruzzo_cangi
- Dogliani, F., A. Moretti e V. Petrini (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*. Trieste: Lint Editoriale Associati.
- Dogliani, F. 1997. *Stratigrafia e Restauro. Tra conoscenza e conservazione dell'architettura*. Trieste: Lint Editoriale Associati.
- Dogliani, F. e A. Squassina 2011. Approfondimenti sulla possibile origine sismica dei quadri di danno presenti in alcuni campanili veneziani. Il caso del campanile di S. Giacomo dell'Orto, in A. Lionello (a cura di), *Tecniche costruttive, dissesti e consolidamenti*

¹⁸ http://www.cftilab.it/file_repository/pdf_T/000750-455186_T.pdf
Ultima consultazione 20/10/2021.

¹⁹ Nel corso dei secoli gli archivi possono subire l'azione di incendi, alluvioni, infiltrazioni. Per tanto le analisi basate esclusivamente sulle fonti scritte che ci sono pervenute potrebbero essere ingannevoli.

- dei campanili di Venezia*: 112-117. Venezia: Corbo e Fiore.
- Doglion, F. 2018. Il danneggiamento sismico come processo. La lettura archeosismologica come strumento di prevenzione. *Archeologia dell'architettura* 23: 25-38.
- Francovich, R. e D. Manacorda (a cura di) 2017. *Dizionario di archeologia*. Bari: Laterza.
- Galadini, F., K-G. Hinzen e S. Stiros 2006. Archaeoseismology: Methodological issues and procedures. *Journal of Seismology* 10: 395-414.
- Galassi, S. e M. Paradiso 2014. BrickWORK software-aided analysis of masonry structures. *IERI Procedia* 7: 62-70.
- Ganz, M. e F. Doglion 2015. 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* 19: 8-49.
- Guidoboni, E., A. Muggia, M. Clemente e E. Boschi 2002. A case study in archaeoseismology. The collapses of the Selinunte temples (southwestern Sicily): Two earthquakes identified. *Bulletin of the Seismological Society of America* 92: 2961-2982.
- Guidoboni, E., G. Ferrari, D. Mariotti, A. Comastri, G. Tarabusi, G. Sgattoni e G. Valensise 2018. *CFTI5Med, Catalogo dei Forti Terremoti in Italia (461 a.C.-1997) e nell'area Mediterranea (760 a.C. -1500)*. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), <http://storing.ingv.it/cfti/cfti5/>
- Hinzen, K-G., C. Fleischer, S.K. Reamer, S. Schreiber, S. Schütte e B. Yerli 2011. Quantitative methods in archaeoseismology. *Quaternary International* 242.1: 31-41.
- Karcz, I. e U. Kafri 1978. Evaluation of supposed archaeoseismic damage in Israel. *Journal of Archaeological Science* 5: 237-253.
- Lionello, A. 2011. *Tecniche costruttive, dissesti e consolidamenti dei campanili di Venezia*. Venezia: Corbo e Fiore.
- Modena, C., M.R. Valluzzi, e M. Zenere 2009. *Manuale d'uso del Programma c-Sisma 3.0 PRO. Procedura automatica per il calcolo e la verifica di meccanismi di pareti in muratura*. Padova: non pubblicato https://www.researchgate.net/publication/276108188_c-Sisma_30_PRO
- Noller, J.S. 2001. Archaeoseismology. Shaking out the history of humans and earthquake, in P. Goldberg, V.T. Holliday e C. R. Ferring (a cura di) *Earth sciences and archaeology*: 143-170. New York: Plenum.
- Oliver-Smith, A. 1999. "What is a disaster?": anthropological perspectives on a persistent question, in A. Oliver-Smith e S. Hoffman (a cura di), *The angry earth. Disaster in anthropological perspective*: 18-34. New York London: Routledge.
- Sammartini, T. 2002. *I campanili di Venezia e Venezia dai campanili*. Ponzano: Vianello libri.
- Santoro Bianchi, S. 1996. Dalla sismologia storica all'archeosismologia. *Ocnus* 4: 239-248.
- Stiros, S.C. e R.E. Jones (a cura di) 1996. *Archaeoseismology Fitch Laboratory Occasional Paper 7*. Athens: Institute of Geology & Mineral Exploration & The British School at Athens.
- Tagliapietra, A. (a cura di) 2004. *Voltaire, Rousseau, Kant. Sulla catastrofe: l'illuminismo e la filosofia del disastro*. Milano: Bruno Mondadori.