

Lucia Barchetta
lucia.barchetta@unicam.it



Università di Camerino
Scuola di Ateneo di Architettura e Design "Eduardo Vittoria"
sede di Ascoli Piceno
Viale della Rimembranza snc
63100 Ascoli Piceno
Tel. 0737/404200 - Fax 0737/404242
www.unicam.it
<https://saad.unicam.it/it>

Copyright International School of Advanced Studies, Università di Camerino

Tutti i diritti sono riservati:
nessuna parte di questa pubblicazione può essere riprodotta in alcun modo (comprese fotocopie e microfilm) senza il permesso scritto della
Dottoranda di ricerca in Architecture, Design, Urban Planning



UNIVERSITÀ DI CAMERINO

INTERNATIONAL SCHOOL OF ADVANCED STUDIES

Scuola di Ateneo di Architettura e Design "Eduardo Vittoria"
sede di Ascoli Piceno

**Individuazione di una metodologia di analisi dei borghi storici situati nelle Marche meridionali
per definire strategie d'intervento orientate all'implementazione delle capacità di resilienza**

Dottorato di ricerca in Architecture, Design, Planning
Curriculum in Sustainable Urban Planning
Restauro_ICAR/19
Ciclo XXXIV

Responsabile del curriculum
Prof. Elio Trusiani

Supervisor: Prof.ssa Enrica Petrucci
Co-supervisor: Prof. Sandro Carbonari
Company co-supervisor: Ing. Simone Fedeli

Dottoranda Lucia Barchetta

*A chi ha camminato con me in questo tortuoso percorso.
A chi mi ha fornito gli strumenti per tracciare il cammino.
A chi mi ha indicato la strada quando mi sono persa.*

Abstract

Individuazione di una metodologia di analisi dei borghi storici situati nelle Marche meridionali per definire strategie d'intervento orientate all'implementazione delle capacità di resilienza

L'attività sismica che da sempre scuote il territorio italiano - e soprattutto gli ultimi eventi (terremoto in Centro Italia 2016) - ha evidenziato ancora una volta la fragilità strutturale dei centri storici, che sono per lo più costituiti da edifici in muratura, spesso di scarsa qualità, e caratterizzati da vulnerabilità tipiche e specifiche che non consentono una sufficiente resistenza al fenomeno sismico. In particolare, i piccoli centri storici marchigiani sono prevalentemente caratterizzati da un'architettura "spontanea" generalmente costituita da materiali poveri, sono situati in zone interne ad alto rischio sismico e hanno, di conseguenza, una esposizione molto elevata legata a diversi fattori; per questo motivo è estremamente complesso caratterizzare la loro vulnerabilità e prevedere le loro condizioni di danneggiamento.

I concetti di resistenza a catastrofi impreviste e di rapido ripristino post-disastro (la resilienza ai disastri) dei centri storici sono necessari a causa del rischio sismico. La quantificazione della resilienza può riflettere adeguatamente la capacità di una città di resistere ai disastri.

Nel presente lavoro verranno analizzati i principali metodi di studio esistenti per la valutazione del rischio e della resilienza, mettendo a punto un framework operativo da applicare ai centri storici delle Marche meridionali. Le analisi conseguenti si baseranno sulla approfondita conoscenza dei caratteri fondativi dei luoghi, sullo studio degli effetti che i diversi sismi che si sono succeduti nella storia, e sulla conoscenza quanto più approfondita dei manufatti, in modo tale da ricavare gli elementi necessari per guidare una ricostruzione consapevole attraverso strumenti volti alla prevenzione basati sulla conoscenza approfondita del luogo.

keywords

Patrimonio culturale, Resilienza, Rischio sismico, Centri Storici, Vulnerabilità Urbana

Indice

7 **Abstract**

9 **Indice**

15 **Introduzione**

Ambito tematico

Stato dell'arte

Obiettivi e metodologia della ricerca

Risultati attesi della ricerca

PARTE PRIMA

Inquadramento della ricerca

23	Capitolo 1	
	Rischio sismico e capacità di resilienza dei centri storici: definizioni e interpretazioni	
26	1.1	Resilienza e rischio sismico
	1.1.1	Pericolosità
	1.1.2	Vulnerabilità
	1.1.3	Esposizione
37	1.2	Resilienza e Disaster Risk Management (DRM)
38	1.3	DRM e Cultural Heritage
41	Capitolo 2	
	I centri storici	
44	2.1	L'importanza della conoscenza nell'ambito dell'edilizia storica
	2.1.1	Morfologia urbana e caratteri tipologici dell'edilizia storica
	2.1.2	Aggregati edilizi ed edilizia di base
54	2.2	I centri storici delle aree interne delle Marche meridionali
	2.2.1	Storia sismica locale
	2.2.2	Il terremoto del centro Italia 2016/2017 e la gestione dell'emergenza
	2.2.3	Contesto territoriale e socioeconomico
65		Riferimenti bibliografici
71		Sitografia

PARTE SECONDA

L'approccio metodologico:

La conoscenza come strumento di valutazione
per la resilienza

77	Capitolo 3	
	Resilienza vs Centri Storici: aspetti metodologici	
80	3.1	Rischio sismico e vulnerabilità urbana
81	3.2	Strumenti vigenti per la prevenzione sismica:
	3.2.1	La microzonazione sismica
	3.2.2	La Struttura Urbana Minima SUM
	3.2.2	La Condizione Limite per l'Emergenza CLE
86	3.3	Metodi di studio esistenti per la valutazione e gestione del rischio sismico nei centri storici
91	3.4	Osservazioni di sintesi
95	Capitolo 4	
	Il modello operativo	
98	4.1	Q-Gis based multicriteria procedure: GIS come strumento per la gestione dei dati
102	4.2	La raccolta dei dati: dall'evoluzione storica alla configurazione strutturale
105	4.3	Valutazione della vulnerabilità dei centri storici
108	4.4	La definizione degli scenari di danno
111	4.5	Perdite attese
113	4.6	Urban resilience assessment per centri storici
117		Riferimenti bibliografici
12		Sitografia

PARTE TERZA

L'applicazione del metodo

129	Capitolo 5	
		Il centro storico di Camerino nelle Marche centro-meridionali
132	5.1	Camerino e il suo territorio
134	5.2	Selezione e calibrazione dei dati
157	5.3	Vulnerability assessment
159	5.4	Definizione degli scenari di danno
161	5.5	Valutazione delle perdite economiche e sociali
162	5.6	Urban resilience assessment per Camerino
163	5.7	Osservazione degli esiti e validazione del metodo
165	Capitolo 6	
		Il centro storico di Vezzano nelle Marche meridionali
168	6.1	Vezzano e il suo territorio
169	6.2	Selezione e calibrazione dei dati
181	6.3	Vulnerability assessment
183	6.4	Definizione degli scenari di danno
184	6.5	Valutazione delle perdite economiche e sociali
186	6.6	Urban resilience assessment per Vezzano
187	6.7	Osservazione degli esiti e validazione del metodo
191	Capitolo 7	
		La verifica del metodo attraverso un caso europeo: il centro storico di Lisbona
194	7.1	Lisbona e il suo territorio
194	7.2	Selezione e calibrazione dei dati
205	7.3	Vulnerability assessment
206	7.4	Definizione degli scenari di danno
208	7.5	Valutazione delle perdite economiche e sociali
208	7.6	Urban resilience assessment per il centro storico di Camerino
209	7.7	Osservazione degli esiti
213		Riferimenti bibliografici
221		Sitografia

PARTE QUARTA

Conclusioni

225 **Capitolo 8**
Contributi alla ricerca: caratteri innovativi e prospettive future

- 229 **8.1** Osservazioni finali
230 **8.2** Caratteri innovativi
231 **8.3** Prospettive future

233 **Bibliografia generale**

239 **Appendice**

- 241 **A1** Camerino
269 **A2** Vezzano
277 **A3** Lisbona

Introduzione

Ambito tematico

L'attività sismica che da sempre scuote il territorio italiano - e soprattutto gli ultimi eventi (terremoto Centro Italia 2016) - ha evidenziato ancora una volta la fragilità strutturale dei centri storici, che sono per lo più costituiti da edifici in muratura, spesso di scarsa qualità, e caratterizzati da vulnerabilità tipiche e specifiche che non consentono una sufficiente resistenza al fenomeno sismico. In particolare, i piccoli centri storici marchigiani sono prevalentemente caratterizzati da un'architettura "spontanea", generalmente costituita da materiali poveri. Essi, inoltre, sono situati in zone interne ad alto rischio sismico e hanno, di conseguenza, un'esposizione molto elevata legata a diversi fattori; per questo motivo è estremamente complesso caratterizzare la loro vulnerabilità e prevedere le loro condizioni di danneggiamento.

Stato dell'arte

Nello studio sulla Disaster Risk Reduction (DRR), il concetto di resilienza inizia a svilupparsi dall'inizio del nuovo millennio¹ in quanto si pone una maggiore enfasi sulle capacità e sui modi individuali e collettivi delle comunità di affrontare disastri. Secondo la United Nations for Disaster Risk Reduction, il concetto di resilienza è definito come la capacità di un sistema, di una comunità o di una società esposta ai rischi di resistere, assorbire, adattarsi, trasformarsi e riprendersi dagli effetti di un pericolo in modo tempestivo ed efficiente, anche attraverso la conservazione e il ripristino delle sue strutture e funzioni essenziali e funziona attraverso la gestione del rischio².

Con riferimento al rischio in relazione all'ambiente costruito, esso viene comunemente valutato come una probabilità matematica che è funzione di tre fattori principali: pericolosità, vulnerabilità ed esposizione. La complessità di una situazione di disastro è influenzata dalla combinazione di questi tre parametri: i pericoli sul sito possono essere naturali o indotti dall'uomo; le vulnerabilità sono associate alla suscettibilità al danno

¹ Manyena, B., O'Brien, G., O'Keefe, P. and R. (2011) *Disaster resilience: a bounce back or bounce forward ability? Local Environment: The International Journal of Justice and Sustainability*, 16 (5). pp. 417-424. ISSN 1354-9839

² United Nations for Disaster Risk Reduction (2015). *Sendai framework for disaster risk reduction 2015–2030*. Downloadable at https://www.prevention-web.net/files/43291_sendaiframeworkfordrren.pdf

e sono classificate in fisiche, funzionali, socioeconomiche e politiche³; l'esposizione si riferisce a tutti gli elementi umani e materiali presenti nelle zone di pericolo che sono quindi soggetti a potenziali perdite. La letteratura sul Cultural Heritage si riferisce principalmente alle vulnerabilità fisiche che misurano la responsabilità al danno di edifici e infrastrutture a diverse scale (nazionale, territoriale, urbana, edilizia)^{4,5}.

Per quanto riguarda il rapporto tra il concetto di vulnerabilità e resilienza si può accettare che quest'ultimo sia strettamente associato al livello di resilienza, ma è un aspetto complementare alla preparazione (preparedness) della comunità: l'approccio della vulnerabilità, infatti, pone l'accento sulla predisposizione dell'assetto esistente a resistere al rischio naturale.

Soprattutto nel caso dei centri storici, un ulteriore problema è rappresentato dalla morfologia tipica del tessuto urbano, prevalentemente composto di corpi murari spesso generati negli anni per espansione e superfetazioni. Questa circostanza rende difficile (o in alcuni casi impossibile) identificare la capacità strutturale degli aggregati edilizi basandosi sulla sola conoscenza dell'aspetto geometrico, delle caratteristiche morfologiche e strutturali delle singole unità che lo compongono⁶. Parlando di centri storici, dunque, la conoscenza dell'edificato e della sua evoluzione risulta imprescindibile per quantificare la capacità di resilienza del patrimonio edilizio o monumentale. Tale conoscenza può costituire un punto di partenza nella gestione delle emergenze: si potrebbero organizzare più efficacemente le situazioni critiche, sapendo a priori quali sono gli edifici su cui poter contare, così come si potrebbero programmare gli interventi più opportuni, una volta noti i fabbricati meno performanti, che hanno quindi una minore probabilità di sopravvivenza ai terremoti.

Obiettivi e metodologia della ricerca

Dopo un inquadramento generale delle principali correnti che trattano la resilienza urbana in relazione alla teoria del rischio, in particolare quello sismico, si definirà il principio cardine su cui si basa la trattazione, ovvero come la conoscenza dell'edificato storico sia un presupposto fondamentale, sia ai fini di una attendibile valutazione della

3 Michalski, S. and Pedersoli, J.L. Jr (2016), *The ABC Method: A Risk Management Approach to the Preservation of Cultural Heritage*, Canadian Conservation Institute (CCCI/ICC) and International Centre for the Study of the Preservation and Restoration of Cultural Property (ICCROM), Ottawa.

4 Calvi, G.M., Pinho, R., Magenes, G., Bommer, J.J., Restrepo-Velez, L.F. and Crowley, H. (2006), *Development of seismic vulnerability assessment methodologies over the past 30 years*, ISET Journal of Earthquake Technology, Vol. 43 No. 3, pp. 75-104

5 Giuliani, F., De Falco, A. and Cutini, V. (2020), *The role of urban configuration during disasters. A scenario-based methodology for the post-earthquake emergency management of Italian historic centres*, Safety Science, Vol. 127, p. 104700, doi: 10.1016/j.ssci.2020.104700

6 Pelà L. (2018) *New Trends and Challenges in Large-Scale and Urban Assessment of Seismic Risk in Historical Centres*, International Journal of Architectural Heritage, 12:7-8, 1051-1054, DOI: 10.1080/15583058.2018.1520858

sicurezza sismica attuale, sia per la scelta di un efficace intervento di miglioramento. Le problematiche sono quelle comuni a tutti gli edifici esistenti, anche se, nel caso del patrimonio culturale tutelato, risulta ancora più importante conoscere le caratteristiche originarie della fabbrica, le modifiche intercorse nel tempo dovute ai fenomeni di danneggiamento derivanti dalle trasformazioni antropiche, all'invecchiamento dei materiali e agli eventi calamitosi.

Si ha, pertanto, la necessità di affinare tecniche di analisi ed interpretazione dei manufatti storici su scala territoriale mediante fasi conoscitive dal diverso grado di attendibilità, anche in relazione al loro impatto. La conoscenza può, infatti, essere conseguita con diversi livelli di approfondimento, in funzione dell'accuratezza delle operazioni di rilievo, delle ricerche storiche, e delle indagini sperimentali. Lo studio dell'evoluzione e delle caratteristiche dell'edificato è teso alla definizione di un modello interpretativo che consenta, nelle diverse fasi della sua calibrazione, un'interpretazione qualitativa del funzionamento strutturale. Il grado di attendibilità del modello sarà strettamente legato al livello di approfondimento ed ai dati disponibili. Da questo punto di vista vengono introdotti diversi livelli di conoscenza che ci consentiranno di avere un quadro quanto più attendibile possibile. Le fasi di seguito descritte sono state applicate su due centri storici marchigiani (Camerino e Vezzano) ed infine il metodo sarà riapplicato, con le dovute accortezze, su un caso studio europeo (Lisbona).

L'obiettivo finale è quello di proporre un framework basato principalmente su sei fasi operative, la cui attendibilità dipende molto dalla quantità e qualità dei dati inseriti nel sistema. Più i dati saranno corretti e approfonditi, e quindi portati ad un livello di conoscenza superiore, più il risultato ottenuto sarà affidabile. La fase cardine, per questo motivo, è quella della definizione e calibrazione dei dati disponibili, organizzati attraverso un Sistema Informativo Territoriale (SIT) attraverso il software open source Qgis, da cui derivano tutte le rielaborazioni successive e che permette la gestione di una grande quantità di dati territoriali e l'immediata fruibilità grafica anche ai non addetti ai lavori.

Risultati attesi della ricerca

Lo studio, articolandosi su più livelli tra loro correlati, consente di effettuare analisi indirizzate alla riduzione del rischio sismico e alla costruzione di scenari di danno che possono essere utili, su scala territoriale, alla redazione di una carta del rischio volta alla definizione della resilienza dei centri storici con l'intento di stabilire un approccio alla prevenzione basato sulla definizione di priorità di intervento.

Dal confronto tra il danno reale e il danno atteso si possono fare considerazioni sull'attendibilità dei metodi utilizzati e su quanto siano importanti i fattori locali e le incertezze ad essi correlate che influenzano il comportamento degli edifici in muratura.

I database georeferenziati, infine, permettono di avere un'importante quantità di dati, possibilmente fruibili a tutta la comunità e in grado, se ben strutturati, di sensibilizzare anche i non addetti al lavoro su debolezze e punti di forza del proprio patrimonio storico.

PARTE PRIMA

Inquadramento della ricerca

1 Rischio sismico e capacità di resilienza dei centri storici

Definizioni e interpretazioni

26	1.1	Resilienza e Rischio Sismico
30	1.1.1	Pericolosità
34	1.1.2	Vulnerabilità
36	1.1.3	Esposizione
37	1.2	Resilienza e Disaster Risk Management (DRM)
38	1.3	DRM e Cultural Heritage

1 Rischio sismico e capacità di resilienza dei centri storici

Definizioni e interpretazioni

La stretta connessione tra il ripristino post-emergenza e il concetto di resilienza delle comunità colpite è diventata una caratteristica comune nei programmi di riduzione del rischio di catastrofi dall'adozione del Hyogo Framework 2005–2015¹ (e successivamente Sendai Framework for Disaster Risk Reduction, 2015-2030²). Una crescente attenzione è sempre più rivolta alla capacità delle comunità colpite da disastri a recuperare in tempi brevi ed in maniera efficiente.

Tuttavia, le varie concettualizzazioni del termine resilienza pone la necessità di dare un inquadramento ad ampio raggio: in questo capitolo si tratterà il tema a partire dalle sue definizioni, declinandolo in funzione dei fattori che la caratterizzano in relazione all'applicazione sulla gestione dei disastri. Infine, si porrà il focus sulle fasi del Disaster Risk Management.

1 Conferenza tenutasi a Kobe, Hyogo, in Giappone nel gennaio 2005 in cui 168 governi hanno adottato un piano decennale per rendere il mondo più sicuro dai rischi naturali alla Conferenza mondiale sulla riduzione dei disastri. L'Hyogo Framework è un progetto globale per la riduzione del rischio di catastrofi. Il suo obiettivo era di ridurre sostanzialmente le perdite dovute a calamità entro il 2015. Il Framework offre principi guida, priorità d'azione e mezzi pratici per raggiungere la resilienza ai disastri per le comunità vulnerabili.

2 Il Sendai Framework for Disaster Risk Reduction, 2015-2030 delinea sette obiettivi chiari e quattro priorità d'azione per prevenire e ridurre i rischi di catastrofi esistenti, mira a ottenere la riduzione sostanziale del rischio di catastrofi e delle perdite in vite, mezzi di sussistenza e salute e nei beni economici, fisici, sociali, culturali e ambientali di persone, imprese, comunità e paesi dal 2015 al 2030. Il Framework è stato adottato alla terza conferenza mondiale delle Nazioni Unite sulla riduzione del rischio di catastrofi a Sendai, in Giappone, il 18 marzo 2015.

L'obiettivo è di comprendere come le strategie di resilienza possano costituire un elemento innovativo nella mitigazione del rischio.

1.1 Resilienza e rischio sismico

Resilienza: definizioni e declinazioni Il concetto di resilienza fa riferimento, sempre di più, ad un fenomeno multidimensionale e multidisciplinare. La definizione e l'interpretazione della resilienza variano in base al contesto, allo scopo, alla scala, al sistema e alla disciplina a cui si fa riferimento.

Il termine *resilienza* deriva, in prima istanza, dalla scienza dei materiali e dall'ingegneria. Esso deriva dal verbo latino *resilire*: saltare (salire) indietro (-re), ovvero rimbalzare. Rappresenta la proprietà che hanno alcuni materiali di conservare la propria struttura o di riacquistare la forma originaria dopo essere stati sottoposti ad una deformazione non eccedente i suoi limiti elastici: a partire da questo concetto, il termine in sé è stato utilizzato in diverse discipline dagli anni '70 in poi nel contesto di interazione uomo-ambiente. La definizione e il concetto di resilienza sono stati abbastanza dinamici nel tempo, infatti, già negli anni '50, il biologo e pioniere negli studi di ecologia ecosistemica Eugene P. Odum definiva la resilienza come l'«abilità di un sistema di ritornare, dopo l'episodio di disturbo, allo stato originario» (Odum, 1964), riferendosi ad un ecosistema come una comunità di organismi interagenti tra loro e con l'ambiente fisico circostante. A partire da questi primi studi, è con l'ecologo Crawford Holling che il termine inizia ad avere una certa rilevanza. Egli, già nel 1973, definisce la resilienza di un ecosistema come «la capacità di assorbire un'alterazione e mantenere le stesse relazioni che permettono di controllare il comportamento di un sistema» [*the ability to absorb change and disturbance and still maintain the same relationships that control a system behavior*] (Holling, 1973). E, di conseguenza, la stabilità di un sistema è definita come «la misura di resistenza al disturbo e la velocità di ritorno allo stato di equilibrio» [*the measure of resistance to disturbance and the speed of return to the equilibrium*]. È importante sottolineare come il concetto di resilienza e quello di stabilità siano ben diversi, per quanto strettamente correlati. Con Holling, dunque, si inizia già a delineare un concetto ben lontano dalla definizione di resistenza al cambiamento, ma si definisce un sistema in cui il cambiamento può considerarsi una potenzialità per creare nuove opportunità di sviluppo in quanto capace di recuperare una situazione simile alla precedente o diversa ma ugualmente funzionante.

Dagli anni '80, Peter Timmerman inizia a parlare di resilienza in relazione ai danni ambientali, definendola come «la misura della capacità di un sistema, o di una parte di esso, di assorbire o riprendersi dall'evento dannoso» [*the measure of a system's or a part of a system's capacity to absorb and recover from the occurrence of a hazardous event*] (Timmerman, 1981).

Già dal 1982 Douglas e Wildavsky, definiscono la resilienza per la prima volta dal punto di vista del rischio, come «la capacità di utilizzare il cambiamento per affrontare meglio l'ignoto: è apprendimento per riprendersi» (Douglas & Wildavsky, 1982).

Nel 1992 il professore di politica ambientale Stephen Dovers inizia ad applicare il termine anche ai sistemi sociali e inserisce il concetto di adattamento correlato a quello di resilienza: egli afferma, infatti, che una società che fa riferimento ad un modello di

adattamento reattivo «si avvicina al futuro modificando lo status quo e rendendo il presente resistente al cambiamento» [*approaches the future by modifying the status quo and making the present resistant to change*] (Dovers, 1992), mentre una società che ha sviluppato una capacità di adattamento proattiva «accetta l'inevitabilità del cambiamento e cerca di creare un sistema resiliente in grado di adattarsi alle nuove condizioni» [*accepts the inevitability of change and tries to create a resilient system that is able to adapt to new conditions*]. Adger, nei primi anni 2000 definisce la resilienza sociale come «capacità di gruppi o comunità di far fronte a stress e disturbi esterni come risultato di cambiamenti sociali, politici e ambientali ... capacità delle comunità di resistere a scosse esterne alla propria infrastruttura sociale» [*ability of groups or communities to cope with external stresses and disturbances as a result of social, political, and environmental change ... ability of communities to withstand external shocks to their social infrastructure*] (Adger, 2001).

Nella transizione da ecosistemi a sistemi sociali, è chiaro che ciò che distingue un sistema sociale è la capacità umana di prevedere e imparare. Dunque in questo caso la resilienza diventa non solo una propensione desiderabile per ogni sistema verso il ristabilimento dopo un danno, una catastrofe, ma anche una caratteristica che può essere acquisita sulla base delle esperienze passate e delle aspettative future.

Entrando più nel merito della nostra trattazione per quanto riguarda la resilienza urbana nelle definizioni ingegneristiche e nella gestione dei disastri, Timmerman per primo aveva già intrapreso una declinazione germinale della resilienza ingegneristica. Bruneau et al. (2003) definisce la resilienza come la capacità delle unità sociali di mitigare i rischi, contenere gli effetti di disastri quando si verificano e di svolgere attività di ripristino che riducono al minimo i disagi sociali e ne mitigano gli effetti dei futuri terremoti. Hollnagel et al. (2006) promuovono l'ingegneria della resilienza come nuovo paradigma per la sicurezza definendo la resilienza come capacità di riconoscere, adattarsi e assorbire variazioni, disturbi e interruzioni.

Dalla letteratura emerge che, nella visione ingegneristica, la resilienza urbana dipende dalla capacità di tutti i componenti fisici del sistema di assorbire i danni dovuti a uno shock esterno e di ripristinare rapidamente lo stato prima dello shock concentrandosi sul tempo di ritorno a un equilibrio globale a seguito di un'alterazione. Questo può sembrare leggermente divergente dall'approccio ecosistemico, il cui fulcro è la capacità dell'intero sistema urbano come sistema complesso di recuperare l'intero insieme di funzionalità e servizi che esistevano prima dello shock, cercando di misurare la quantità di disturbo che un sistema può assorbire prima di cambiare stato.

Appare evidente come i due approcci siano entrambi piuttosto complessi e si fatica ad attribuire una maggiore efficacia e pertinenza ad uno dei due.

Un importante traguardo può essere considerata l'interpretazione di Wilbanks (2007), che la definisce come «la capacità di una comunità o di una regione di prepararsi, rispondere e riprendersi da significative minacce multi-rischio con minimo danno alla sicurezza e salute pubblica, all'economia e alla sicurezza nazionale», definizione ripresa poi da l'Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC] (2012) che interpreta la resilienza come «la capacità di un sistema e le sue parti di anticipare, assorbire, accogliere o recuperare dagli effetti di un evento pericoloso in modo tempestivo ed efficiente, anche assicurando la conservazione, il restauro o il miglioramento delle sue strutture di base

funzioni essenziali». Nell'ultima definizione spicca l'evoluzione del concetto di resilienza, dove sia la componente temporale, sia i concetti di conservazione e restauro diventano attributi importanti nella definizione di resilienza urbana.

Volendo concludere e arrivare ad una definizione quanto più completa del termine in relazione alla presente trattazione, è inevitabile aggiungere che al giorno d'oggi il termine *resilienza* è ampiamente associato alla riduzione del rischio di catastrofi, di conseguenza alla United Nation International Strategy for Disaster Risk Reduction (UNISDR) Hyogo Framework for Action 2005-2015, che mette insieme tutte le esperienze passate e nel 2015 da una definizione più aggiornata del termine, definendola come «la capacità di un sistema, comunità o società esposta a rischi di resistere, assorbire, accogliere e recuperare dagli effetti del pericolo in modo tempestivo ed efficiente anche assicurando la conservazione, il restauro o il miglioramento delle sue strutture di base e funzioni essenziali attraverso la gestione del rischio» [*The ability of a system, community or society exposed to hazards to resist, absorb, accommodate, adapt to, transform and recover from the effects of a hazard in a timely and efficient manner, including through the preservation and restoration of its essential basic structures and functions through risk management*] (UNDRR, 2015). Con questa definizione viene introdotto il concetto di *Risk Management* come mezzo chiave e imprescindibile attraverso cui ottenere l'implementazione della resilienza in un determinato sistema.

A fronte di questa vastità dell'argomento, già a partire dalla definizione appare chiaro che l'uso eccessivo del termine "resilienza" non è di buon auspicio per la sua "operationalizzazione". Molto utile, in questo caso, come primo passo verso una maggiore chiarezza, l'operazione effettuata da Bogardi e Fekete (2018) di attribuire al termine "resilienza" alcuni "qualificatori di resilienza":

- Qualificatori di scala: resilienza personale, umana, comunitaria, urbana, rurale, nazionale ecc.
- Qualificatori di contesto: resilienza ecologica, ingegneristica, basata sul luogo, psicologica, sistematica, catastrofica ecc.
- Qualificatori di pericolo: resilienza sismica, resilienza alle inondazioni o resilienza multi-rischio.

L'uso di tali qualificatori nella terminologia potrebbe aiutare a evitare malintesi: l'uso di slogan molto generici come "città resiliente", che viene utilizzato sempre di più anche se i titoli delle conferenze non sono solo incompleti ma anche fuorvianti. Una città sismicamente resiliente potrebbe essere non resiliente alle inondazioni improvvise e viceversa.

Rischio sismico: Con il termine *rischio* si intende la probabilità che un fenomeno potenzialmente dannoso possa avvenire in un determinato luogo e in un assegnato tempo provocando un atteso valore di danno o, in altre parole, «la probabilità di gravi alterazioni del normale funzionamento di una comunità dovute a eventi fisici pericolosi che interagiscono con condizioni sociali vulnerabili, portando a effetti avversi diffusi che richiedono una risposta immediata all'emergenza per soddisfare le criticità dei bisogni umani...» [*the likelihood of severe alterations in the normal functioning of a community due to hazardous physical events*]

interacting with vulnerable social conditions, leading to widespread adverse effects that require immediate emergency response to satisfy critical human needs] (IPCC, 2012, p. 32).

Dalla metà degli anni '90 in poi, il rischio è stato calcolato principalmente come prodotto di pericolosità e vulnerabilità, ed è stato elencato come tale nei manuali delle principali organizzazioni multilaterali fino alla metà degli anni 2000. Allo stesso tempo, verso la fine degli anni '90, si è fatto strada un approccio al rischio che inizialmente considerava l'esposizione, i pericoli e la vulnerabilità e, più recentemente, la capacità, l'adattamento o la preparazione, e la definizione manuale del rischio si è evoluta di conseguenza (Fig. 1). Sebbene vi sia un consenso generale sulle determinanti del rischio, ogni fattore può essere accertato utilizzando diversi insiemi di indicatori, a seconda della metodologia scelta (Tiepolo, 2014).

Formula	Origins	Multi/bilateral organizations manuals
$R = H * V$	Blakie et al. Wisner et al. (2003)	UNDHA (1992) GTZ (2002) UN-Habitat (2004) IATF CCDRR (2005)
$R = Pr * Co$	Jones and Boer (2003)	
$R = H, V, E$	Crichton (1999) Granger et al. (1999) Turner (2003) Dilley et al. (2005)	ADRC (2005)
$R = H * V * DP$	Villagràn de León (2004)	
$R = H * V * Co$	Kaynia et al. (2008)	
$R = (H * V * Va)/P$	De La Cruz-Reyna	
$R = H + V + E - Cc$	Davidson (1997)	IADB et al. (2003)
$R = H (E + S - A)$		UN-Habitat (2010)
$R = (H * V)/C$		Un/ISDR (2002) World Bank (2009) USAID (2010)
$R = (H * V * E)/A$	Gotangco and Perz (2010)	

C=Capacity (=adaptation), Cc=Coping Capacities, Co=Consequence, DP=Deficiencies in preparedness, P=Preparedness, Pr=Probability, Va=Value threatened. Per le definizioni dei termini vedere UNISDR (2009)

Fig. 1. Diversi approcci al concetto di Rischio (Tiepolo, 2014)

In particolare, il rischio sismico (o più in generale il rischio dovuto ai disastri) è la probabilità che gli esseri umani subiscano perdite o danni al loro ambiente se sono esposti a un pericolo sismico durante un periodo di tempo specifico. La definizione di rischio sismico riflette il concetto di eventi pericolosi e di catastrofi come risultato di condizioni di rischio continuamente presenti. Il rischio di catastrofi comprende diversi tipi di perdite potenziali spesso difficili da quantificare. Tuttavia, con la conoscenza dei rischi prevalenti e dei modelli di sviluppo demografico e socioeconomico, i rischi di catastrofi possono essere valutati e mappati, almeno in termini generali (UNDRR, 2015).

La valutazione del rischio sismico è strettamente connessa con la valutazione delle perdite dovute al sisma, definite come: (i) perdite economiche dirette associate alla riparazione del danno all'interno di una struttura; (ii) perdite dirette associate a infortuni e vittime; (iii) perdite indirette associate alla perdita di reddito dovuta all'interruzione dell'attività.

Generalmente, l'analisi della perdita sismica è importante per il processo decisionale.

In generale, il rischio sismico può essere espresso qualitativamente come:

$$\text{Rischio sismico} = \text{pericolo sismico} \times \text{vulnerabilità} \times \text{esposizione}$$

La pericolosità sismica è la probabilità che si verifichi un terremoto in una data area, entro un dato periodo di tempo, e con un'intensità di movimento del suolo superiore a una determinata soglia.

La vulnerabilità sismica si riferisce generalmente alla probabilità di un danno al verificarsi di un pericolo. Generalmente la presenza di persone, mezzi di sussistenza, specie o ecosistemi, funzioni ambientali, servizi e risorse, infrastrutture è indicata come esposizione che è una sorta di "fattore di scala" del problema della vulnerabilità.

Nei seguenti sotto paragrafi verranno analizzate le componenti del rischio in maniera più approfondita.

1.1.1 Pericolosità

La comprensione dei pericoli e dei relativi impatti nei disastri si è evoluta nel tempo dalla Strategia di Yokohama per un mondo più sicuro e dal Hyogo Framework 2005–2015 (UNISDR, 2005), come dimostrato dall'approccio più completo articolato nel Sendai Framework per la riduzione del rischio di catastrofi 2015–2030 (UNDRR, 2015). Questa evoluzione si è concentrata sulla portata dei pericoli, con il Sendai Framework che identifica un insieme più ampio di pericoli che copre «i rischi naturali o causati dall'uomo, nonché i relativi pericoli e rischi ambientali, tecnologici e biologici» (Sendai Framework, §15).

Il concetto di pericolo, in tempi più recenti, è stato ampliato: nello specifico la United Nation General Assembly (UNGA) lo definisce come "un processo, fenomeno o attività umana che può causare la morte, lesioni o altri impatti sulla salute, danni materiali, e perturbazioni economiche o degrado ambientale" [*A process, phenomenon or human activity that may cause loss of life, injury or other health impacts, property damage, social and economic disruption or environmental degradation.*] (UNGA, 2016, 2017). Storicamente, c'era la tendenza ad associare il termine "pericoli" ai "fenomeni naturali", spesso con un impatto improvviso o acuto. La definizione dell'UNGA, tuttavia, riflette l'evoluzione nel corso di diversi decenni del campo della riduzione del rischio di catastrofi verso un ambito più ampio di pericoli che portano a eventi con effetti sia di breve che di lunga durata. Questa visione più ampia si riflette nel Sendai Framework for Disaster Risk Reduction (2015-2030) e nella politica e nella pratica di varie scienze, settori e organizzazioni coinvolte nella gestione del rischio di catastrofi (UNDRR - Hazard definition and classification review, 2020).

Occorre specificare, inoltre, che c'è una distinzione tra un pericolo e un evento pericoloso. Mentre un pericolo «può causare la morte, lesioni o altri impatti sulla salute, danni alla proprietà, disagi sociali ed economici o degrado ambientale», un evento pericoloso è la

«manifestazione di un pericolo in un luogo particolare durante un particolare periodo di tempo» (UNGA, 2016). La caratterizzazione di un evento pericoloso varia da un tipo di pericolo all'altro e può verificarsi senza conseguenze (ad esempio un terremoto di magnitudo 9 che si verifica in un deserto dove nessuno vive).

I pericoli possono essere di origine naturale, antropogenica o socionaturale. I pericoli naturali sono prevalentemente associati a processi e fenomeni naturali. I pericoli antropogenici, o indotti dall'uomo, sono indotti interamente o prevalentemente dalle attività e dalle scelte umane. Questo termine non include il verificarsi o il rischio di conflitti armati e altre situazioni di instabilità o tensione sociale soggette al diritto internazionale umanitario e alla legislazione nazionale. Diversi rischi sono socionaturali, in quanto sono associati a una combinazione di fattori naturali e antropogenici, tra cui il degrado ambientale e il cambiamento climatico.

I pericoli possono essere singoli, sequenziali o combinati per origine ed effetti. Ogni pericolo è caratterizzato dalla sua posizione, intensità o magnitudo, frequenza e probabilità. Sono stati classificati diversi tipi di pericolo, sebbene l'attuale definizione abbia allargato notevolmente il concetto e la lista dei potenziali pericoli sia sempre in aggiornamento, possono essere classificati come segue (UNISDR - Hazard definition and classification review, 2020):

- **Metereological and hydrological hazards**

I rischi idrometeorologici sono di origine atmosferica, idrologica o oceanografica. Esempi sono i cicloni tropicali (noti anche come tifoni e uragani); inondazioni, comprese le inondazioni improvvise; siccità; ondate di caldo e ondate di freddo; mareggiate costiere. Le condizioni idrometeorologiche possono anche essere un fattore di altri rischi come frane, incendi boschivi, invasione di locuste, epidemie e nel trasporto e dispersione di sostanze tossiche e materiale di eruzione vulcanica.

- **Extraterrestrial hazards**

I rischi extraterrestri sono quelli che hanno origine al di fuori della Terra, come impatti di asteroidi e meteoriti o brillamenti solari.

- **Geohazards**

I rischi geologici o geofisici hanno origine dai processi interni della terra. Esempi sono terremoti, attività ed emissioni vulcaniche e relativi processi geofisici come movimenti di massa, smottamenti, crolli superficiali e detriti o colate di fango. I fattori idrometeorologici contribuiscono in modo importante ad alcuni di questi processi. Gli tsunami sono difficili da classificare: sebbene siano innescati da terremoti sottomarini e altri eventi geologici, diventano essenzialmente un processo oceanico che si manifesta come un pericolo legato all'acqua costiera.

- **Environmental hazards**

I rischi ambientali possono includere rischi chimici, naturali e biologici. Possono essere creati dal degrado ambientale o dall'inquinamento fisico o chimico nell'aria, nell'acqua e nel suolo. Tuttavia, molti dei processi e dei fenomeni che rientrano in questa categoria possono essere definiti fattori di pericolo e rischio piuttosto che rischi in sé, come il degrado del suolo, la deforestazione, la perdita di biodiversità, la salinizzazione e l'innalzamento del livello del mare.

- **Chemical hazards**

L'uso di sostanze chimiche è aumentato notevolmente in molti settori, tra cui industria, agricoltura e trasporti, con le persone esposte a sostanze chimiche sia di origine naturale che umana nel campo ambientale e tecnologico.

- **Biological hazards**

I rischi biologici sono di origine organica o veicolati da vettori biologici, inclusi microrganismi patogeni, tossine e sostanze bioattive. Esempi sono batteri, virus o parassiti, così come fauna e insetti velenosi, piante velenose e zanzare che trasportano agenti patogeni.

- **Technological hazards**

I rischi tecnologici derivano da condizioni tecnologiche o industriali, procedure pericolose, guasti infrastrutturali o attività umane specifiche. Gli esempi includono l'inquinamento industriale, le radiazioni nucleari, i rifiuti tossici, i guasti alle dighe, gli incidenti di trasporto, le esplosioni di fabbriche, gli incendi e le fuoriuscite di sostanze chimiche. I rischi tecnologici possono anche derivare direttamente dagli impatti di un evento di pericolo naturale.

- **Societal hazards**

I rischi per la società sono causati interamente o prevalentemente dalle attività e dalle scelte umane e possono potenzialmente mettere in pericolo le popolazioni e gli ambienti esposti. Derivano dall'attività socio-politica, economica, dall'attività culturale e dalla mobilità umana e dall'uso della tecnologia, ma anche dal comportamento della società, intenzionale o non intenzionale.

In Figura 2 è riportata la distribuzione delle tipologie di pericolo riportata nel 2019.

Hazard Category	Number reported
Biological hazards	34
Environmental hazards	13
Geological or geophysical hazards	44
Hydrometeorological hazards	120
Tecnological hazards	79
Societal and other uncategorized hazards	28
Total	318

Fig. 2. Distribuzione delle tipologie di pericolo riportata dagli stati nel 2019 nel Sendai Framework Monitor secondo OIEWG (Open-ended Intergovernmental Expert Working Group) (UNGA, 2016: p. 19)

Un disastro è un evento pericoloso che si verifica in un arco di tempo limitato in una determinata zona. I criteri per poter definire un disastro naturale sono (1) dieci o più morti accertate, (2) 100 o più persone colpite, (3) la dichiarazione dello stato di emergenza e (4) l'attivazione di aiuti internazionali. Se uno qualsiasi di questi parametri è applicabile, un evento pericoloso viene considerato un disastro. I disastri hanno principalmente due cause: la prima è l'evento naturale stesso, la seconda invece include le caratteristiche degli elementi a rischio, ovvero vulnerabilità ed esposizione.

Quando si parla di catastrofe, invece, intendiamo un enorme disastro che richiede un notevole dispendio di denaro e molto tempo (spesso anni) per il recupero [a catastrophe is a massive disaster that requires significant expenditure of money and a long time (often

years) to recover] (Keller, De Vecchio, 2014). Una catastrofe è, dunque, un evento raro non reversibile che colpisce aree geografiche vaste e i cui effetti possono protrarsi per molto tempo.

Tra le tipologie di pericolo precedentemente descritte, i pericoli naturali, come terremoti, frane, inondazioni e incendi sono i principali tipi di pericoli che comportano un numero elevato di vittime, danno e perdita di beni. Inoltre, questi pericoli influiscono in modo significativo sulla comunità sociale, sulle infrastrutture e sul territorio. Il pericolo naturale è un processo naturale e un evento che rappresenta una potenziale minaccia per la vita umana e la proprietà. Il processo e gli eventi stessi non sono un pericolo, ma lo diventano a causa dell'uso umano della terra. (Keller, De Vecchio. 2014).

I cinque concetti descritti di seguito sono fondamentali per un comprensione dei rischi naturali (Keller, De Vecchio. 2014):

1. I pericoli sono prevedibili dalla valutazione scientifica.

Rischi naturali, come i terremoti, le eruzioni vulcaniche, le frane e le inondazioni sono processi naturali che possono essere identificati e studiati utilizzando il metodo scientifico. La maggior parte degli eventi e dei processi pericolosi e la loro attività futura prevista possono essere monitorati e mappati, sulla base della frequenza degli eventi passati, dei modelli e del tipo di evento già avvenuto.

2. L'analisi del rischio è una componente importante per la comprensione degli effetti del pericolo.

3. Esistono collegamenti tra diversi rischi naturali così come tra i pericoli e l'ambiente fisico. I processi pericolosi sono collegati in molti modi. Per esempio, i terremoti possono produrre frane e tsunami.

4. Eventi pericolosi che hanno prodotto in precedenza i disastri stanno ora producendo catastrofi: l'entità, o la dimensione, di un evento pericoloso nonché la sua frequenza, o la frequenza con cui si verifica, può essere influenzata dall'attività umana. Come risultato dell'aumento della popolazione umana e delle cattive pratiche di uso del suolo, eventi che generalmente causavano disastri ora sono spesso causa di catastrofi.

5. Le conseguenze dei pericoli possono essere ridotte al minimo: ridurre al minimo le potenziali conseguenze negative e gli effetti dei rischi naturali richiede un approccio integrato che include la comprensione scientifica, l'uso del suolo, pianificazione e regolamentazione, ingegneria e preparazione alle catastrofi nell'ottica di prevenzione.

Pericolo sismico Dopo una trattazione generale sui pericoli e sugli eventi pericolosi, è necessario concentrarsi più nello specifico sulla tipologia di pericolo trattata nella presente tesi:
vs
Rischio Sismico il pericolo sismico (seismic hazard). Esso racchiude in sé una serie di fenomeni naturali tra cui scuotimento del suolo, rotture di faglia o liquefazione del terreno generato da un terremoto. Il rischio sismico è la probabilità che l'uomo, beni materiali e immateriali vengano danneggiati nell'ambiente una volta esposti al fenomeno sismico: un elevato grado di pericolo sismico non necessariamente significa un alto livello di rischio sismico e viceversa. Infatti, non c'è rischio se non vi è esposizione o vulnerabilità, anche se l'area presenta alti livelli di pericolo. Ne consegue che non è possibile ridurre il pericolo sismico,

in quanto è caratteristica intrinseca nella località, ma è sempre possibile, attraverso strategie di mitigazione e prevenzione, ridurre il rischio sismico. Ne consegue che i danni a persone e beni materiali, anche per sismi di moderata intensità, possono risultare consistenti in base alle zone nelle quali avvengono. Questo aspetto verrà approfondito nei capitoli successivi in relazione alla fragilità dei centri storici marchigiani.

Come fenomeno naturale, il pericolo sismico è valutabile grazie a osservazioni strumentali e indagini storiche e geologiche, ed è quantificabile attraverso parametri come: probabilità, livello di severità, misurazione spaziale e misurazione temporale.

Attualmente, per misurare, anche se in modo indiretto, l'energia meccanica totale sprigionata da un evento sismico all'ipocentro, basandosi sull'ampiezza delle onde sismiche registrate dai sismografi in superficie, si utilizza la magnitudo e il momento magnitudo. Per il calcolo dell'intensità e dei danni associati al sisma, invece, esistono molte metriche, come la scala qualitativa Mercalli: le 12 categorie nelle quali è suddivisa contengono una descrizione generale degli effetti sulle persone e sui manufatti. Attualmente si utilizza anche la scala Mercalli modificata, sviluppata dalla U.S. Geological Survey (USGS) che permette di associare l'intensità locale del terremoto con grandezze fisiche misurabili localmente come la PGA (Accelerazione di picco al suolo) o la PGV (velocità di picco al suolo), e scale simili come la La scala Medvedev-Sponheuer-Kárník (MSK) o la scala europea di macrointensità (EMS-98) (Grünthal, 1998) che descrivono la gravità di un terremoto in termini di effetti sulla superficie terrestre, sulle infrastrutture e sulla popolazione (USGS), la mappa globale della pericolosità sismica e rischio prodotti dalla Global Earthquake Model Foundation (GEM, 2018) e ShakeMap, sviluppato dalla U.S. Geological Survey (USGS, no date).

1.1.2 Vulnerabilità

La vulnerabilità è una caratteristica di oggetti, individui o gruppi di essi che sono presenti in uno spazio naturale, sociale ed economico all'interno del quale vivono in relazione agli altri elementi e alle loro peculiarità intrinseche.

Timmerman già nel 1981 la definiva come «il grado in cui un sistema agisce negativamente al verificarsi di un evento pericoloso. Il grado e la qualità della reazione avversa sono condizionati dalla resilienza del sistema» [*Vulnerability is the degree to which a system acts adversely to the occurrence of a hazardous event. The degree and quality of adverse reaction are conditioned by a system resilience*] (Timmerman, 1981).

È interessante vedere come nel corso degli anni e a seconda del campo di applicazione la definizione del termine si sia evoluta ed ampliata.

Mentre la vulnerabilità è un concetto chiave sia per il rischio di catastrofi che per il clima, il termine è impiegato in numerosi altri contesti, ad esempio per riferirsi a fragilità epidemiologiche e psicologiche, alla suscettibilità degli ecosistemi, o a fattori di stress naturali ed economici. Si riportano di seguito gli esempi presenti in letteratura ritenuti più pertinenti alla presente trattazione:

- Watts e Bohle (1993) definiscono la vulnerabilità in termini di esposizione, capacità e potenzialità. La risposta è ridurre l'esposizione, migliorare la capacità di risposta, rafforzare la capacità di recupero e rafforzare il controllo dei danni attraverso mezzi

pubblici e privati [*Vulnerability is defined in terms of exposure, capacity and potentiality. The response is to reduce exposure, enhance coping capacity, strengthen recovery potential and bolster damage control via private and public means*].

- Alexander (1993) parla, invece, di vulnerabilità dell'uomo interpretata come funzione dei costi e benefici dell'abitare aree a rischio di calamità naturali [*humans vulnerability is function of the costs and benefits of inhabiting areas at risk from natural disaster*].
- Blaikie et al. (1994) continuano a definire la vulnerabilità in relazione all'uomo come le caratteristiche di una persona o di un gruppo in termini di capacità di anticipare, far fronte, resistere e riprendersi dall'impatto di un pericolo naturale. Implica una combinazione di fattori che determinano il grado in cui la vita e il sostentamento di qualcuno sono messi a rischio da un evento discreto e identificabile nella natura o nella società [*The characteristics of a person or a group in terms of their capacity to anticipate, cope with, resist and recover from the impact of a natural hazard. It involves a combination of factors that determine the degree to which someone's life and livelihood are put at risk by a discrete and identifiable event in nature or society*].
- Per Weichselgartner (2001) la vulnerabilità è una condizione di una determinata area rispetto a pericolo, esposizione, preparazione, prevenzione e risposta caratteristica per far fronte a specifici pericoli naturali [*Vulnerability is a condition of a given area with respect to hazard, exposure, preparedness, prevention, and response characteristic to cope with specific natural hazard*].

È interessante notare come «la resilienza e i paradigmi della vulnerabilità sono fin qui ancora bloccati insieme e sempre più trattati come se fossero la stessa cosa» (Manyena et al., 2019) tuttavia non dovrebbe essere così. Naturalmente, il presupposto generale è che una minore vulnerabilità è solitamente seguita da un recupero molto probabilmente più rapido.

Dagli anni 2000 in poi la definizione di vulnerabilità tende a dissociarsi dalla stessa definizione di resilienza:

- Turner et al. (2002) sostiene che «la vulnerabilità è il grado in cui è probabile che una persona, un sistema o un'unità subisca danni a causa dell'esposizione a perturbazioni o stress » [*Vulnerability are the degree to which a person, system or unit is likely to experience harm due to exposure to perturbation or stresses*].
- Secondo l'IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change (2012) «la vulnerabilità si riferisce alla propensione di elementi esposti come esseri umani, i loro mezzi di sussistenza e beni a subire effetti negativi quando colpiti da eventi pericolosi.»
- Secondo UNDRR (2015) «le condizioni determinate da fattori o processi fisici, sociali, economici e ambientali che aumentano la suscettibilità di un individuo, una comunità, beni o sistemi agli impatti dei pericoli» [*The conditions determined by physical, social, economic and environmental factors or processes which increase the susceptibility of an individual, a community, assets or systems to the impacts of hazards*].

Resilienza e vulnerabilità, sebbene diverse e spesso giustapposte, condividono alcune caratteristiche importanti. Nessuno dei due è assoluto. Piuttosto, un sistema (essere umano/i, infrastrutture, economia, ecc.) è vulnerabile a un certo pericolo (in caso di

calamità) o altri tipi di impatti. Allo stesso modo, la resilienza può solo essere visualizzata se il trigger viene contestualizzato. Quindi un sistema non è resiliente per se, ma resistente a qualcosa (Carpenter et al., 2001). Sia la vulnerabilità che la resilienza diventano “attive” una volta che il sistema è esposto al pericolo particolare (trigger o impatto).

1.1.3 Esposizione

Come già accennato nel paragrafo 1.1 l’esposizione è uno dei fattori che influenzano il rischio alle catastrofi naturali, già nel 2007 veniva definito come un elemento necessario, ma non sufficiente a determinare il rischio (Lerner-Lam, 2007)

L’UNISDR nel 2009, definiva l’esposizione come «persone, proprietà, impianti o altri elementi presenti nelle zone pericolose che sono quindi soggetti a potenziali perdite» (UNISDR, 2009)

Nel 2010 Gasper definiva l’esposizione come «la presenza di persone, mezzi di sussistenza, fonti ambientali, infrastrutture e attività (economiche, sociali e culturali) in luoghi che potrebbero essere negativamente influenzati da eventi fisici e quindi soggetti a potenziali danni o perdite future» (Gasper, 2010)

Con il termine esposizione, dunque, si intende «la quantità e la qualità dei diversi elementi antropici (popolazione, edificato, rete delle infrastrutture, elementi dell’ambiente) che compongono una realtà territoriale e le cui condizioni e il funzionamento possono essere danneggiati, alterati o distrutti da pericoli naturali» (UNDRR, 2015; IPCC, 2012). Valutare l’esposizione significa, quindi, stimare la rilevanza qualitativa e quantitativa di beni presenti in un ambito con una data pericolosità, dove per quantità si intende il numero di beni immobili, persone o attività esposte, mentre per qualità si fa riferimento ad aspetti “funzionali/strategici” o anche formali, rappresentativi delle relazioni tra gli elementi fisici esposti e i sistemi territoriali di cui fanno parte.

Il concetto di esposizione è generalmente analizzato e valutato in base alla:

- dimensione fisica, relativa alla quantità di beni immobili o di persone esposte nel territorio;
- dimensione funzionale, relativa al ruolo funzionale (strategico, economico o storico-culturale) degli elementi fisici esposti nel territorio.

Bisognerebbe però aggiungere un altro fattore in relazione al tema dei centri storici e del patrimonio culturale:

- dimensione formale, ovvero relativa al ruolo sociale ed emotivo che la popolazione (quindi la dimensione fisica) ha rispetto ai luoghi e alle funzioni (dimensione funzionale).

Dato che l’estensione dei territori a rischio e il numero di elementi esposti da analizzare sono elevati, diventa fondamentale la definizione di un metodo generale a carattere sistematico che, utilizzando parametri, categorie e criteri coerenti con gli obiettivi e con la valutazione del rischio, consenta, in maniera spedita, di sintetizzare le operazioni analitiche da compiere per la formulazione di una valutazione sullo stato di fatto relativo all’esposizione al rischio di un territorio e dei suoi elementi. Se per la dimensione fisica dell’esposizione è possibile facilmente identificare i principali fattori, per la dimensione

funzionale e formale ciò non è possibile: per comprendere il ruolo funzionale degli elementi esposti è necessario che venga considerato, analizzato e studiato il territorio stesso, la sua struttura e l'evoluzione nel tempo delle relazioni che sussistono tra gli elementi.

1.2 Resilienza e Disaster Risk Management (DRM)

Il concetto di resilienza in tutte le sue molteplici declinazioni è imprescindibile dall'approccio al Disaster Risk Management (DRM), ovvero la gestione del rischio di catastrofi intesa come "il processo sistematico di utilizzo di decisioni amministrative, organizzazione, capacità operative, capacità di attuare politiche, strategie e capacità di recupero della società e comunità per ridurre gli impatti dei rischi naturali e dei relativi disastri ambientali e tecnologici" (UNDRR, 2015).

A tal proposito il 2015 ha segnato la fine e l'inizio di importanti percorsi internazionali che hanno determinato le azioni volte alla riduzione dei disastri naturali e lo sviluppo sostenibile, in particolar modo la *Third World Conference on Disaster Risk Reduction* in cui è stato stabilito il già più volte nominato Sendai Framework for Disaster Risk Reduction (2015-2030) che si pone l'obiettivo di delineare linee guida per costruire Nazioni e Comunità resilienti ad eventi disastrosi (ambientali e umani).

Le priorità definite sono:

- aumentare la comprensione dei rischi
- migliorare la governance nella gestione dei disastri
- aumentare la responsabilità nel management dei disastri
- aumentare la preparazione per un "Building Back Better"
- individuare gli stakeholder e definire ruoli e competenze
- incentivare la sensibilizzazione al rischio evitando di crearne di nuovi
- aumentare la resilienza delle infrastrutture sociali
- rafforzare la cooperazione internazionale

Appare evidente come la prerogativa del Framework sia quella di implementare la DRM come metodologia efficace all'ottenimento della resilienza.

La letteratura esistente mostra che il tradizionale ciclo di gestione dei disastri o quello che è anche noto come Disaster Risk Cycle (DRC) consiste in quattro fasi principali: preparazione, mitigazione, risposta e recupero. Ciascuno è associato a più procedure e piani di azione, che a loro volta variano tra le diverse organizzazioni, agenzie per i disastri e riferimenti accademici. Ad esempio, Pheng et al. (2006) ha sostenuto che il ciclo di gestione dei disastri comprende procedure di emergenza, soccorso, recupero e ricostruzione. Khorram-Manesh (2017) ha affermato che il ciclo e la gestione dei disastri includono procedure di mitigazione dei danni, preparazione, soccorso, riabilitazione e ricostruzione. Inoltre, in molti casi, le persone in tutto il mondo fanno ancora affidamento principalmente sul personale di emergenza, autorità locali e agenzie di gestione dei disastri durante il verificarsi di un incidente grave.

Nelle trattazioni più recenti il DRC ha ricevuto molte critiche perché propende verso

una schematizzazione ciclica dei disastri che si ripetono in modi simili, discostandosi dalla natura in continua evoluzione della realtà e inoltre non dovrebbe suggerire normativamente di tornare allo stato precedente delle conoscenze o anche ricostruire dopo un'inondazione nello stesso luogo con lo stesso materiale ecc. Tuttavia, l'idea del ciclo del disastro è ancora molto applicata nella pratica ed è anche utile per descrivere la differenza concettuale tra le fasi prima, durante e dopo un disastro indotte da un pericolo. Pertanto, per ragioni di chiarezza argomentativa, verrà utilizzata una rappresentazione semplificata di un percorso di processo idealizzato prima, durante e dopo l'impatto di un pericolo o di una minaccia:

1. Prima del disastro (pre-disastro)

Attività pre-disastro, ovvero quelle che sono necessarie per ridurre le perdite causate da un potenziale pericolo. Ad esempio, fare campagne di sensibilizzazione, rafforzare le strutture deboli esistenti, preparare i piani di gestione delle emergenze ecc. Tali misure di riduzione del rischio adottate in questa fase sono definite come attività di mitigazione e preparazione.

2. Durante un disastro

Questa fase include tutte le azioni poste a garantire che le necessità delle persone coinvolte siano soddisfatte e le conseguenze ridotte al minimo. Le attività svolte in questa fase sono chiamate risposta e prima emergenza.

3. Dopo il disastro (post-disastro)

Questa fase coinvolge tutte le misure attuate subito dopo un disastro con lo scopo di raggiungere il recupero e la riabilitazione delle comunità colpite in maniera efficiente. Queste attività sono chiamate risposta e recupero.

1.3 Cultural Heritage e Disaster Risk Management (DRM)

Mentre il DRM cerca di massimizzare la sicurezza attraverso il miglioramento della performance strutturale e non strutturale, la conservazione del patrimonio mira a mantenere un equilibrio tra sicurezza e valore. I principi di conservazione del patrimonio, come «modifiche minime ai tessuti ed usi significativi» [*minimal changes to significant fabric and use*] nel Burra Charter (Australia ICOMOS, 2000), svolgono un ruolo fondamentale nella formulazione di adeguate strategie di mitigazione dei disastri per mantenere un equilibrio tra stabilità strutturale e valori del patrimonio. L'individuazione di una metodologia per valutare la perdita di valore, che richiede un'analisi multirischio qualitativa e sistematica in un sistema basato sul valore, è ancora estremamente complesso (Ravankhah e Schmidt, 2014). Questo è particolarmente vero per il patrimonio storico, per i quali la perdita di valore dovrebbe essere adeguatamente stimata nell'ambito delle procedure di valutazione del rischio. In una visione più olistica, la resilienza del patrimonio dovrebbe essere collegata a due diversi strumenti di valutazione del rischio di catastrofi e valutazione dell'impatto sul patrimonio.

Con rispetto all'attuazione delle politiche di DRM in ambienti storici, ad esempio, potrebbero emergere nuove sfide che richiedono la mitigazione dei potenziali effetti delle misure strutturali per la riduzione del rischio sui beni culturali. Tali analisi dovrebbero essere considerate in precedenza nella procedura di pianificazione, attraverso la valutazione del rischio multiplo e ponderare le strategie di riduzione del rischio e di protezione del patrimonio attraverso un processo decisionale multicriterio.

All'interno della riabilitazione e del recupero post-disastro, c'è un'opportunità unica per la trasformazione e l'ammodernamento, ma ci si aspetta che le proprietà del patrimonio vengano preservate con modifiche minime al fine di conservarne i valori e l'autenticità.

Misure reattive tempestive ed efficaci nella gestione delle emergenze non sono sufficienti per la salvaguardia dell'ambiente costruito; è fondamentale affrontare i rischi e minacce in modo proattivo, con il coinvolgimento di un'ampia gamma di parti interessate, e a garantire l'interazione tra di loro (Chmutina et al., 2014). Inoltre, la cooperazione multi-stakeholder, se non pianificata adeguatamente in anticipo, può comportare un ritardo del processo di recupero dovuto a potenziali conflitti di percezioni, aspettative e capacità dei settori coinvolti nel processo (Aysan e Davis, 1993).

Per garantire che il patrimonio culturale sia considerato adeguatamente nella pianificazione della resilienza ai disastri, è necessaria la presenza di sensibilità e consapevolezza dei valori del patrimonio tra le parti interessate coinvolte nel DRM.

Alla luce di quanto detto in questo capitolo, la coesistenza tra il concetto di Resilienza, in tutte le sue declinazioni, e la sua applicazione al patrimonio storico non è del tutto impossibile, tuttavia la complessità che ne deriva richiede lo sviluppo di attente considerazioni ed una adeguata conoscenza del patrimonio storico.

2 I centri storici

44	2.1	L'importanza della conoscenza nell'ambito dell'edilizia storica
48	2.1.1	Morfologia urbana e caratteri tipologici dell'edilizia storica
51	2.1.2	Aggregati edilizi ed edilizia di base
54	2.2	I centri storici delle aree interne delle Marche meridionali
58	2.2.1	Storia sismica locale
60	2.2.2	Il terremoto del centro Italia 2016/2017 e la gestione dell'emergenza
61	2.2.3	Contesto territoriale e socio-economico

2 I centri storici

Il costruito dei centri storici rappresenta da sempre la testimonianza di secoli di civiltà e cultura che sono evolute e mutate nel tempo in quanto risposta delle esigenze abitative che negli anni si sono presentate. La loro attuale morfologia e configurazione risultano da processi di aggregazione secolari, dalla saturazione degli spazi e adattamento al territorio, i quali hanno lentamente influenzato l'architettura tradizionale e la struttura della comunità.

Il centro storico, inoltre, rappresenta il punto di riferimento di un territorio costituendo di per se un bene dal valore unico in cui le attività economiche e le espressioni sociali della comunità sono concentrate. È una grande risorsa grazie al suo ruolo nel valorizzare l'identità del luogo, la memoria e l'appartenenza, determinando un forte richiamo, tale da rivestire un ruolo importante nell'economia di un territorio.

L'Italia è un paese fortemente sismico, una terra in cui i terremoti che si sono continuamente succeduti ne hanno determinato l'evoluzione, all'interno del quale il patrimonio architettonico si è stratificato ed accumulato nel corso dei secoli. In questo contesto il valore della memoria e lo studio della storia, risultano imprescindibili per garantire l'appropriata conoscenza e conservazione delle città e del territorio che le circonda. Per conservarne al massimo l'identità culturale, è necessario salvaguardare e recuperare i centri storici con le loro caratteristiche identitarie e con le loro funzioni storicamente acquisite nel pieno rispetto dei manufatti, e l'unico modo è quello di acquisire una profonda conoscenza della storia ed evoluzione della capacità di risposta al disastro.

A dimostrazione della precaria condizione in cui si trova il patrimonio architettonico italiano, è sufficiente pensare che negli ultimi quattro secoli nel paese si sono verificati in media un evento sismico ogni due anni e mezzo, dei quali più di 170 sono gli eventi con intensità epicentrale uguale o maggiore al grado VIII MCS, il cui livello di danno implica distruzioni estese, con crolli diffusi e inagibilità di quasi la metà delle case (Guidoboni, 2009).

Le ricostruzioni di interi abitati sono state molte centinaia ed hanno caratterizzato una fase molto delicata della storia delle città, soprattutto per gli aspetti sociali ed economici. Le decisioni che sono state prese subito dopo le catastrofi sismiche hanno determinato la ricostruzione o l'abbandono di porzioni o addirittura di intere città; le conseguenze di tali scelte sono rimaste nel paesaggio, nel patrimonio edilizio storico e nella forma delle reti abitative.

In questo capitolo si affronteranno le caratteristiche e le peculiarità riguardanti i centri storici, con particolare attenzione a quelli dell'entroterra marchigiano, andando a definire quali sono state le conseguenze dei sismi che negli anni hanno colpito e indebolito questi territori sia dal punto di vista strutturale che sociale. In particolar modo le cause e le conseguenze del sisma che ha colpito il centro Italia nel 2016-2017.

Dopo una prima analisi sulla definizione di centro storico, si descriveranno le caratteristiche intrinseche dello stesso, passando brevemente in rassegna le caratteristiche aggregative e morfologiche, infine, con riferimento all'area di studio, si restituirà un quadro generale della storia sismica locale, del contesto socio-economico e degli ultimi sismi, con l'obiettivo di fornire un quadro quanto più generale dello stato attuale delle cose.

2.1 L'importanza della conoscenza nell'ambito dell'edilizia storica

Definizione di Centro Storico Proporre una definizione di centro storico è oggi un'operazione piuttosto complessa in quanto racchiude in sé riferimenti molteplici per cui si tende a rinunciare ad una definizione singola: la difficoltà è generata dalla consapevolezza che non si può «identificare e comporre una categoria concettuale unitaria [...] in cui far rientrare i vari tipi di agglomerati urbani di antica edificazione e/o di elementi interni di essi, dei quali il nostro paese presenta una fenomenologia particolarmente ricca» (D'Alessio, 1983: p. 6). In questo paragrafo si porrà la luce su alcune definizioni di centro storico per cercare di apprendere meglio la complessità del tema per poi metterlo in relazione con il concetto di resilienza trattato nel capitolo precedente.

Si tenterà, dunque, di dare, nell'ambito dei centri storici, una definizione che ci consenta di affrontare con più chiarezza possibile la complessità dell'argomento senza tralasciare tutti gli elementi e le discipline di cui è importante tener conto al riguardo, e, in particolar modo di come sia necessaria una conoscenza quanto più approfondita del singolo centro storico per definire le sue capacità di resilienza.

Il concetto attuale di centro storico è frutto di una evoluzione negli anni: partendo dalla realtà urbanistico-architettonica si è man mano allargato fino ad includere anche aspetti

economici e sociali.

Nel campo dell'urbanistica il concetto di centro storico si inizia a delineare nella seconda metà dell'Ottocento, e si assiste in genere alla presenza di due tendenze: una che li colloca all'interno dell'ambito dei beni culturali, l'altra nella questione della gestione del territorio, dando vita ad una presunta dicotomia che però si ritrova ad essere due facce della stessa medaglia.

Storicamente, il dibattito sui centri storici inizia ad essere un tema importante quando in occasione del Convegno di Gubbio, organizzato dall'I.N.U. nel 1960 sul tema "Salvaguardia e risanamento dei centri storico – artistici", iniziò finalmente a nascere, in ritardo rispetto ad altri paesi europei, una nuova attenzione verso l'oggetto.

Pur non essendo presente nella Carta di Gubbio (contenente i lavori, le proposte e le conclusioni del convegno), una definizione ufficiale di centro storico, si afferma sin dalla relazione introduttiva, tenuta da Cederna e Manieri Elia, che la tutela e la salvaguardia debbano essere estese a «tutta la città storica, tutto l'insieme della sua struttura urbanistica, quale si è venuta lentamente componendo nei secoli».

Il Convegno generò senza dubbio una svolta culturale tanto che nel 1964 la Commissione d'indagine per la tutela e la valorizzazione del patrimonio storico, artistico e del paesaggio (detta Commissione Franceschini), definisce i centri storici urbani come «quelle strutture insediative urbane che costituiscono unità culturale o la parte originaria e autentica di insediamenti, e testimoniano i caratteri di una viva cultura urbana». Il centro storico viene per la prima volta inquadrato e classificato fra i beni culturali e vengono date indicazioni sulla loro tutela che si dovrà attuare mediante misure cautelari ed attraverso i piani regolatori che «dovranno avere riguardo ai centri medesimi nella loro interezza» ed allo stesso tempo rivitalizzarli «garantendo loro ragioni di vita economica e sociale, che consentano lo svolgimento di una vita associata non depressa».

Risale, invece al 1969 la definizione fornita dal Dizionario Enciclopedico di Architettura e Urbanistica che definisce il centro storico come «Nucleo di una città che costituisca per caratteristiche formali, tipologiche e urbanistiche un complesso legato a particolari momenti storici. A volte il concetto di centro storico è esteso all'intera città, quando esso rappresenta una testimonianza viva di altre epoche. Il termine è stato diffuso dalla più recente legislazione urbanistica, la quale si è occupata del problema della conservazione, risanamento e valorizzazione del centro storico». I centri storici «possono essere unitari o frammentari, completamente o parzialmente frammentari, completamente o parzialmente conservati nella loro originaria strutturazione; la loro delimitazione topografica...dovrà comprendere l'intera struttura urbana, quando si tratti di insediamenti in cui la struttura storica sia prevalente, anche quando questa abbia subito nel tempo pesanti deformazioni che hanno rotto la continuità del territorio storico...possono rientrare nella tutela dei centri storici anche costruzioni relativamente recenti (sec. XIX) o addirittura moderne, se ritenute documenti decisivi ed unici nella storia dell'architettura» definizione in cui si apprezza in particolare il rispetto per le diverse stratificazioni ed il riferimento all'estrema varietà tipologica.

Le difficoltà nel comprendere e definire il concetto vengono anche generate dall'abusato uso dello stesso termine, utilizzato per indicare realtà totalmente diverse per dimensione,

attività, patrimoni edilizi, concentrazione di popolazione, aventi in comune solo il loro essere "storiche".

Di Gioia nel 1975 afferma che «la nozione di centro storico tende oggi ad allargarsi ulteriormente, per applicarsi a tutti i contesti insediativi aventi valore di testimonianza storica, a qualunque epoca appartengano [...] Centro storico non è soltanto il centro antico di una città [...] l'espressione di centro storico è assunta a significare tutti quei valori urbanistici, di ambiente architettonico e d'arte, che si intendono oggi tutelare: ivi compreso perciò ogni valore che, nella loro storia, critica e recente, la città, il piccolo centro, od anche l'insediamento più isolato e modesto, abbiano saputo esprimere» (p. 25).

La complessità della tematica ha inoltre portato all'elaborazione di classificazioni volte ad inquadrare e schematizzare il problema in un tentativo di semplificazione, ed all'inserimento nella questione di ulteriori elementi e valori, come quello economico, già introdotto in occasione di un convegno dell'A.N.C.S.A. tenutosi ad Ascoli Piceno nel 1968 e poi approfondito durante il successivo Seminario di studi dell'Associazione, tenutosi due anni dopo a Gubbio (ANCSA, 1970).

In tempi più recenti è necessario fare riferimento al Codice dei Beni Culturali e del Paesaggio (D.LGS. 42/2004 - Codice dei Beni Culturali e del Paesaggio) il quale all'art. 136 recita «[...] Sono soggetti alle disposizioni di questo Titolo per il loro notevole interesse pubblico [...] i complessi di cose immobili che compongono un caratteristico aspetto avente valore estetico e tradizionale, inclusi i centri e i nuclei storici [...]». Fornisce ulteriore chiarezza lo "Studio propedeutico all'elaborazione di strumenti d'indirizzo per l'applicazione della normativa sismica agli insediamenti storici" (Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici [C.S.LL.PP.], 2012), nel quale si indicano alcuni principi ai quali le normative regionali possono attingere per individuare tali contesti urbani nei loro ambiti territoriali, evidenziando l'importanza di riferirsi ad essi non più con la definizione di centro storico ma con quella di insediamento storico:

« a) il centro storico non è da considerarsi come somma di edifici da tutelare, ma come insediamenti e strutture urbane complessi" da tutelare e da valorizzare.

In questa direzione va il "Codice Urbani", D lgs 42/2004 [...] che considera gli insediamenti storici come un'importante componente del patrimonio culturale, quale luogo privilegiato di ubicazione dei beni culturali [...].

Tali insediamenti sono intesi come "beni culturali complessi", [...] nonché come "beni paesaggistici". La Carta del Restauro (Circolare Ministero Beni Culturali n.117 del 6.4.1972), propone di considerare il valore dei centri storici anche dal punto di vista della loro "struttura urbanistica" [...];

b) è preferibile non circoscrivere in modo rigido l'insediamento storico al principale nucleo, ma considerare anche i suoi intorni. [...]

Questo in coerenza con la normativa regionale sui centri storici (L.R. n. 12/2008, Norme per i centri storici - regione Umbria), che considera le parti di tessuto urbano contigue che si relazionano ai centri come aree di applicazione del Quadro Strategico di Valorizzazione [...];

c) l'insediamento storico non è soltanto il principale nucleo centrale. Per centro storico deve intendersi il sistema degli insediamenti storici che ricadono nel Comune, che possono sostenersi a vicenda, con ruoli diversi, sia nella valorizzazione che nell'organizzazione dell'attività di prevenzione sismica. [...];

d) l'insediamento storico è un'unità culturale e socio-economica. La considerazione di questa unità porta, contestualmente, a considerare la questione della diffusione dei nuclei storici sul territorio (punto c). [...];

e) l'accessibilità come parte dell'insediamento storico. Il sistema di accessibilità è elemento cruciale per la definizione dei contesti territoriali di riferimento. La Carta del Restauro si poneva già un'esigenza di funzionalità, da esplicitarsi anche in una attenzione ai temi dell'accessibilità, dei collegamenti territoriali e dei rapporti tra parte storica ed addizioni successive, e territorio in senso più lato [...];

f) la variabilità nel tempo degli insediamenti storici.

Per la carta di Cracovia 2000 "il patrimonio architettonico, urbano e paesaggistico, così come i singoli manufatti di questo, è il risultato di una identificazione associata ai diversi momenti storici ed ai vari contesti socio-culturali" [...];

g) la periodizzazione per la definizione di insediamento storico. [...]

I criteri per il tracciamento della perimetrazione della città storica si basano sul confronto sistematico tra la parte edificata presente nella Cartografia IGM al 25000 del 1949, e la parte edificata riportata dalla Cartografia IGM storica del 1870 (disponibile in scala 1:50000).

Ad oggi è chiaro che qualsiasi definizione si tenti di dare, essa debba comprendere in sé la concezione di centro storico in qualità di bene culturale, bene economico e bene sociale, tentando di giungere a quel giusto equilibrio tra i diversi fattori che possa condurre anche e soprattutto, ad una corretta delimitazione dello stesso per definire quali che siano le caratteristiche omogenee che portino ad una corretta metodologia di analisi volta alla prevenzione e alla conservazione, così come alla valorizzazione di esso.

A fronte di questa disanima sulla definizione di centro storico, che non ha la pretesa di essere esaustiva ma ha l'intento di focalizzare l'attenzione sulla complessità dell'argomento a partire dalla sua stessa definizione, appare evidente che l'argomento gode di una complessità molto accentuata, e di come, avendo caratteristiche così eterogenee si debba assumere come necessaria la formula del "conoscere per conservare", concetto fondamentale a chiunque si appresti ad affrontare qualsiasi progetto di restauro. La questione che appare ancora più importante se si parla dei centri storici italiani, ricchi di storia e saturi di tradizioni costruttive. Solo con lo sviluppo di una metodologia che preveda un approccio multidisciplinare e con l'ausilio di varie professionalità si riesce a garantire il rispetto dei tessuti urbani storici, in particolar modo quando si tratta di

approfondire l'aspetto della resilienza degli stessi, sapendo valutare le caratteristiche strutturali, materiche e le tecniche costruttive locali col fine di limitarne la fragilità.

2.1.1 Morfologia urbana e caratteri tipologici dell'edilizia storica

Nell'ambito della ricerca sui centri storici appare fondamentale approfondire i temi riguardanti la morfologia urbana, intesa come forma assunta dalla città, considerata nella sua evoluzione storica. L'assenza di un approccio conoscitivo riconosciuto rende purtroppo la trattazione incerta, tuttavia si cercherà di individuare come l'argomento sia stato trattato in maniera generale negli anni, andando poi a spostare l'attenzione sui centri storici marchigiani.

Già nel 1971 l'Associazione Nazionale Centri Storici-Artistici, già precedentemente citata, fornisce, nella relazione generale del VI Convegno tenutosi a Bergamo il 7-8 maggio 1971, una triplice classificazione per i centri storici, basata sulla considerazione di diverse situazioni territoriali. I centri storici vengono suddivisi in: centri storici delle grandi aree metropolitane, centri storici minori e centri storici minori abbandonati.

Di Stefano (1988), tenendo conto della variabile localizzazione geografica e dell'entità dei nuclei, suddivide i centri storici in: "insiemi architettonici indipendenti", "piccoli centri urbanizzati", "città storiche" e "quartieri storici di grande città". In particolare considera ad esempio come "insiemi architettonici indipendenti" i castelli o i monasteri e precisa che «possono essere inclusi tra i centri storici, sempre che essi non siano allo stato di rudere e siano ancora abitati e vitali». I "piccoli centri urbanizzati" sono costituiti da poche migliaia di abitanti e sono per lo più rurali, marittimi e montani; vengono considerati per il loro interesse culturale, anche se con scarsa importanza dal punto di vista economico ed amministrativo. Le "città storiche" possono essere a carattere omogeneo o misto, «non sono state seriamente interessate dalla urbanizzazione e dall'esplosione demografica e non risultano molto alterate nelle loro strutture urbane». Infine i "quartieri storici delle grandi città" vengono ulteriormente suddivisi in 1) quartiere storico su via d'acqua che attraversa la città, o sul mare; 2) quartiere storico in prossimità di un insieme monumentale o archeologico di notevole interesse posto all'interno della città; 3) quartiere storico in prossimità di grandi spazi verdi; 4) quartieri storici isolati, circondati dai quartieri moderni. Altre classificazioni ancora prendono in considerazione delle categorie tipologiche, a cui far corrispondere diversi percorsi logici di progetto, come ad esempio quella di Vianello (1988) che individua: centri storici in aree collinari con edilizia seriale (contrade), centri storici in pianura con edilizia a maglie larghe allineata su strade o corsi d'acqua, centri storici in aree lagunari o litorali con tessuti a pettine paralleli alla linea di costa, centri storici anche estesi ma con andamenti planimetrici e tessuti edilizi semplici e seriali.

La questione territoriale si lega indissolubilmente con la questione dei caratteri tipologici, i quali, nell'edilizia tradizionale ordinaria prevalentemente integra sono formati da:

- caratteri costruttivi, concernenti le strutture portanti e i loro collegamenti in sistemi strutturali;
- caratteri storico-architettonici, che concernono le connotazioni stilistiche, le fasi di

- costruzione e di finitura, e in genere gli aspetti estetici;
- caratteri di posizione, quelli cioè derivanti dal modo in cui è inserito l'edificio rispetto al contesto ed alla morfologia del sito;
 - caratteri funzionali e distributivi, determinati dall'uso, esclusivo o prevalente, cui è destinato l'edificio.

CARATTERI COSTRUTTIVI - Tutta l'edilizia ordinaria di tipo tradizionale deriva dalla disponibilità di una gamma piuttosto limitata di materiali e tecniche costruttive legate alla cultura locale.

Nell'ambito marchigiano è essenzialmente formata, da strutture portanti verticali in muratura di pietra o mattoni legata con malta di calce aerea, strutture orizzontali in legno o in muratura voltata, scale ed altri elementi accessori anch'essi in muratura o in legno, strutture di copertura in legno a falde inclinate.

Sotto il profilo costruttivo le strutture verticali non pongono particolari limiti né in pianta né in alzato, potendo comunemente arrivare, pur con grossi spessori, ad un'altezza di quattro o cinque piani, le strutture orizzontali e di copertura comunemente disponibili non superano generalmente i cinque/sei metri di luce. Da ciò deriva la caratteristica dominante di una maglia muraria più o meno ortogonale i cui elementi, almeno in un senso, non distano mai l'uno dall'altro più della misura suddetta.

Nel prossimo paragrafo si approfondirà la questione legata alle modalità aggregative degli aggregati edilizi tipici del tessuto storico.

CARATTERI STORICO - ARCHITETTONICI - La veste architettonica e l'aspetto esteriore di ciascuna unità edilizia derivano non soltanto dalle connotazioni stilistiche conferite all'edificio nel momento della sua realizzazione, secondo le consuetudini dell'epoca, ma anche dalle concrete e spesso complesse vicende costruttive: come già più volte accennato, nella realizzazione di un fabbricato si succedono varie fasi, e soprattutto nell'edilizia ordinaria, la vicenda costruttiva di un edificio d'origine storica non si è fermata alla fase originaria, ma è stata oggetto di successive modifiche e trasformazioni, che hanno potuto cambiare in maniera più o meno consistente la sostanza ma soprattutto l'aspetto esteriore dell'edificio stesso, e quindi i suoi caratteri architettonici.

Sulla base di queste premesse è possibile distinguere tutta l'edilizia ordinaria nelle seguenti fondamentali varietà:

A – Edilizia medievale: ancora concretamente rappresentata da qualche raro esemplare sostanzialmente integro e di particolare pregio, ma più che altro dalle ampie parti superstiti degli edifici non del tutto manomessi costruiti fra il '200 e la prima metà del '400, è caratterizzata essenzialmente da murature con paramento a faccia vista in mattoni o in conci di pietra squadrata o sbazzata, aperture contornate a raso con arco acuto, tondo, o ribassato, volte o sistemi di volte a botte e a crociera che prevalgono, ai piani inferiori, sui solai in legno, ardite scale su archi rampanti, ed altri vari elementi propri dell'architettura romanico-gotica.

B – Edilizia premoderna d'impianto originale comprendente genericamente gli edifici realizzati fra la seconda metà del '400 e la prima metà del '900, nella quale bisogna distinguere tra un'edilizia compiutamente definita con caratteri "classico barocchi", e

invece un'edilizia non finita, o di tipo rustico, che pur essendo coeva è tuttavia priva, o dotata solo in parte, dei connotati stilistici propri dell'epoca di origine.

C – Edilizia premoderna di trasformazione, quella comprendente cioè gli edifici che derivano da modifiche, integrazioni, o complete ristrutturazioni di strutture precedenti, realizzate sempre in muratura.

D – Edilizia completamente trasformata in epoca recente, quella infine comprendente gli edifici che, tanto d'impianto originale quanto derivanti dalla trasformazione di strutture precedenti, sono frutto di interventi globali successivi all'ultima guerra mondiale e si presentano quindi, come quelli interamente di nuova costruzione, con caratteri costruttivi e decorativi in tutto propri dell'edilizia contemporanea.

CARATTERI DI POSIZIONE - Fra i parametri che contribuiscono a caratterizzare e distinguere la varietà dei tipi edilizi sono da considerare anche i caratteri di posizione, quelli cioè dipendenti dalla morfologia del sito e dalle caratteristiche del contesto edilizio nel quale è inserito il singolo edificio.

Rispetto alla morfologia del sito, le unità edilizie possono essere situate in zone pianeggianti o in terreni più o meno acclivi (siti di pianura – siti di pendio); ciò influisce sulla tipologia anzitutto perché mentre negli insediamenti di pianura o debolmente acclivi lo sviluppo del corpo di fabbrica può avvenire liberamente in ogni direzione, nei siti maggiormente acclivi invece, per evitare costosi sbancamenti, lo sviluppo è necessariamente più contenuto, secondo i casi, o nel senso della larghezza o nel senso della profondità, mentre può essere più accentuato in senso verticale, come ad esempio nella casa a torre. Ma un ulteriore aspetto caratterizzante è l'orientamento delle singole unità edilizie rispetto alla orografia, che negli insediamenti di pendio può essere parallelo alla massima pendenza, cioè con prospetto principale e inclinazione delle falde rivolti verso valle, oppure ortogonale, quando cioè è rivolto verso valle uno dei prospetti laterali. Di conseguenza le eventuali aggregazioni di più unità edilizie risulteranno sviluppate a mezza costa, lungo le curve di livello, o nel senso contrario, cioè a gradoni lungo il pendio.

CARATTERI FUNZIONALI - Infine, come si è detto, tra i vari parametri sopra individuati ciò che contribuisce maggiormente a determinare le caratteristiche essenziali di ciascun tipo edilizio è la destinazione d'uso, esclusiva o prevalente, dell'edificio e quindi i suoi caratteri funzionali e distributivi, tanto che siano originari o frutto di successive ristrutturazioni comunque d'epoca storica. Va sottolineato che per i centri storici la destinazione d'uso talvolta esclusiva, ma sempre comunque prevalente, è quella residenziale.

Il tentativo di individuare un ordine tipologico nella realtà costruita non consegue solo dalla volontà di far coincidere la complessità ed eterogeneità del mondo edificato dall'uomo con una rappresentazione formale, ma di ricostruire un ordine "processuale" dei tipi edilizi fondato sul riconoscimento delle matrici che lo generano, le quali permettono di leggere nessi fra caratteri che distinguono gli edifici, supplendo con la logica ai vuoti della memoria storica (Strappa, 1995) . Questa necessità è dovuta non tanto all'esigenza di semplificazione dei processi complessi che si sono succeduti nel corso di secoli, quanto a comprenderne le potenziali diversità, ovvero ambire ad una adeguata conoscenza che

ci consenta di ottenere un'analisi quanto più precisa e rispondente alla realtà.

2.1.2 Edilizia di base ed aggregati edilizi

*La questione
dell'edilizia di base*

Per edilizia di base si intende la parte di costruito destinata all'abitazione. L'abitazione è infatti la prima e fondamentale forma di spazio edificato della quale l'uomo conserva la nozione più spontanea. L'edilizia di base si sviluppa a partire dal primo spazio aggregabile prodotto, la cellula elementare a base quadrangolare di 5-6 m di lato, consolidatasi nell'uso. Le ragioni delle dimensioni della cellula elementare sono di origine sia antropologiche che tecnico-costruttive: l'uomo infatti, originariamente, viveva nella sola cellula di base la quale doveva avere delle dimensioni adatte per viverci dignitosamente e, allo stesso tempo, sono dimensioni che si legano all'uso di materiali che si adattano alla statica delle pareti che chiudono lo spazio abitato.

L'edilizia di base si articola, in termini processuali, nell'aggregazione delle cellule elementari:

- abitazione unifamiliare isolata: distribuita direttamente su percorso attraverso accesso indipendente, utilizzata da un solo nucleo familiare e costituita da un sistema statico-costruttivo autosufficiente e indipendente;
- abitazione unifamiliare aggregata: distribuita direttamente su percorso attraverso accesso indipendente ma con sistema statico-costruttivo non indipendente, aventi elementi in comune con le abitazioni adiacenti in modo tale da concorrere, per aggregazione, a formare organismi la cui unità aggregativa è l'alloggio su uno o più piani costituito da abitazioni a schiera;
- abitazione plurifamiliare in linea: processualmente derivata dalla rifusione di abitazioni unifamiliari aggregate e utilizzata da due o più nuclei familiari che si servono di comuni sistemi di distribuzione, oltre che di comuni sistemi statico-costruttivi.
- abitazione plurifamiliare isolata: processualmente derivata dall'abitazione in linea, utilizzata da due o più nuclei familiari che si servono di un comune sistema di distribuzione.

Tutte le tipologie sopra descritte trovano origine comune, come già accennato, nella casa monocellulare. Il fenomeno che interessa più da vicino la formazione dei tipi è costituito dal raddoppio della cellula elementare: l'aggregazione tipica non avviene infatti attraverso l'indiscriminata moltiplicazione delle cellule, ma attraverso la formazione di una nuova unità costituita da una doppia cellula che costituisce la base per i successivi sviluppi. Questo fenomeno è riscontrabile con una frequenza tale da potersi definire tipico ed è leggibile soprattutto nella prima fase di trasformazione dello spazio abitato. Le fasi successive poi proseguono attraverso ulteriori raddoppi, tanto orizzontalmente quanto verticalmente. Le varie trasformazioni, ovviamente, rispondono alle esigenze spaziali e morfologiche del luogo. Nel caso di aree in cui non esiste il problema della limitazione di spazio disponibile il raddoppio avviene infatti prevalentemente in orizzontale lungo il percorso di affaccio, seguito da una fase successiva di raddoppio in altezza.

Dove l'uso del suolo è più intenso, e qui si entra più nel merito dei centri storici marchigiani,

a causa della progressiva pressione demografica che induce ad uno sfruttamento intensivo delle aree, il tipo abitativo basato sulla cellula elementare si deve adeguare alle necessità di relazione diretta tra le singole unità: questo tipo di associazione si sviluppa secondo leggi proprie dando vita ai tessuti intesi come tipi di aggregazione. La più semplice forma di aggregazione è costituita dall'unione a schiera di unità abitative a struttura non indipendente con porzioni dell'involucro esterno in comune con le unità adiacenti, fino ad arrivare alle forme più complesse che, a partire dalla trasformazione di unità unifamiliari esistenti vengono rifuse a costituire l'aggregato stesso.

Un secondo tipo di abitazioni che ha contribuito in modo determinante alla formazione di molti tessuti (Caniggia, 1976) è quello della casa a corte elementare che è costituita da una semplice parete perimetrale rettangolare, su un lato del quale si addossa il costruito, edificato sempre a partire dalle dimensioni della cellula elementare. L'aggregazione di case a corte costituisce organismi aggregativi organizzati dai percorsi nei quali sono riconducibili unità aggregative intermedie il cui ruolo varia a seconda della maggiore o minore pianificazione dell'aggregato, dell'orografia del terreno o dalla presenza di edilizia specialistica.

Da quanto esposto risulta chiaro come l'ambiente costruito possa essere solo in prima approssimazione studiato per parti in quanto gli aggregati sono il risultato del concatenamento processuale delle cellule elementari che nel tempo sono state assorbite e modificate a seconda delle singole esigenze.

Per quanto riguarda la trattazione dell'aggregato edilizio appare fondamentale approfondire la trattazione sia dal punto di vista legislativo che dal punto di vista strutturale. Nei capitoli successivi queste definizioni appariranno fondamentali nell'ottica di sviluppare una metodologia volta alla definizione e applicazione di metodologie per la valutazione della vulnerabilità degli stessi.

Dalla lettura combinata dei riferimenti normativi riguardanti gli aggregati, quali l'O.P.C.M. 3820 e s.m.i., le N.T.C. 2008 e relative circolari esplicative (Circolare 2 febbraio 2009 n. 617), si precisa che: l'aggregato strutturale è costituito da un insieme di elementi strutturali non omogenei che possono interagire sotto un'azione sismica (o dinamica in genere). Un aggregato strutturale può essere costituito da uno o più edifici accorpati e, per accorpamento, si deve intendere un contatto, o un collegamento, più o meno efficace tra edifici con caratteristiche costruttive generalmente diverse. La presenza di un giunto di separazione, quale ad esempio rue o altre disconnessioni tra i diversi edifici, ove ritenuto efficace ai fini sismici, dà luogo alla individuazione di due aggregati strutturali ben distinti.

All'interno degli aggregati strutturali si individuano le unità strutturali (US), definite come unità omogenee da cielo a terra e, in genere, distinguibili dalle altre adiacenti per almeno una delle seguenti caratteristiche che individua un comportamento dinamico distinto:

- tipologia costruttiva;
- differenza di altezza;
- irregolarità planimetrica con parti non collegate efficacemente;
- età di costruzione;

- sfalsamento dei piani;
- ristrutturazioni da cielo a terra.

Negli aggregati urbani dei centri storici sono presenti situazioni complesse e, considerando la complessità evolutiva del sistema in questione l'individuazione stessa della singola US può non essere sempre univoca. Le configurazioni più frequenti sono le seguenti (Fig. 1):

- unità strutturale con pareti affiancate indipendenti e non ammassate con quelle degli altri edifici adiacenti. Nell'evoluzione dell'aggregato di solito l'unità strutturale così configurata può essere considerata la cellula elementare, è compiuta strutturalmente dalla fondazione alla copertura e contiene "al suo interno il flusso delle tensioni dovute ai carichi verticali". In questo caso l'interazione strutturale avviene prevalentemente per azioni nel piano mentre, nella maggior parte dei casi, è di solito indipendente il comportamento per azioni fuori dal piano.
- unità strutturale addossata alla US originaria con struttura verticale indipendente e pareti ammassate a US adiacenti. In questo caso inoltre è possibile che gli orizzontamenti gravino su una parete in comune con le US adiacenti. Il comportamento per azioni verticali e fuori del piano non è indipendente e quindi non è possibile, per questo tipo di azioni, una analisi strutturale indipendente. Per azioni nel piano l'interazione è sempre possibile.
- unità strutturale generata dall'intasamento di corti con pareti non ammassate e in alcuni casi con orizzontamenti poggiati sulle pareti delle unità strutturali adiacenti. In questo caso la vulnerabilità dell'edificio è elevata sia per azioni nel piano e sia fuori del piano.

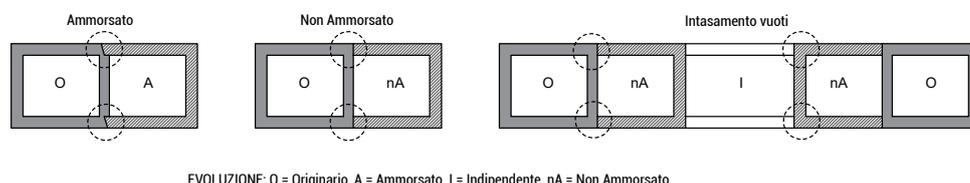


Fig. 1. Schema evolutivo dell'aggregato

La divisione dell'aggregato in porzioni consente inoltre di dividere un aggregato di dimensioni elevate in parti più o meno omogenee per caratteristiche strutturali ed architettoniche. Pertanto l'individuazione delle US può essere un buon espediente al fine di schematizzare il comportamento di un aggregato. Tuttavia non si può prescindere dalla consapevolezza dell'evoluzione dell'aggregato analizzando le sue fasi di accrescimento al fine di individuare eventuali soluzioni di continuità che identifichino porzioni di aggregato che possono essere caratterizzate da un comportamento differenziato.

Il concetto di unità strutturali sarà importante per la caratterizzazione della vulnerabilità dei centri storici e la definizione del danno attraverso il sistema di schedatura AeDES di cui si svilupperà una trattazione esaustiva nel capitolo 4.

2.2 I centri storici delle Marche

Esaminando la situazione dei centri storici nelle Marche, appare evidente già nei primi trattati (Carozzi, 1971: pp 87-88), che le sorti dei centri storici dipendono da fattori di carattere regionale e sub regionale, ed in particolare dai fattori connessi all'evolversi dell'assetto territoriale e al modo di organizzarsi delle funzioni urbane.

A livello morfologico la regione è quasi priva di pianure, costituite dalla ristretta fascia costiera e da una serie di vallate, disposte perpendicolarmente al mare, poco ampie e lunghe poche decine di chilometri. La restante parte del territorio è formata da montagne e, in misura maggiore, da colline. Anche se gli Appennini che delimitano le Marche verso la Romagna, Toscana, l'Umbria, il Lazio e l'Abruzzo non raggiungono grandi altezze, essi sono stati, da sempre, un grosso ostacolo alle comunicazioni con le regioni circostanti. In particolare, soprattutto nella parte collinare, si evidenzia un accentuato rapporto tra uomo e territorio: si nota tutt'ora, anche se in misura minore rispetto agli ultimi 50 anni, la coesistenza di due funzioni principali, ovvero quella agricola e quella urbana.

Considerando i centri storici sotto il profilo dei loro caratteri fisici, come teorizzato da Piccinato (1993), si vuole mettere in qualche modo in luce una certa omogeneità del campione, seppure ci troviamo di fronte a diverse varietà di forma, di organizzazione urbana e di dimensioni; suscita un certo interesse l'individuazione di un tipo territoriale inteso come ricorrenza di elementi fisici ma anche di cultura e linguaggio che accomuna gli insediamenti presenti nell'area.

Essi hanno come prerogativa essenziale quella di essere stati edificati all'interno di perimetri murari di delimitazione del nucleo urbano che spesso possedevano, oltre alla naturale funzione difensiva, quella di limite del territorio organizzato.

All'interno del territorio sono pressoché assenti centri storici di notevoli dimensioni, indice della relativa debolezza delle gerarchie urbane della regione e quindi della relativa autonomia di ciascun centro. Ciò comporta, inevitabilmente, che alla esiguità delle dimensioni faccia riscontro una eccezionale ricchezza urbanistica e architettonica, in quanto ogni centro era organizzato per svolgere le sue funzioni amministrative, religiose, civili, culturali e sociali, a cui corrisponde la presenza di edifici municipali, piazze, chiese, palazzi, teatri ed ospedali. I centri storici marchigiani, dunque, hanno accumulato nel corso della loro evoluzione una dotazione architettonico-culturale rilevantissima anche in quelli più piccoli. In tante piccole città delle Marche meridionali, proprio il tessuto abitativo modesto e genuino, rimasto in gran parte intatto nelle forme più semplici, permette di conoscere, oltre l'opera dei grandi artisti, anche quella spontanea di tutta la popolazione, evolutasi attraverso il tempo.

Il tessuto connettivo di questi centri è formato da un'edilizia residenziale le cui tipologie di aggregazione si ripetono costantemente. Come già accennato parlando della morfologia, anche nel caso marchigiano le forme secondo cui sono organizzati i centri storici sono fortemente connesse con l'andamento del terreno. Frutto inizialmente di una scelta razionale, la configurazione del suolo ha condizionato, spesso in modo determinante, le modalità dello sviluppo urbano più recente e quindi i rapporti che si sono instaurati tra centro storico ed espansione periferica. L'ambiente fisico delle Marche che si estende tra

il mare adriatico e l'appennino e fra i corsi fluviali che tagliano "a pettine" la regione, condizionò e condiziona ancora oggi l'insediamento umano che si è formato e trasformato in relazione alle vicende storiche e demografiche delle popolazioni.

La localizzazione dei centri storici di questo territorio appare, ad uno studio più approfondito, in un certo senso obbligata in relazione alle condizioni fisiche dell'ambiente, alle vie di comunicazione, alla popolazione e alle vicende storiche suddette (Scarlin, 1979: p. 54).

In relazione alle vicende storiche, i centri delle Marche centro-meridionali possono differenziarsi in due tipologie principali:

1. Nuclei urbani con fasi pre-medievali
 - Preesistenza di una forma organizzata degli attuali nuclei urbani risalenti ad epoche remote (classicità romana o precedente)
 - Successivo sviluppo urbano di epoca tardo-antica o alto medievale
2. Nuclei urbani con nuova fondazione medievale:
 - Strettamente legati alla morfologia del territorio
 - Schemi morfologici articolati
 - Propensione all'utilizzazione di cellule murarie organizzate in isolati compatti

Il primo caso è testimoniato dai numerosi nomi di città picene e romane citati, nonché di reperti e rovine giunti fino a noi. Le zone più popolate dovevano essere localizzate lungo la costa, lungo il fondo delle valli interne, o sui dossi collinari fino ad una certa altezza. Di queste città si sa ben poco poiché pochi sono stati gli scavi archeologici. Sono state tuttavia in gran parte nominate negli *Itineraria*, in cui sono citate quelle localizzate lungo le più importanti vie di comunicazione (la Via Salaria, la Via Flaminia e la via litoranea), tra queste si trovano *Asculum Picenum*, *Firmum*, *Falerio*, *Urbs Salvia*. Probabilmente poche di queste sopravvissero alla caduta dell'Impero Romano (Scarlin, 1979: p. 138): la popolazione cominciò a rifugiarsi in luoghi più sicuri rispetto alla fascia costiera e ai fondovalli, ritirandosi sui colli vicini, dando vita o ad un successivo sviluppo urbano di epoca tardo antica o medievale qualora la preesistenza romana sorgeva già in un luogo adatto (es. Fermo) oppure nel secondo caso di nuclei con nuova fondazione medievale. Tutti gli insediamenti medievali di carattere urbano sono localizzati sui fianchi e sulle cime dei colli o lungo le dislivelli, con una notevole frequenza di centri urbani posti su speroni collinari da cui era possibile dominare le terre circostanti.

Tutti questi abitati furono presto cintati da mura con strutture in gran parte derivanti dalla morfologia dell'ambiente dove sono sorti.

A tal proposito, tutta l'area dell'appennino centro-settentrionale si distingue in due forme insediative basilari:

- forma diffusa, relativa ai centri costruiti su superficie piana: nelle Marche sono di origine generalmente preromana o romana la cui struttura topografica è generalmente a scacchiera sia che siano circondate da mura (es. Pesaro, Ascoli Piceno), sia che si sviluppino lungo la piana costiera (es. San Benedetto del Tronto, Porto San Giorgio)
- forma accentrata, che si sviluppa su rilievi collinari e montani: si tratta di città di origine medievale a pianta tipicamente circolare con struttura radiale.

Riferendoci in questa sede ai centri storici delle aree interne, tratteremo nello specifico

dei centri che si sviluppano nella fascia collinare e montana dell'area, in cui la forma prevalente è quella accentrata. In questa classificazione si distinguono 4 tipologie di strutture interne:

- CIRCOLARE

La forma quasi perfettamente circolare dell'abitato racchiuso entro mura perimetrali si riferisce quasi sempre a piccoli centri urbani, costruiti spesso su speroni collinari con una superficie di circa 100 m di diametro. Forme più complete e più evolute sono quelle qui rappresentate da Montecassiano e Monte San Giusto che si riferiscono ad abitati di varie dimensioni, occupanti superfici maggiori e localizzati sulla sommità di un colle o su un fianco vallivo.

Dalle piante suddette si passa a piante lievemente ellittiche come quelle di Morrovalle e Montecosaro (Fig. 2).

Piante circolari

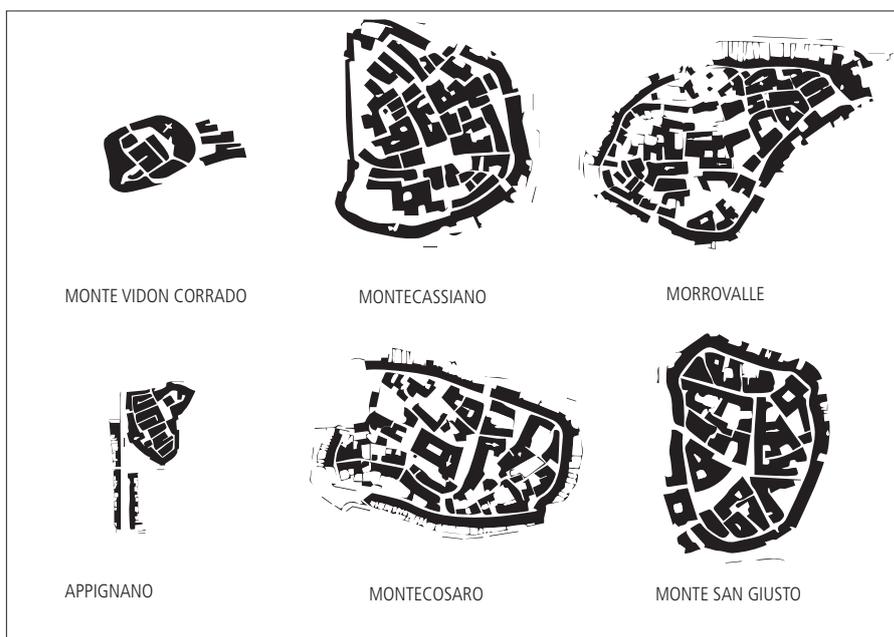


Fig. 2. Esempi di Centri Storici delle Marche centro-meridionali di forma circolare

- ELLITTICA

Fra le piante di città che via via si allungano da due lati e dagli altri due si restringono si può individuare un altro tipo, cioè una forma tipicamente ellittica da avere una lunghezza massima che è circa il doppio della larghezza. L'abitato interno alle mura lungo l'asse maggiore ha una arteria stradale principale quasi sempre abbastanza rettilinea che congiunge una porta delle mura con quella opposta. Su questa via centrale convergono tutte le attività e quasi sempre solo in questa si aprono gli esercizi commerciali e artigianali. Altre strade, molto strette, si aprono e si allungano dall'uno all'altro apice del paese. In Fig 3 sono riportate esempi di piante di città di forma ellittica, più o meno allungate e più o meno grandi.

Forme Ovali

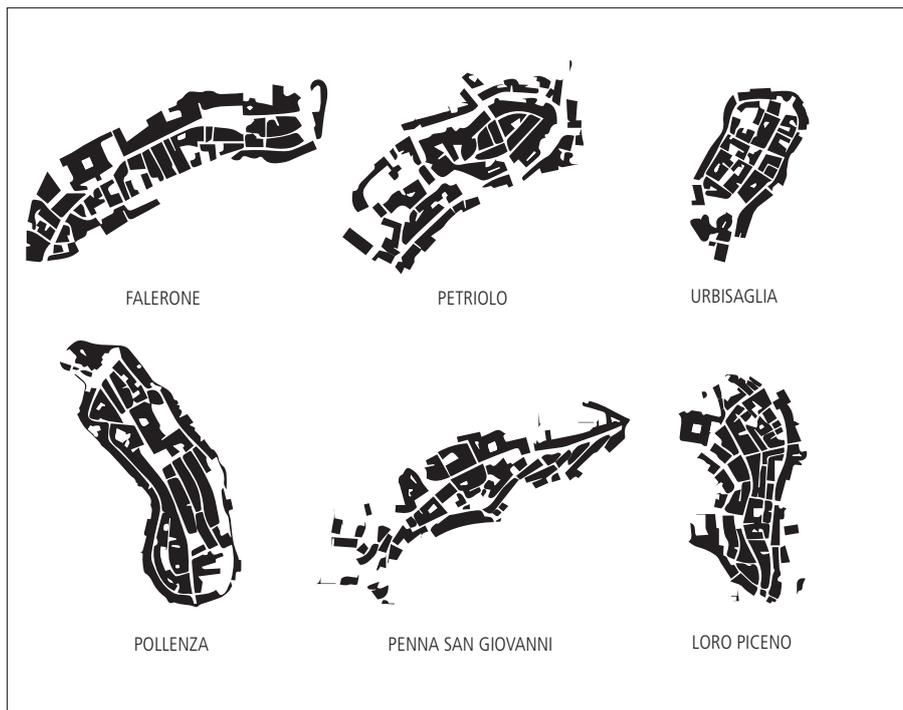


Fig. 3. Esempi di Centri Storici delle Marche centro-meridionali di forma ovale

- ALLUNGATA/FILIFORME

In alcuni casi ci si trova di fronte ad un tipo di abitato urbano estremamente allungato e stretto che assume un aspetto addirittura filiforme. Ciò dipende da una particolare localizzazione, cioè la costruzione del centro urbano su una dislivello primaria o secondaria, che si presenta allungata con alla sommità una sottile striscia di terreno quasi pianeggiante, con ripidi pendii da una parte e dall'altra. In questi abitati gli edifici si allungano uno dietro l'altro sull'unica arteria stradale. Talvolta la superficie cacuminale presenta qualche allargamento fino ad un centinaio di metri, ma il carattere filiforme rimane ugualmente (es. Camerino, Recanati) (Fig. 4)

Forme Allungate/Filiformi

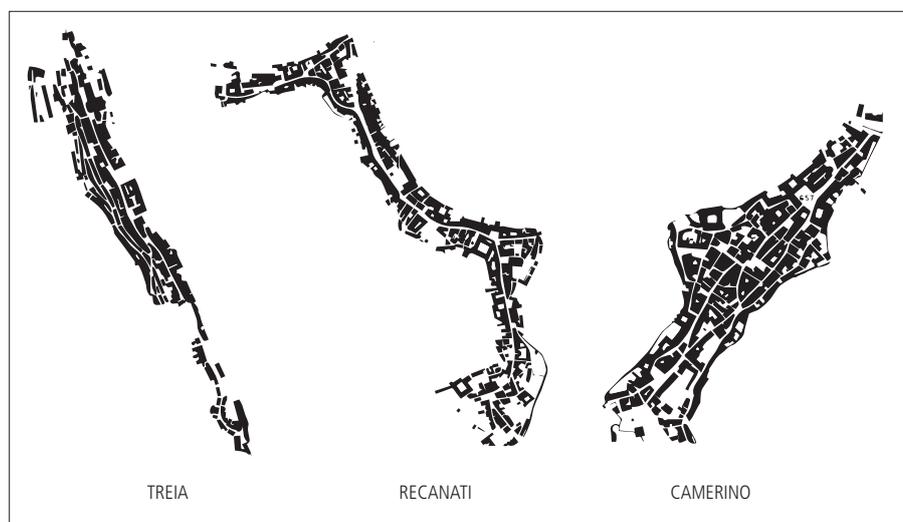


Fig. 4. Esempi di Centri Storici delle Marche centro-meridionali di forma ovale

- MISTE

Le strutture precedenti si ripetono in gran parte in tutti i centri storici della regione, mentre ci sono esempi di strutture miste che si diversificano notevolmente da quelle sopra descritte: è il caso di Ripatransone, allungato sulla displuviale e che segue l'andamento della strada principale e quelle parallele ad essa, così come Amandola, un abitato quasi filiforme sorto lungo la strada interna che porta ad Ascoli Piceno o, infine, San Ginesio la cui distribuzione prevalente degli edifici avviene lungo le vie di comunicazione e commercio più importanti (Fig. 5).

Forme Miste

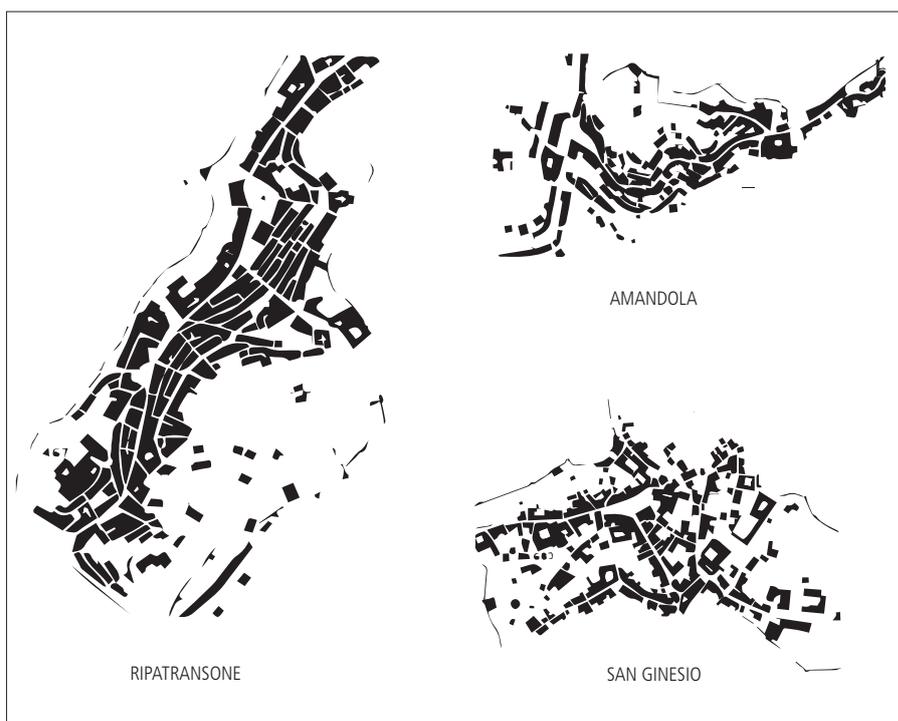


Fig. 5. Esempi di Centri Storici delle Marche centro-meridionali di forma mista

2.2.1 Storia sismica locale

Conoscere i terremoti del passato è fondamentale per valutare la pericolosità sismica di un'area. Per questo è importante lo studio della storia sismica locale della regione per comprendere al meglio l'entità della pericolosità sismica sull'area e gli effetti sul costruito (<http://emidius.mi.ingv.it/ASMI>). Nelle Marche la sismicità più rilevante si concentra lungo la catena appenninica e nella fascia costiera settentrionale, mentre nella fascia collinare interna l'attività sismica è meno rilevante. La sismicità regionale è caratterizzata da una concentrazione di terremoti distruttivi nel Settecento. L'analisi dei dati storici consente di identificare le caratteristiche di varie aree sismiche.

L'Appennino centrale è attualmente interessato da una sismicità prevalentemente legata a processi di estensione crostale che, con un movimento orientato NE-SW, si manifesta mediante deformazioni lungo faglie disposte a direzione NW-SE.

Grazie alla fitta rete GPS realizzata dall'INGV, è stato possibile misurare un tasso di spostamento pari a qualche millimetro all'anno, in particolare circa 1-3 mm, ma attualmente non si è ancora riusciti a valutare quale frazione di questa deformazione viene rilasciata tramite spostamenti asismici e quanta con forti terremoti.

Data	Area epicentrale	I _{max}	M _w
30/04/1279	Camerino (MC)	10	6.3
01/12/1328	Norcia (PG)	10	6.4
25/12/1352	Monterchi (AR)	9	6.4
18/10/1389	Bocca Seriola	8-9	6.0
06/11/1599	Valnerina	9	6.0
23/12/1690	Anconetano	8-9	5.6
12/05/1730	Valnerina	9	5.9
24/04/1741	Fabrianese	9	6.2
17/04/1747	Nocera Umbra	9	5.9
27/07/1751	Appennino umbro-marchigiano	10	6.2
03/06/1781	Cagliese	10	6.4
30/09/1789	Valtiberina	9	5.8
28/07/1799	Appennino marchigiano	9-10	6.1
13/01/1832	Valle del topino	10	6.3
12/03/1873	Marche meridionali	9	5.9
26/04/1917	Valtiberina	9-10	5.9
30/10/1930	Senigallia (AN)	8-9	5.8
03/10/1943	Marche meridionali-Abruzzo	9	5.8
19/09/1979	Valnerina	8-9	5.9
26/09/1997	Appennino umbro-marchigiano	9	6.0

Fig. 6. Principali terremoti storici che hanno prodotto danni nelle Marche (fonte: CPT115). I_{max} è l'intensità massima osservata (scala MCS) e M_w è la magnitudo stimata (Monachesi et al., 2019; Rovida et al., 2022).

Nell'ultimo mezzo secolo l'area dell'appennino è stata colpita da numerose sequenze sismiche (Fig. 6) che hanno fatto risentire i loro effetti anche per parecchi mesi, si veda ad esempio il terremoto della Valnerina del 1979, quello in Irpinia nel 1980, quello in Umbria e nelle Marche del 1997, quello de L'Aquila nel 2009 e infine quello in Emilia del 2012. Attualmente si stanno ancora risentendo gli effetti dello sciame sismico iniziato il 24 agosto 2016 con la distruzione del Comune di Amatrice. Una vasta area compresa tra Abruzzo, Lazio, Umbria e Marche, con eventi che hanno raggiunto la magnitudo di 6.5, è stata pesantemente danneggiata (Segnalini, 2000).

Nella terza parte di questa tesi verranno trattate le storie sismiche locali più nel dettaglio e relative ai singoli casi studio (Camerino e Vezzano nelle Marche).

2.2.2 Il terremoto del centro-Italia 2016-2017 e la gestione dell'emergenza

Il terremoto che ha colpito il centro Italia nel 2016-2017 è stato un evento calamitoso di grande portata sia per la durata dello sciame sismico e il numero di scosse, sia per la grande vastità dell'area colpita tra Marche, Lazio, Umbria e Abruzzo.

La prima scossa, verificatasi nella notte del 24 agosto 2016 con magnitudo 6.0 ed epicentro Accumoli, ha causato circa 300 vittime nel Lazio e nelle Marche, devastando i centri abitati di Amatrice, Accumoli, Pescara del Tronto e Arquata del Tronto.

Il 26 ottobre si sono poi rilevate due scosse di intensità molto importante, entrambe con epicentro a Castelsantangelo sul Nera: la prima alle 19:10 di magnitudo 5.4, la seconda alle 21:18 di magnitudo 5.9.

Alle 7.40 del 30 ottobre 2016 si è registrata una scossa con magnitudo 6.5 con epicentro tra la frazione di Campi di Norcia e Norcia stessa.

Un ulteriore sciame sismico di 3 scosse ha colpito il paese il 18 gennaio 2017, con epicentro a Capitignano, in provincia de L'Aquila.

La gestione dell'emergenza a seguito delle scosse può essere suddivisa in diverse fasi, che non solo seguono la successione temporale degli eventi, ma rispondono a precise scelte politiche (Di Treviri, 2021). A seguito della scossa del 24 agosto si è proceduto all'immediata dichiarazione dello stato di emergenza, a cui ha fatto seguito la nomina del Commissario Straordinario per la Ricostruzione e all'istituzione della Di.Coma.C, la Direzione di Comando e Controllo della Protezione Civile, attiva fino al 7 aprile 2017. A seguito delle successive scosse del 26 e 30 ottobre 2016 e 18 gennaio 2017, che hanno ampliato notevolmente i comuni appartenenti al "cratere sismico", si consolida un sistema diffuso di gestione dell'emergenza, in grado di far fronte alle differenti implicazioni di un territorio frammentato, fragile e a bassa densità abitativa. Il ruolo di supporto delle attività territoriali è stato affidato al dipartimento della Protezione Civile, assistendo, dunque, al trasferimento di competenze alle autonomie locali e ai governi regionali che ha dato origine a situazioni caotiche sul fronte organizzativo istituzionale (Guarino et al, 2018)

L'intervento previsto si articola su due tempistiche separate, le quali vedono attori, competenze e obiettivi distinti: la fase di prima emergenza affidata alla protezione civile, a cui spetta il compito di gestire le necessità della popolazione colpita, e la fase di ricostruzione, in mano al Commissario Straordinario, con lo sguardo rivolto verso la programmazione e la progettazione futura dei territori (Valeriani & Bertelli, 2017). Questi tempi però si sovrappongono: la dichiarazione dello stato di emergenza rappresenta la condizione necessaria per il potere di ordinanza sia del Capo di dipartimento della Protezione Civile sia del Commissario Straordinario alla Ricostruzione che di fatto acquisiscono il potere normativo spettante agli organi costituzionalmente previsti. Questa governance in cui gli attori sono molteplici e si intrecciano per compiti e tempistiche mostra come la gestione dell'emergenza acquisisca un carattere sempre più ordinario, allontanandosi dalle dinamiche di eccezione che in un evento disastroso dovrebbero essere poste alla base per una corretta e rapida reazione al disastro.

La continua proroga dello stato di emergenza, la successione dei Commissari straordinari

per la ricostruzione, la sovrapproduzione normativa, i ritardi nello smaltimento delle macerie e nella ricostruzione hanno fatto, nel tempo, giungere ad una normalizzazione dell'emergenza, fattore che, inevitabilmente rischia di peggiorare ulteriormente quelle vulnerabilità già presenti sul territorio e sulla popolazione prima del disastro.

2.2.3 Contesto socio-economico

La superficie della zona colpita dal sisma (nello specifico quella relativa al cratere sismico definito dall'ordinanza n. 3 del 15 novembre 2016 e facenti parte della regione Marche) è di 3978 kmq, il 42% del territorio regionale con una bassa densità demografica (86 abitanti per kmq). Il territorio è composto per la maggior parte da boschi e ambienti semi naturali (53%) e da terreni agricoli (42%), dati al 2015. Alla data del censimento del 2011, dei 312 mila edifici residenziali delle Marche, quelli costruiti prima del 1971 (anno in cui è entrata in vigore la normativa antisismica) ne rappresentavano il 60,7%. Nell'area del cratere la percentuale sale al 65,7% di cui il 53,3% in buono e ottimo stato e il 12,4% in mediocre-pessimo stato di conservazione. Il 53,2% degli edifici residenziali delle Marche risulta avere una struttura portante in muratura a fronte di una media nazionale del 57,2%. Il dato per la zona del cratere è del 62%, la parte restante è edificata per il 26,2% in calcestruzzo armato e per l'11,8% in altri materiali (o materiali misti: calcestruzzo armato e muratura portante, legno, ecc.) (ISTAT, 2017)

Per quanto riguarda la popolazione residente nel cratere a fine 2017 conta circa 344 mila individui, 4196 in meno rispetto all'anno precedente, corrispondenti al 22% della popolazione marchigiana. Gli individui di 65 anni e più, quasi 90 mila, rappresentano il 26% della popolazione totale del cratere. Nei territori del cratere il tasso di crescita totale (-12,1 ogni 1000 abitanti, contro -4,1 ogni 1000 abitanti delle Marche) risente della componente naturale del bilancio demografico (-6,7 ogni 1000 abitanti, contro -5,1 ogni 1000 abitanti delle Marche).

Volendo fare una descrizione meno analitica, ci si trova di fronte ad un territorio con delle notevoli potenzialità dal punto di vista del paesaggio e con un ampio valore paesistico e culturale che tuttavia si trovava già prima del terremoto a fronteggiare delle difficoltà dovute al dissesto idrogeologico e alla presenza di infrastrutture deboli (Giacomelli & Calcagni, 2020).

Il 72% dei comuni in cui risiede la popolazione conta meno di 3000 abitanti ed è interessato da problematiche tipiche delle aree interne: la popolazione di questi contesti ha conosciuto un periodo di relativa stabilità a partire dagli anni 80, momento che ha arrestato di poco la tendenza allo spopolamento già in atto dagli anni cinquanta, momento in cui i comuni più marginali iniziano a perdere progressivamente popolazione in favore di aree più a valle.

Analizzando il trend demografico nei tre anni precedenti al sisma emerge che tra il 2013 e il 2016 la popolazione del cratere marchigiano è calata dell'1,1% (-3.749 abitanti), mentre in tutto il resto delle Marche si è registrata una crescita dello 0,2% (+2.346 abitanti). Il dato complessivo regionale che in questo frangente segna un timido -0,1% è prodotto da

un calo della popolazione del cratere che non ha trovato adeguato bilanciamento nella crescita delle restanti parti della regione. Una situazione già problematica, dunque, che i danni strutturali prodotti dagli eventi sismici, una macchina della ricostruzione di fatto impantanata e gli andamenti dell'economia regionale sembrano aver esacerbato.

A tre anni dalle prime scosse, infatti, il trend discendente è arrivato a coinvolgere l'intera Regione, che registra tra 2016 e 2019 una perdita di 18.441 residenti (-1,2%), 10.136 dei quali nell'area del cratere (il 58,8% del calo complessivo a fronte del 22,2% della popolazione regionale). Il declino dei residenti del cratere è evidentemente cresciuto di magnitudo tra il primo gennaio 2016 e il primo gennaio 2019 arrivando a toccare il -2,9%. Tra i due trienni di osservazione il fenomeno ha quindi conosciuto un'accelerazione del 170%.

Scomponendo i dati a livello provinciale si può osservare come il calo sia sostanzialmente di simile entità nelle porzioni di cratere ricadenti nelle province di Macerata (-3,0%), Fermo (-2,7%) e Ascoli Piceno (-2,6%). Di converso, si nota come le restanti parti di queste province collocate al di fuori del cratere, e dunque più vicine alla costa e alle aree di maggiore urbanizzazione, conoscano nel complesso delle variazioni molto meno rilevanti che oscillano tra il -0,2% dell'ascolano e il -0,7% del fermano (Terre di Ricerca, 2019).

Riferimenti bibliografici

Capitolo 1

Adger, W.N., 2001. *Scales of governance and environmental justice for adaptation and mitigation of climate change*. J. Int. Dev. 13, 921–931. <https://doi.org/10.1002/jid.833>

Alexander, D.E., 1993. *Principles of emergency planning and management*, 5. impression. ed. Terra Publ, Harpenden, Hertfordshire.

Australia ICOMOS, 2000. Burra Charter: The Australia ICOMOS Charter for Places of Cultural Significance, in: Smith, C. (Ed.), *Encyclopedia of Global Archaeology*. Springer New York, New York, NY, pp. 1078–1082. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-0465-2_1046

Aysan, Y., Davis, I. (Eds.) 1992. *Disasters and Small Dwelling: Perspectives for the UNIDNDR*. London: James & James Science Press.

Blaikie, P., Cannon T., Davis I., and Wisner B., 1994. *At Risk: Natural Hazards, People's Vulnerability, and Disasters*. Routledge, London, UK.

Bogardi, J.J., Fekete, A., 2018. *Disaster-Related Resilience as Ability and Process: A Concept Guiding the Analysis of Response Behavior before, during and after Extreme Events*. AJCC 07, 54–78. <https://doi.org/10.4236/ajcc.2018.71006>

Bruneau, M., Chang, S.E., Eguchi, R.T., Lee, G.C., O'Rourke, T.D., Reinhorn, A.M., Shinozuka, M., Tierney, K., Wallace, W.A., von Winterfeldt, D., 2003. *A Framework to Quantitatively Assess and Enhance the Seismic Resilience of Communities*. Earthquake Spectra 19, 733–752. <https://doi.org/10.1193/1.1623497>

Carpenter, S., Walker, B., Anderies, J.M. and Abel, N. (2001) *From Metaphor to Measurement: Resilience of What to What?* Ecosystems, 4, 765-781. <https://doi.org/10.1007/s10021-001-0045-9>

Chmutina, K., Ganor, T., Boshier, L., 2014. *Role of urban design and planning in disaster risk reduction*. Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Urban Design and Planning 167, 125–135. <https://doi.org/10.1680/udap.13.00011>

D'Amico, A., Currà, E., 2014. *The Role of Urban Built Heritage in Qualify and Quantify Resilience*. Specific Issues in Mediterranean City. Procedia Economics and Finance 18, 181–189. [https://doi.org/10.1016/S2212-5671\(14\)00929-0](https://doi.org/10.1016/S2212-5671(14)00929-0)

Douglas, M., Wildavsky, A., 1983. *Risk and culture: an essay on the selection of technological and environmental dangers*, 1. paperback printing, 1983, [Nachdr.]. ed. Univ. of California Press, Berkeley, Calif.

Dovers, S.R., Handmer, J.W., 1992. *Uncertainty, sustainability and change*. Global Environmental Change 2, 262–276. [https://doi.org/10.1016/0959-3780\(92\)90044-8](https://doi.org/10.1016/0959-3780(92)90044-8)

- Gaspar, D., 2010, In K. O'Brien, A. L. St. Clair, B. Kristoffersen (Eds.), *Climate Change, Ethics and Human Security*, Cambridge: Cambridge Univ. Press, pp.23-46.
- Godschalk, D.R., 2003. *Urban Hazard Mitigation: Creating Resilient Cities*. Nat. Hazards Rev. 4, 136–143. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)1527-6988\(2003\)4:3\(136\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)1527-6988(2003)4:3(136))
- Holling, C.S.H.R., 1973. *Resilience and Stability of Ecological Systems*. Annual Review of Ecology and Systematics 1–23.
- Hollnagel, E., Woods, D.D., Leveson, N. (Eds.), 2006. *Resilience engineering: concepts and precepts*. Ashgate, Aldershot, England ; Burlington, VT.
- IPCC, 2012 – Field, C.B., Barros, V., Stocker, T.F., Dahe, Q. (Eds.), 2012. *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation: Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, 1st ed. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139177245>
- Keller, E.A., DeVecchio, D.E., Blodgett, R.H., 2014. *Natural hazards: earth's processes as hazards, disasters, and catastrophes*, 3rd ed. ed. Pearson Prentice Hall, Upper Saddle River, N.J.
- Khorram-Manesh, A. (ed.), 2017. *Handbook of Disaster and Emergency Management*. University of Gothenburg. Gothenburg.
- Lerner-Lam, A., 2007. *Assessing global exposure to natural hazards: Progress and future trends*. Environmental Hazards 7, 10–19. <https://doi.org/10.1016/j.envhaz.2007.04.007>
- Manyena, B., Machingura, F., O'Keefe, P., 2019. *Disaster Resilience Integrated Framework for Transformation (DRIFT): A new approach to theorising and operationalising resilience*. World Development 123, 104587. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2019.06.011>
- Odum, E.P., 1964. *The New Ecology*. BioScience 14, 14–16. <https://doi.org/10.2307/1293228>
- Pheng, L.S., Raphael, B. and Kit, W.K., 2006. *Tsunamis, some pre-emptive disaster planning and management issues for consideration by the construction industry*. Structural survey. Vol 24, No 5, pp. 378-396.
- Ravankhah, M.; Schmidt, M. Paper 1: Developing Methodology of Disaster Risk Assessment for Cultural Heritage Sites. In Proceedings of ANDROID Residential Doctoral School 4th International Conference on Building Resilience, Salford Quays, UK, 8–11 September 2014
- Tiepolo, M., 2014. *Flood Risk Reduction and Climate Change in Large Cities South of the Sahara*, in: Macchi, S., Tiepolo, M. (Eds.), *Climate Change Vulnerability in Southern African Cities*, Springer Climate. Springer International Publishing, Cham, pp. 19–36. https://doi.org/10.1007/978-3-319-00672-7_2
- Timmerman, P., 1981. *Vulnerability, Resilience and the Collapse of Society: A Review of Models and Possible Climatic Applications*.

Turner, B.L., Kasperson, R.E., Matson, P.A., McCarthy, J.J., Corell, R.W., Christensen, L., Eckley, N., Kasperson, J.X., Luers, A., Martello, M.L., Polsky, C., Pulsipher, A., Schiller, A., 2003. *A framework for vulnerability analysis in sustainability science*. Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. 100, 8074–8079. <https://doi.org/10.1073/pnas.1231335100>

UNISDR, 2005. *Hyogo Framework for Action 2005-2015: Building the Resilience of Nations and Communities to Disasters*. World Conference on Disaster Reduction, 18–22 January, 2005. Kobe, Hyogo, Japan. UN International Strategy for Disaster Reduction (UNISDR)

Watts, M.J., Bohle, H.G., 1993. *The space of vulnerability: the causal structure of hunger and famine*. Progress in Human Geography 17, 43–67. <https://doi.org/10.1177/030913259301700103>

Weichselgartner, J., 2001. Disaster mitigation: the concept of vulnerability revisited. Disaster Prevention and Management: An International Journal 10, 85–95. <https://doi.org/10.1108/09653560110388609>

Wilbanks, T.J., Sathaye, J., 2007. *Integrating mitigation and adaptation as responses to climate change: a synthesis*. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change 12, 957–962. <https://doi.org/10.1007/s11027-007-9108-3>

Capitolo 2

ANCSA, 1971. *Per una revisione critica del problema dei centri storici*, in L. Seassaro (a cura di), Atti del seminario di studio dell'ANCSA, (Gubbio, 5-6 settembre 1970), ANCSA 1971

Caniggia, G., 1976. *Strutture dello spazio antropico: studi e note*, Biblioteca di architettura: Saggi e documenti. UNIEDIT.

Carozzi, C., 1971. *Centri storici: questione aperta il caso delle Marche, Temi e problemi*. De Donato, Bari.

C.S.LL.PP., 2012. *Studio propedeutico all'elaborazione di strumenti d'indirizzo per l'applicazione della normativa sismica agli insediamenti storici* Gruppo di lavoro istituito con nota del Presidente del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici n. 7547 del 6.9.2010

D'Alessio, G., 1983. *I centri storici: aspetti giuridici, Territorio e casa*. Giuffrè, Milano.

Decreto Legislativo 22 gennaio 2004, n. 42, Codice dei beni culturali e del paesaggio, ai sensi dell'articolo 10 della legge 6 luglio 2002, n. 137 (G.U. n. 45 del 24 febbraio 2004, s.o. n. 28)

Di Gioia V., 1975. *Criteri di definizione dei centri storici* in "Civiltà delle Macchine" nn. 1-2 gennaio-aprile 1975

Di Stefano R., 1979. *Il recupero dei valori: centri storici e monumenti: limiti della conservazione e del restauro*, Edizioni Scientifiche Italiane, Napoli.

Di Treviri, E., 2021. *Sulle tracce dell'Appennino che cambia. Voci dalla ricerca sul post terremoto del 2016-2017*. il Bene Comune, Campobasso.

Dizionario enciclopedico di architettura e urbanistica, Istituto editoriale romano, 1969, vol. I, p. 537.

Giacomelli, M., Calcagni, F., 2022. *Borgofuturo+: un progetto locale per le aree interne*. Quodlibet, Macerata.

Giuffrè, A., Carocci, C., Baggio, C., Gruppo nazionale Difesa dai terremoti (Italy), Syracuse (Italy) (Eds.), 1993. *Sicurezza e conservazione dei centri storici: il caso Ortigia: codice di pratica per gli interventi antisismici nel centro storico*, 1. ed. ed, Misure. Editori Laterza, Roma.

Guarino, L., Sinisi, F., Turco, L., Turchi, A., Menghi, M., 2018. *La gestione dell'emergenza. Politiche e pratiche nel terremoto di nessuno.*, in: *Sul Fronte Del Sisma: Un'inchiesta Militante Sul Post Terremoto Del 2016-2017*. DeriveApprodi, Roma.

Monachesi, G., Castelli, V., Carluccio, I., Locati, M., Rovida, A., Calamita, C., Camassi, R., 2019. *AM(eri)Go: alla scoperta degli effetti dei terremoti nelle Marche: Un viaggio attraverso gli scenari sismici dei più forti terremoti storici umbro-marchigiani*. <https://doi.org/10.13127/AMERIGO.1>

Piccinato, L., 1993. *Urbanistica medievale*, 1. rist. ed, Universale di architettura. Ed. Dedalo, Bari.

Rovida, A., Locati, M., Camassi, R., Lolli, B., Gasperini, P., Antonucci, A., 2022. *Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI15), versione 4.0*. <https://doi.org/10.13127/CPTI/CPTI15.4>

Scarin, M.L.C., 1979. *Centri storici delle Marche centro meridionali*. Coopedit, Macerata.

Segnalini, O., 2000. *Metodi e strumenti per i centri storici delle Marche: il terremoto del 26 settembre 1997*. Istituto centrale per il catalogo e la documentazione (Italy), Istituto centrale per il restauro (Italy), Marche (Italy) (Eds.), Gangemi, Roma.

Strappa, G., 1995. *Unità dell'organismo architettonico: note sulla formazione e trasformazione dei caratteri degli edifici*, Muse dell'architettura. Ed. Dedalo, Bari.

Valeriani, E., Bertelli, A., 2018. *L'attività del Commissario Straordinario ed il futuro della ricostruzione del Centro Italia: una strategia sostenibile*. in: *Sul Fronte Del Sisma: Un'inchiesta Militante Sul Post Terremoto Del 2016-2017*. DeriveApprodi, Roma.

Vianello D., 1988, *Metodologia di analisi e progetto per i centri storici minori*, "Programma Indicatori Sociali e Organizzazione Territoriale ", (88-1), ISIG, Gorizia

Sitografia

Capitolo 1

GEM, 2018. *Global earthquake hazard and risk maps*. Global Earthquake Model Foundation (GEM). www.globalquakemodel.org/gem accessed 14/10/2020.

Grünthal, G., 1998. *The European Macroseismic Scale EMS*. www.gfz-potsdam.de/en/section/seismic-hazard-and-riskdynamics/data-products-services/ems-98-european-macroseismic-scale (accessed 14/10/2020)

UNDRR, 2015. *Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030*. United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR). URL https://www.unisdr.org/files/43291_sendaiframeworkfordrren.pdf

UNDRR, 2020. *Hazard definition and classification review*. United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR). URL <https://www.undrr.org/publication/hazard-definition-and-classification-review> (accessed 15/06/2022).

UNGA, 2016. *Report of the open-ended intergovernmental expert working group on indicators and terminology relating to disaster risk reduction*. Note by the Secretary-General. United Nations General Assembly (UNGA). Document No. A/71/644. <https://undocs.org/A/71/644>

UNGA, 2017. *Resolution adopted by the General Assembly on 2 February 2017. 71/276. Report of the open-ended intergovernmental expert working group on indicators and terminology relating to disaster risk reduction*. United Nations General Assembly (UNGA). https://www.unisdr.org/files/resolutions/N1702972_en.pdf

UNISDR, 2009. *Terminology on Disaster Risk Reduction. United Nations International Strategy for Disaster Reduction* URL: <https://www.unisdr.org/we/inform/terminology> (accessed 02/02/2019).

USGS, no date. *ShakeMap scientific background*. United States Geological Survey (USGS). <https://earthquake.usgs.gov/data/shakemap/background.php> Accessed 14/10/2020.

Capitolo 2

Censimento dei centri storici esposti al rischio sismico, n.d. . Home. URL <http://www.protezionecivile.gov.it/attivita-rischi/rischio-sismico/attivita/censimento-centri-storici> (accessed 04/05/2019).

ISTAT, 2017 - Caratteristiche dei territori colpiti dal sisma del 24 agosto, 26 ottobre e 30 ottobre 2016 e 18 gennaio 2017. URL <https://www.istat.it/it/archivio/199364> (accessed 18/06/2019).

Beni culturali. Centri storici, n.d. URL <https://lexambiente.it/materie/beni-culturali/171-dottrina171/1774-Beni%20culturali.%20Centri%20storici.html> (accessed 24/01/2022).

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia - sezione di Milano - Pericolosità sismica [WWW Document], n.d. URL <http://www.mi.ingv.it/pericolosita-sismica/> (accessed 04/09/2019).

La sismicità del territorio marchigiano [WWW Document], n.d. URL <http://siproci.provincia.mc.it/rischiosismico/conoscitiva/sismicitaMH.htm> (accessed 18/02/2019).

Terre di ricerca, 2019. Lo spettro dello spopolamento dopo il terremoto: un fantasma in carne ed ossa nelle Marche/ Gruppo di ricerca T3, 2018 . Lo stato delle cose. URL <http://www.lostatodellecose.com/scritture/lo-spettro-dello-spopolamento-terremoto-gruppo-ricerca-t3/> (accessed 28/01/2022).

PARTE SECONDA

L'approccio metodologico:
la conoscenza come strumento di valutazione per la resilienza

3 Resilienza vs Centri storici

Aspetti metodologici

80	3.1	Rischio sismico e vulnerabilità urbana
81	3.2	Strumenti vigenti per la prevenzione sismica
82	3.2.1	La microzonazione sismica
84	3.2.2	La Condizione Limite per L'Emergenza (CLE)
85	3.2.3	La Struttura Urbana Minima (SUM)
86	3.3	Metodi di studio per la definizione del rischio dei centri storici
91	3.4	Osservazioni di sintesi

3 Resilienza vs Centri Storici

Aspetti metodologici

Strettamente connessi al tema della resilienza sono una serie di concetti, legati per la verità più agli eventi sismici, ma funzionali a qualsiasi discorso inerente le situazioni di emergenza che potrebbero verificarsi all'interno di un insediamento urbano.

In Italia, solo recentemente (dopo il sisma che ha colpito Umbria e Marche nel 1998) si è acquisita maggiore coscienza del ruolo che assume la pianificazione urbanistica anche nell'ottica della prevenzione sismica.

L'analisi delle esperienze in materia di terremoti evidenzia infatti che il danno subito da un sistema urbano, in seguito ad un evento sismico, non è riconducibile alla sommatoria dei danni riportati dai singoli edifici. Appare evidente che il tradizionale approccio di natura prettamente ingegneristica sul comportamento strutturale dell'edificio non è, di per sé, sufficiente ad affrontare la questione del rischio sismico dei sistemi urbani, se non affiancato a un approccio più ampio e complesso che attiene alla comprensione del comportamento dell'intero insediamento e delle reciproche interazioni delle sue diverse componenti in risposta ad un terremoto.

In questo capitolo si affronterà il tema della resilienza urbana e del rischio sismico in relazione al sistema complesso dei centri storici. Verranno riprese tutte le tematiche relative al concetto di rischio e vulnerabilità in relazione al campo di applicazione dei centri storici marchigiani. Dopo un primo quadro d'insieme riguardante il concetto di vulnerabilità urbana si passerà alla descrizione degli strumenti urbanistici vigenti per la prevenzione del rischio sismico fino ad arrivare a definire lo stato dell'arte sulla valutazione del rischio sismico e della resilienza dei centri storici.

3.1 Rischio sismico e vulnerabilità urbana

Come sufficientemente descritti nella parte 1, il rischio sismico e la vulnerabilità sono argomenti di ampio raggio che vanno ad accogliere molteplici discipline. Tuttavia, quando si tratta di sistemi urbani di carattere storico, il concetto di rischio e soprattutto quello di vulnerabilità si fanno più complessi e vanno compresi e letti oltre che alla scala edilizia, anche alla scala urbana: considerare la pianificazione come mezzo per mitigare gli effetti dei terremoti significa ammettere che i danni sismici non sono solo correlati alle caratteristiche fisiche dei territori e degli edifici, ma anche alle caratteristiche tipologiche e funzionali degli insediamenti urbani. La prassi urbanistica consolidata, infatti, evidenzia ancora una separazione tra le scelte strategiche di piano e la prevenzione sismica, seppure negli ultimi venti anni si sia cercato di convergere verso una direzione più unitaria per cui l'approccio alla pianificazione urbanistica nelle zone sismiche debba essere necessariamente interdisciplinare. Perseguire tale obiettivo richiede senza dubbio una ridefinizione delle finalità dei piani alle diverse scale mirata a condurre le competenze della pianificazione territoriale verso il tema della prevenzione e mitigazione dei rischi. Si tratta dunque di delineare processi decisionali in materia di assetto del territorio in cui l'insieme delle indagini e delle valutazioni relative ai fattori di pericolosità e alle caratteristiche di vulnerabilità ed esposizione degli insediamenti viene assunta quale parte integrante del processo. I fattori che concorrono a determinare la vulnerabilità dei sistemi urbani e territoriali sono quindi di ordine tanto fisico quanto funzionale ed economico-sociale.

Nel trattare questo argomento in ambito urbano è necessario fare riferimento al concetto di *vulnerabilità urbana*, considerata come vulnerabilità del sistema urbano o territoriale, la cui quantificazione non è riconducibile semplicemente alla sommatoria della propensione al danno dei singoli elementi costitutivi del sistema: è, infatti, stata interpretata come funzione di una vulnerabilità edilizia, riferibile alle caratteristiche tipologiche e strutturali dei manufatti che li rendono più o meno propensi a danneggiarsi, di una vulnerabilità funzionale, riferibile a fragilità del sistema derivanti dalle relazioni che si instaurano tra le sue diverse componenti e infine di una vulnerabilità organizzativa e gestionale, riferibile a fragilità derivanti dal sistema di norme e dall'organizzazione delle strutture operative che rendono un territorio capace di fronteggiare la crisi post-evento.

Nella sola regione Marche, la quantità di danni e di vittime che si sono verificate negli ultimi decenni pongono in maniera prioritaria il problema del rischio sismico e della vulnerabilità in ambito urbano, con particolare problematicità rivolta verso la parte più antica delle città che deve la sua fragilità non solo alla natura dei manufatti edilizi ma anche alle condizioni di degrado fisico e sociale in cui essi molto spesso versano, così come all'ignoranza delle loro caratteristiche e peculiarità storico-artistiche.

Alla luce di queste considerazioni sembra opportuno nell'ambito dell'analisi del rischio sismico non soffermarsi al sistema "edilizio", ma attuare una serie di conoscenze dell'edificato (a maggior ragione se si parla di quello storico) che permetta di considerare tutte le possibili concatenazioni che si attuano nel momento dell'evento catastrofico e che perdurano negli anni successivi.

3.2 Strumenti vigenti per la prevenzione sismica

La cultura della prevenzione degli eventi catastrofici dei fenomeni sismici sui sistemi urbani non ha ancora trovato nel nostro Paese un pieno riscontro operativo: se la logica della ricostruzione si è affermata nel tempo come solida prassi operativa, la prevenzione tarda a divenire criterio ispiratore del governo (Galderisi, 2002). Negli ultimi anni, sempre a seguito di terremoti distruttivi (L'Aquila 2009, Emilia Romagna 2012, Centro-Italia 2016-2017), si assiste al passaggio da una cultura dell'emergenza ad una cultura della prevenzione ed a una più stretta integrazione delle problematiche relative al rischio sismico negli atti di pianificazione. Questa appare una carenza particolarmente grave in un paese e in una regione come le Marche in cui il numero dei centri urbani depositari di un grande patrimonio culturale ed esposti a rischio sismico sia così elevato.

L'evoluzione dell'approccio alla prevenzione, inoltre, lasciava, in prima istanza, la disciplina urbanistica ai margini del dibattito tecnico scientifico (Caldaretti, 2002), infatti, a partire dagli anni 2000, si vede l'affermarsi di due orientamenti opposti: il primo, orientato al miglioramento della risposta all'evento sismico della struttura resistente dell'edificio, affida all'urbanistica il compito di tradurre in chiave normativa le analisi di pericolosità e risposta sismica dei manufatti, di definire l'esposizione, e, talvolta, di mettere a punto procedure di calcolo della vulnerabilità urbana intesa come ampliamento, attraverso modelli statistici o analisi tipologiche, ad ambiti urbani delle analisi condotte sulla vulnerabilità edilizia (Galderisi, 2002); il secondo, interpretando la città come sistema spaziale ad elevata complessità, è orientato alla risposta all'evento sismico del sistema città, cercando di delineare metodologie di approccio urbanistico al tema della prevenzione e mitigazione del rischio.

Nel contesto normativo nazionale la potestà in materia di pianificazione antisismica spetta allo Stato. A partire dal 2003, a seguito dell'O.P.C.M. del 20 marzo per la prima volta l'intero territorio nazionale è stato considerato soggetto a pericolosità sismica, suddividendo il territorio italiano in quattro zone a sismicità crescente. Con l'O.P.C.M. del 28 aprile 2006 n. 3519 si raggiunge un nuovo grado di approfondimento, stabilendo come ciascuna regione debba eseguire l'aggiornamento della propria classificazione sismica che deve essere basata sull'effettiva pericolosità sismica di base del territorio, e dunque svincolata dai limiti amministrativi. Il territorio così classificato risulta suddiviso in differenti classi di accelerazione massima al suolo (a_g).

Ulteriori sviluppi normativi si sono succeduti a seguito dei sismi che hanno colpito l'Italia nell'ultimo decennio. Con l'O.P.C.M. n. 4007 del 2012 si introduce la valutazione della Risposta Sismica Locale che tiene conto delle modifiche che il moto sismico subisce nell'immediato sottosuolo a causa delle condizioni geologiche, morfologiche e geotecniche locali mediante la realizzazione della Microzonazione Sismica (MS). Con l'avvento di quest'ultima per la prima volta si vede inserire all'interno dei vigenti piani urbanistici uno strumento volto alla prevenzione al fine di controllare la compatibilità delle scelte di pianificazione territoriale con il livello di vulnerabilità sismica delle diverse zone in modo da rendere congruenti gli esiti della microzonazione con quelli di pianificazione alle

diverse scale. Congiuntamente alla Microzonazione viene introdotto un altro strumento volto, però, alla verifica dei sistemi emergenziali: la Condizione Limite per l’Emergenza (CLE)¹. Quest’ultima deve essere sempre condotta in concomitanza con gli studi di MS ed ha come obiettivo quello di definire un quadro generale per la gestione dell’emergenza sismica. La CLE costituisce un’analisi a posteriori sulla pianificazione dell’emergenza e non costituisce un elemento di progetto, tuttavia va poi recepita in termini di ricadute sulla pianificazione.

Nello scenario delle amministrazioni locali, nonostante esperienze innovative maturate in alcune Regioni, rimane una netta separazione tra pianificazione urbanistica e pianificazione del rischio. Le attuali leggi regionali integrano solo in maniera parziale politiche di prevenzione con la pianificazione ordinaria per il governo del territorio, . Un’eccezione è rappresentata dalla Regione Umbria, che con la LR 11/2005, che introduce la Struttura Urbana Minima (SUM) e lo inquadra come strumento chiave per ridurre la vulnerabilità sismica a scala urbana.

Con particolare attenzione all’ambito dei centri storici risulta necessario citare lo “Studio propedeutico all’elaborazione di strumenti di indirizzo per l’applicazione della normativa sismica agli insediamenti storici” presentato all’Assemblea Generale del Consiglio Superiore il 20 aprile 2012 effettuato con la finalità di effettuare una ricognizione delle problematiche connesse all’applicazione della normativa sismica negli insediamenti storici e di costituire una guida alla redazione di strumenti di indirizzo non cogenti. Tale studio è stato incentrato sul peculiare rapporto tra l’esigenza della conservazione dell’originario tessuto urbano ed edilizio degli insediamenti storici e la necessità di conseguire anche in tali ambiti adeguati livelli di sicurezza nei confronti delle azioni sismiche. A tale scopo, viene introdotto un approccio metodologico multidisciplinare di tipo sistemico esteso anche alle discipline urbanistiche, basato sul concetto di “vulnerabilità sismica urbana” considerata come l’attitudine al danno sismico che caratterizza ciascun insediamento ed è in gran parte collegabile all’organizzazione spaziale e funzionale propria di quel sistema urbano.

3.2.1 La microzonazione sismica

Uno degli aspetti qualificanti dell’attuazione del piano di prevenzione del rischio sismico previsto dall’articolo 11 della legge 24 giugno 2009, n. 77 è determinato dall’individuazione della microzonazione sismica (MS) nei singoli comuni, come strumento chiave per l’avvio di una strategia di mitigazione del rischio sismico (Naso, 2013).

Già dal 2009 i comuni italiani, a partire da fondi erogati a seconda della priorità stabilità sulla base della propria accelerazione al suolo (a_g) iniziavano gli studi di MS sul proprio territorio. Questi studi di Microzonazione Sismica (MS) hanno lo scopo di riconoscere, ad una scala sufficientemente grande, le condizioni geologiche e geotecniche locali che possono modificare sensibilmente le caratteristiche del moto sismico o possono produrre deformazioni permanenti del suolo.

¹ O.P.C.M. n. 4007/12 e l’O.P.C.M. n. 52/13,

Gli studi di MS sono sintetizzati in una carta del territorio nella quale sono indicate:

- le zone stabili (senza amplificazioni);
- le zone stabili (con amplificazioni);
- le zone instabili (suscettibili, se innescati dal sisma, di fenomeni di deformazione permanente del territorio come le frane, la liquefazione del terreno etc.);

In base ai diversi obiettivi, gli studi di MS possono essere condotti a vari "livelli" di approfondimento, con complessità crescenti, passando da un livello 1 fino a un livello 3:

- il livello 1 è un livello propedeutico ai veri e propri studi di MS, in quanto consiste in una raccolta di dati preesistenti, elaborati per suddividere il territorio in Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS);
- il livello 2 introduce l'elemento quantitativo (abachi) associato alle zone omogenee definite nel livello 1 ottenendo la carta di MS;
- il livello 3 restituisce una carta di MS con approfondimenti specifici su tematiche o aree particolari.

Ai fini della prevenzione sismica e della valutazione del rischio sismico, la MS è uno strumento indispensabile per i piani di governo del territorio, per la pianificazione per l'emergenza e per la progettazione di opere.

Gli studi di MS sono di fondamentale importanza nella pianificazione al fine di:

- orientare la scelta di aree per nuovi insediamenti;
- definire gli interventi ammissibili in una data area;
- programmare le indagini e i livelli di approfondimento;
- stabilire orientamenti e modalità di intervento nelle aree urbanizzate;
- definire priorità di intervento.

Nella pianificazione d'emergenza, sia di livello comunale che provinciale, gli studi di MS consentono una migliore e consapevole individuazione degli elementi strategici di un piano di emergenza ed in generale delle risorse di protezione civile. Infatti, la conoscenza dei possibili effetti locali indotti da un evento sismico su un territorio contribuisce a:

- scegliere aree e strutture di emergenza ed edifici strategici in zone stabili;
- individuare i tratti "critici" delle infrastrutture viarie

Nella progettazione di opere nuove o di interventi su opere esistenti, gli studi di MS evidenziano l'importanza di fenomeni quali le possibili amplificazioni dello scuotimento legate alle caratteristiche litostratigrafiche e morfologiche dell'area e dei fenomeni di instabilità e deformazione permanente attivati dal sisma.

Il Decreto legislativo del 9 febbraio 2017 n. 8 ha stanziato 6.5 milioni di euro per la realizzazione degli studi di microzonazione sismica di terzo livello sui territori dei Comuni del "cratere" sismico 2016 e 2017 a cui ha fatto seguito l'Ordinanza Commissariale n.24 del 12 maggio 2017 che ha assegnato i finanziamenti per gli studi di microzonazione sismica di terzo livello ai Comuni interessati dagli eventi sismici verificatisi a far data dal 24 agosto 2016 e la proroga dei termini di cui all'Ordinanza n.13 del 9 gennaio 2017.

Ad oggi, dunque, tutti i comuni del cratere sismico marchigiano sono dotati di studi di MS di terzo livello. La regione Marche, inoltre, si è dotata di un nuovo sistema informativo

territoriale regionale per la gestione dei rischi naturali e pianificazione di emergenza (QMap²) in cui sono contenuti tutti i dati elaborati nel territorio, con particolare riferimento alle carte geologiche, di microzonazione sismica, condizione limite per l'emergenza, piani di assetto idrogeologico, nonché i piani di emergenza comunali.

3.2.2 La Condizione Limite per l'Emergenza (CLE)

A seguito del manifestarsi dell'evento sismico, ed in concomitanza del verificarsi di danni fisici e funzionali tali da interrompere quasi totalmente le funzioni urbane presenti (compresa la residenza), si definisce Condizione Limite per l'Emergenza (CLE), quella condizione per la quale l'insediamento urbano conserva comunque, nel suo complesso, l'operatività della maggior parte delle funzioni strategiche per l'emergenza, la loro accessibilità e connessione con il contesto territoriale. La CLE si esegue pertanto a livello comunale, anche se è possibile effettuarla anche a livello intercomunale.

L'analisi della CLE è stata introdotta a partire dall'OPCM n. 4007/2012 che regola l'utilizzo dei fondi previsti dall'art. 11 del DL n. 39/2009 (Fondo nazionale per la prevenzione del rischio sismico) per l'annualità 2011 e viene condotta in concomitanza agli studi di microzonazione sismica (MZS) secondo gli standard nazionali adottati dal Dipartimento della Protezione Civile³ (Castenetto, 2013).

Per l'analisi della CLE di uno specifico insediamento è indispensabile innanzitutto identificare:

- le strutture finalizzate alla gestione dell'emergenza;
- il sistema di interconnessione fra tali strutture e il sistema di accessibilità rispetto al contesto territoriale;
- individuazione degli aggregati strutturali e delle unità strutturali che possono interferire con le infrastrutture di accessibilità e connessione.

A tal fine, le componenti analizzate si suddividono in cinque tipologie:

- edifici strategici (ES);
- aree di emergenza (AE);
- infrastrutture (AC);
- aggregati strutturali (AS)
- unità strutturali (US)

Ciascuna di queste componenti viene analizzata attraverso delle specifiche schede di rilevamento il cui contenuto è limitato alle caratteristiche fisiche e di uso dei manufatti, escludendo, tuttavia, ciò che concerne il modello organizzativo e le componenti funzionali del sistema insediativo.

L'analisi della CLE ha come obiettivo la ricognizione della situazione attuale, costituisce una verifica a posteriori sulla pianificazione di emergenza (Ioannilli, 2013), e non costituisce uno strumento di progetto. Per questa ragione i singoli elementi considerati sono da

² QMap - Protezione Civile Regione Marche, URL <https://qmap-protciv.regione.marche.it/cs/> (accessed 4.6.22).

³ Articolo 18, comma 4, dell'OPCM 4007/2012

identificare innanzitutto a partire dai piani di emergenza, dai piani urbanistici o da altri documenti già esistenti. Per assicurarsi che la CLE sia perseguita è necessario verificare che le parti del sistema urbano ritenute strategiche garantiscano funzionalità fisica e funzionale all'avvento del sisma e, nel caso in cui tali verifiche non siano soddisfatte, determinare le azioni necessarie per garantirne il comportamento atteso. È questo il processo che, nonostante non entri direttamente nella pianificazione, porta comunque a riformulare in maniera diversa il processo di preparazione all'emergenza, dando una chiave di lettura sistemica alla città nel suo raffrontarsi con il disastro, costituendo in questo senso un primo raccordo con la pianificazione urbanistica col fine, auspicabile, di indirizzare anche i piani urbanistici verso un approccio alla riduzione del rischio.

3.2.3 La Struttura Urbana Minima (SUM)

Il concetto di Struttura Urbana Minima (SUM), al contrario dei precedenti strumenti, viene introdotta con l'intento di definire, in un approccio mirato alla prevenzione sismica, la struttura minima resistente, ovvero la struttura urbana in grado di rimanere funzionante e di assicurare le funzioni vitali della città a seguito di un'emergenza sismica, di gestire, dunque, sia la fase emergenziale che quella post-evento.

La SUM viene definita dalla regione Umbria nelle Linee guida per la definizione della struttura urbana minima nel PRG⁴ come «un sistema di percorsi, spazi, funzioni urbane ed edifici strategici per la risposta urbana al sisma in fase di emergenza, e per il mantenimento e la ripresa delle attività urbane ordinarie, economico-sociali e di relazione in fase successiva all'evento sismico. La SUM costituisce il sistema essenziale per la tenuta al sisma dell'organismo urbano, anche in seguito alla possibile concatenazione di eventi collaterali causati dal sisma (incendi, frane, dissesti e fenomeni idrogeologici ecc.). [...]

La SUM è, insieme, una categoria analitica e di progetto: rispetto alla risposta urbana all'evento sismico, infatti, legge e interpreta l'esistente, considerando anche le trasformazioni previste o consentite dagli strumenti di pianificazione, e rispetto ad entrambi, si "dimensiona" e si organizza, anche prevedendo il necessario miglioramento o potenziamento di funzionalità. Il suo contenuto è, perciò, eminentemente previsionale.» Da questa definizione risulta evidente come la SUM si pone ad essere uno strumento progettuale, che passa dalla valutazione delle componenti del rischio integrando nel processo urbanistico le discipline "sismiche", fino alla definizione delle azioni e degli interventi che possono attenuare le criticità in ottica preventiva. Essa, inoltre, rappresenta uno strumento dal carattere strategico, in quanto, preso atto da parte della comunità dell'impossibilità di proteggere tutti gli elementi urbani, mette nella condizione di dover selezionare valori funzionali e identitari da preservare e a cui riservare le risorse a disposizione. Infine, fa parte di un processo facilmente integrabile con quello di costruzione di un piano urbanistico (Olivieri, 2013).

È di particolare importanza capire le relazioni possibili tra i diversi strumenti messi in

⁴ Regione Umbria, *Linee guida per la definizione della struttura urbana minima nel PRG*, gennaio 2010

campo dai diversi soggetti istituzionali che si occupano di riduzione del rischio sismico urbano e dalle specifiche normative da questi emanate, nello specifico, CLE e SUM. La prima grande differenza, è proprio il legame con la pianificazione territoriale e urbanistica. Mentre la SUM, in quanto categoria progettuale è strettamente relazionata agli strumenti di governo del territorio, i legami tra questi e CLE, come "standard minimo" per la gestione dell'emergenza e la prevenzione sismica, non sono ancora del tutto esplicitati, inoltre la CLE non è pensata con diretta attenzione alle ricadute spaziali delle categorie analitiche impiegate; le funzioni che si prendono in considerazione per la sua analisi sono pensate indipendentemente dal contesto, mentre la SUM è profondamente radicata nel territorio specifico. La CLE esprime un deciso orientamento alla gestione dell'emergenza, mentre è proprio il sistema delle funzioni urbane principali strategiche per la ripresa che rappresenta la specificità della SUM e il principale elemento di differenziazione rispetto alla CLE. La dimensione previsionale della SUM è uno dei suoi principali connotati e uno degli aspetti che, in prima approssimazione la differenzia maggiormente dalla analisi della CLE. In realtà, ogni condizione limite (e quindi anche la CLE) può essere individuata sia come riferimento per l'analisi e la valutazione di un insediamento allo stato attuale, sia come obiettivo: in questo senso, è possibile e utile inquadrare il sistema di gestione dell'emergenza individuato tramite l'analisi della CLE, riconsiderato alla luce delle condizioni di compatibilità urbana, in prospettiva urbanistica nell'ottica della mitigazione del rischio e della prevenzione sismica⁵.

3.3 Metodi di studio esistenti per la valutazione e gestione del rischio sismico nei centri storici

Come abbondantemente trattato nella prima parte del presente lavoro, il rischio sismico è la probabilità di danni se qualcuno o qualcosa è esposto a un pericolo, o in altre parole, è la probabilità che gli esseri umani subiscano perdite o danni al loro ambiente se sono esposti a un pericolo sismico durante un periodo di tempo specifico

Le azioni comuni per la riduzione del rischio mirano a ridurre i fattori causa dei disastri: riguardo i terremoti, è impossibile ridurre o prevedere il pericolo, pertanto, le strategie classiche di mitigazione del rischio si concentrano sulla riduzione della vulnerabilità e dell'esposizione per limitare gli impatti di un evento;

Vulnerabilità La vulnerabilità, come già specificato nel capitolo 1, si riferisce generalmente alla probabilità di accadimento di un danno al verificarsi di un pericolo.

I risultati più noti di un'analisi di vulnerabilità sono le funzioni di fragilità, funzioni matematiche che esprimono la probabilità che si verifichino eventi indesiderati (generalmente che una struttura superi una soglia o uno stato limite o uno stato di danneggiamento) in funzione di una certa misura di intensità (misura dell'accelerazione, misura dello spostamento o altra misura dell'eccitazione sismica). In altre parole, come riportato nella guida di Porter (2021), le funzioni di fragilità rappresentano la probabilità

⁵ *Indicazioni di metodo e sperimentazioni per l'analisi della Condizione limite per emergenza della Struttura urbana minima. DGR n. 793 del 18/7/2011 - Determinazione dirigenziale n. 3928 del 23/5/2012*

che una quantità incerta sia minore o uguale a un dato valore, in funzione di quel valore (funzione di distribuzione cumulativa).

La capacità delle curve di fragilità di prevedere correttamente la distribuzione di probabilità del danno dipende dal livello di dettaglio dei dati raccolti generando modelli numerici che potrebbero simulare al meglio il comportamento dell'edificio.

In letteratura esistono quattro approcci per sviluppare le funzioni di fragilità:

- Giudizi di esperti
- Metodo empirico
- Metodo analitico
- Metodo ibrido

Il primo metodo è quello basato solo sulla conoscenza di un gruppo di esperti nel campo dell'ingegneria sismica. Forniscono la distribuzione di probabilità del danno atteso risultante dal verificarsi di un terremoto di una determinata intensità. È un metodo semplice e generalmente si basa sull'uso di questionari, sull'esperienza e sulla quantità degli esperti consultati. Tuttavia, i forti svantaggi di questo approccio sono la sottovalutazione delle incertezze e la mancanza di credibilità perché le funzioni di fragilità sono costruite solo sulla base dell'esperienza individuale degli scienziati e degli ingegneri e, pertanto, le informazioni non possono essere testate o validate in modo incrociato.

L'approccio empirico si basa sullo sviluppo della funzione di fragilità basata su precedenti eventi sismici. I dati sono derivati interamente dall'osservazione del comportamento effettivo degli edifici nei terremoti passati. Per alcune classi di strutture si presume, infatti, che i danni derivati dai terremoti precedenti saranno gli stessi per i terremoti futuri. Il principale vantaggio di questo approccio è la credibilità dei dati: essi rappresentano un quadro realistico del luogo analizzato, che può essere utile per analizzare il rischio a livello territoriale, raggruppando le strutture in classi di vulnerabilità. D'altra parte, i principali inconvenienti del metodo empirico sono l'incompletezza dei dati osservati per alcuni casi studio e il fatto che molte tipologie di edifici non hanno ancora subito forti scosse, tali da dedurre il comportamento.

Il metodo analitico utilizza simulazioni stocastiche o numeriche della risposta sismica di qualsiasi tipo di struttura ed è utile quando i dati osservati o i giudizi di esperti non sono completamente disponibili. Tuttavia, è un metodo che richiede tempo in termini di stima del comportamento di un edificio o di una classe di edifici. Inoltre, è un approccio che introduce una variabilità significativa.

Infine, il metodo ibrido si basa sulla combinazione del metodo sperimentale e analitico (Kappos et al., 2018). In questo caso l'analisi di vulnerabilità viene effettuata costruendo la parte di ciascuna matrice di probabilità di danno per cui sono disponibili i dati statistici dei terremoti passati e la restante parte della matrice dei danni dai risultati ottenuti dall'analisi analitica. Lo svantaggio principale di questo approccio è la necessità di una maggiore quantità di dati dovuti alla combinazione dei due metodi.

Alla luce di quanto illustrato precedentemente e tenendo in considerazione l'intento di questa tesi di sviluppare un metodologia speditiva a livello urbano, si tratteranno di seguito i metodi empirici.

La valutazione della vulnerabilità attraverso l'approccio empirico deriva dall'osservazione della distribuzione del danno negli edifici dopo eventi sismici passati. Questo approccio è il più realistico e vengono presi in considerazione la maggior parte dei dettagli come l'interazione suolo-struttura, la topografia, il sito, il percorso e le caratteristiche del caso studio. Tuttavia, questa condizione implica la necessità di grandi quantità di dati osservati a seguito del sisma.

I metodi empirici possono essere raggruppati in tre categorie principali:

- Matrice di Probabilità di Danno (DPM)

Questo metodo si basa sull'osservazione sul campo ed esprime in forma discreta la probabilità condizionata che si raggiunga un livello di danno data un'intensità sismica. Il loro utilizzo principale è la previsione probabilistica dei livelli di danno sugli edifici. Infatti, questo metodo si basa sui dati riferiti ai danni dei terremoti passati e considera la correlazione tra l'intensità sismica, il materiale, e i metodi costruttivi delle diverse zone. Pertanto, ciascuna matrice viene applicata a un particolare tipo di struttura dando la probabilità di raggiungimento di determinati livelli di danno a seguito di terremoti di varia intensità. L'ipotesi principale su cui si basa questo metodo è che le strutture in oggetto abbiano le stesse caratteristiche strutturali e la stessa risposta sismica. Ne consegue che questi gruppi di edifici hanno la stessa probabilità di danno.

I principali limiti di questo approccio sono la definizione discreta del danno e la sua limitata applicabilità a causa della forte dipendenza dall'area sismica e dal contesto geografico e architettonico.

Questo metodo è stato ampiamente utilizzato in passato per diverse applicazioni. Un esempio è lo studio di Braga del 1982 dopo il terremoto in Irpinia (Braga et al., 1982) che proponeva uno studio statistico sui danni edilizi utilizzando la scala MSK-76. Anche dopo il terremoto del Friuli è stato proposto un quadro concettuale per una valutazione su larga scala della vulnerabilità sismica dell'edificio mediante il DPM. Viene mostrata una metodologia per la previsione della vulnerabilità degli edifici residenziali in tre zone sismiche del Veneto-Friuli, classificandoli in classi di vulnerabilità secondo la scala macrosismica dell'EMS98 (Bernardini et al., 2008). Dolce et al. ha proposto uno scenario di danno rilevante per il patrimonio edilizio del comune di Potenza, nel sud Italia, dove la valutazione della vulnerabilità viene effettuata utilizzando le DPM di quattro classi di vulnerabilità che vanno dalla classe alta (classe A) alla classe bassa (classe D) secondo l'EMS-98 (Dolce et al., 2003).

Giovinazzi e Lagomarsino (2006) hanno proposto un metodo in cui le DPM sono valutate per le sei classi di vulnerabilità considerate dalla scala EMS98: le curve di vulnerabilità sono derivate per queste classi e per diverse tipologie edilizie.

- Indice di vulnerabilità (I_v)

Questo metodo valuta la vulnerabilità sismica degli edifici storici calcolando un indice di vulnerabilità, utilizzando parametri specifici che influenzano la risposta sismica dell'edificio.

Gli attuali metodi che si basano su I_v sono stati sviluppati e calibrati sulla base di tipologie costruttive specifiche. Tra gli approcci tradizionali applicati sull'edilizia storica in aggregato: il metodo GNTD, il metodo Formisano (2010) e l'approccio utilizzato da Vicente (2010).

	Vulnerability Parameters	Short Description	Vulnerability Class				Weight		
			A	B	C	D			
GNDT (1994)	P1	Organization of vertical structures	Age of the construction and connection typology between the walls		0	5	20	45	1
	P2	Nature of vertical structures	Vertical element typology		0	5	25	45	0.25
	P3	Qualitative resistance	Walls' shear strength assuming box behaviour		0	5	25	45	1.5
	P4	Location of building and type of foundation	Slope and quality of the foundation soil		0	5	25	45	0.75
	P5	Floor typology	Quality of floor type considering stiffness and connection with the walls		0	5	15	45	1
	P6	Plan regularity	Length/width ratio of the building plan		0	5	25	45	0.5
	P7	Height regularity	Mass variation in elevation and the presence of arcades or towers		0	5	25	45	1
	P8	Distribution of plan resisting elements	Spacing between walls		0	5	25	45	0.25
	P9	Roof typology	Weight and characteristics (thrust) of the roof		0	15	25	45	1
	P10	Non-structural elements	Presence, typology and connection to the building		0	0	25	45	0.25
	P11	Physical conditions	Masonry quality and cracking scenario		0	5	25	45	1

Fig. 1. Parametri adottati nella metodologia IV sviluppata da Benedetti Petri (1984)

Il metodo GDNT (Benedetti e Petri, 1984) adotta per la valutazione dell' I_v undici parametri (ovvero P1 a P11) e quattro classi di vulnerabilità (da A a D, essendo A la condizione migliore e D la peggiore); il metodo è stato sviluppato per edifici isolati, tenendo conto della loro geometria, delle caratteristiche strutturali e non, delle tipologie di solaio e copertura, dello spessore delle pareti e dello stato di conservazione. Il valore massimo dell'Indice non normalizzato ottenibile è pari a 382,5 (Fig.1) .

Con l'obiettivo di migliorare la procedura precedente considerando gli aggregati edilizi e l'interazione tra le unità strutturali, Formisano (2010) ha introdotto cinque parametri aggiuntivi: la posizione dell'unità strutturale nell'aggregato, la percentuale di aperture nelle pareti di facciata, la presenza di solai sfalsati, la differenza strutturale tra unità strutturali adiacenti e l'interazione di edifici vicine con diverse altezze.

Il metodo Vicente (2010) ha introdotto 4 macro-classi di parametri relativi al sistema costruttivo strutturale, alle irregolarità e interazione, a solai e copertura, allo stato di conservazione e ad altri elementi; Sono stati inoltre introdotti 3 nuovi parametri.

L'affidabilità di questa metodologia è stata recentemente verificata attraverso l'osservazione di reali danni sismici sugli edifici in muratura di Campi Alto di Norcia (Italia) colpiti i terremoti del 24 agosto e del 30 ottobre 2016 (Romis et al., 2021).

Tra i recenti sviluppi, è possibile citare Brando et al. (2021) che adotta solo otto variabili della scheda CARTIS ritenuti più significativi sul comportamento sismico di un edificio per lo sviluppo di un nuovo modello predittivo.

- Curve di vulnerabilità continue

Questo approccio definisce funzioni continue per esprimere la vulnerabilità di un edificio o classi di edifici. Descrive la probabilità di superamento di uno specifico stato di danno data un'intensità sismica. Il danno riportato degli edifici è il danno osservato nel corso degli eventi sismici passati.

Tutte le funzioni di vulnerabilità hanno un valore di dispersione per tutti gli stati di danno data una classe edilizia, per tener conto delle incertezze. Inoltre, si presume che tutti i livelli di danno siano correlati e che un livello possa essere derivato dagli altri.

Tuttavia, lo svantaggio principale di questo approccio è la possibilità di avere una mancanza di dati: se per un caso di studio i dati sui danni sono parziali, l'applicabilità di questo approccio è limitata. Infatti, questo approccio è considerato robusto solo se viene fornito un database considerevole e se è costituito da dati estesi, utili a calibrare le curve e a correlare il danno osservato con quello atteso.

In letteratura, molti studi sono stati effettuati utilizzando funzioni empiriche di vulnerabilità su diversi tipi di edifici quali chiese, edifici monumentali, edifici aggregati, strutture in ca e strutture in muratura.

Sono stati effettuati studi approfonditi in particolare dopo il terremoto de L'Aquila e del centro Italia attraverso i dati raccolti dalla Protezione Civile e inseriti in una piattaforma Web-Gis denominata Da.D.O. (Osservato Database danni) al fine di archiviare e condividere i dati delle rilevazioni dei terremoti passati, inserendo i dati delle schede AEDES (Dolce et al., 2019). Tale quantità di dati è stata utilizzata anche per sviluppare funzioni di fragilità per murature ordinarie (Del Gaudio, 2021) ed edifici RC (Del Gaudio et al., 2017) e classificando le curve di fragilità per classi di vulnerabilità.

I tre tipi di classificazione sono piuttosto diversi e i ricercatori concordano sul fatto che la valutazione della vulnerabilità a scala urbana non può basarsi su modelli numerici a causa delle difficoltà nel raggiungere una conoscenza uniforme e dettagliata dell'intero insediamento; inoltre, i metodi empirici come DPM e Iv sono stati tradizionalmente utilizzati per lo studio degli edifici in muratura e sono calibrati su dati di danno ottenuti da rilievi e osservazioni sul campo post-terremoto.

Esposizione L'esposizione nei centri storici coinvolge diversi fattori, vale a dire persone, popolazione o visitatori, edifici e beni patrimoniali, mobili o immobili, materiali o immateriali. L'esposizione umana è solitamente quantificata dai dati del censimento residenziale che si riferiscono purtroppo all'intero comune. Solo in alcuni casi e dopo un'elaborazione preliminare e dispendiosa in termini di tempo, è possibile estrarre questa formazione dai tracciati censuari che potrebbero corrispondere al centro storico.

L'analisi della perdita sismica è importante per il processo decisionale, essa è definita come (i) perdite economiche dirette associate alla riparazione del danno all'interno di una struttura; (ii) perdite dirette associate a infortuni e vittime; e (iii) perdite indirette associate alla perdita di reddito dovuta all'interruzione dell'attività. Generalmente, queste tre forme di perdite (danni, decessi e tempi di fermo) sono note come "3D" (Bradley et al. 2008) e sono state spesso applicate al tessuto edilizio residenziale dei centri storici (Borzi et al., 2019; Dolce et al., 2021; De Martino et al., 2017). Tuttavia la monetizzazione delle perdite nei beni culturali è un compito difficile, pertanto la ricerca recente si sta concentrando sulla potenziale perdita di valori del patrimonio attraverso indicatori non economici (Romão e Paupério, 2021b; Giuliani et al. 2021).

Una volta combinate le informazioni su pericolosità, vulnerabilità ed esposizione è possibile ottenere la mappa del rischio. Tuttavia, nel contesto dei centri storici è necessario tenere conto dei principi di conservazione basati sul concetto di autenticità e sull'importanza di preservare il contesto storico e fisico degli edifici e dei siti storici.

3.4 Osservazioni di sintesi

Per quanto riguarda la componente di resilienza, anche se in alcuni campi sono stati sviluppati framework e approcci quantitativi, (Cimellaro et al., 2010; Menoni et al., 2012) metodologie che affrontano aspetti specifici relativi alla conservazione dei beni del patrimonio culturale sono ancora largamente indisponibili. In questo caso particolare, la prevenzione allo scopo di far fronte alle conseguenze dei disastri è comunemente affrontata da misure pre-evento come l'attuazione di programmi di formazione nelle procedure di emergenza/recupero o, come descritto nel capitolo, attraverso l'applicazione della CLE e della SUM le quali, per essere in grado di fornire indicazioni utili nelle diverse fasi del DRM necessitano di indagini specifiche effettuate sui differenti sottosistemi funzionali e formali dell'insediamento urbano attraverso cui giustificare le scelte progettuali a diverse scale di intervento e fornire indicazioni in merito alla priorità degli interventi.

Tuttavia, quando si tratta di beni culturali, la natura multidimensionale del valore del bene e la complessità della sua valutazione (De la Torre, 2002) rappresentano un grosso ostacolo concettuale. Pertanto, in tali casi, prevedere il tempo e le risorse che potrebbero essere necessarie per ripristinare la funzionalità e la qualità è molto più difficile. Sulla base di queste descrizioni, l'applicabilità di un quadro che implica una procedura di valutazione del rischio completa e il regolare aggiornamento dei suoi risultati nel tempo deve integrare le seguenti questioni chiave (Romão et al., 2016):

- (1) dati affidabili e sufficienti per stabilire modelli di rischio adeguati;
- (2) dati sufficienti e affidabili sulle attività a rischio;
- (3) procedure adeguate per modellare la vulnerabilità;
- (4) modelli adeguati per prevedere le conseguenze multidimensionali dell'evento pericoloso;
- (5) risorse umane, di tempo e economiche sufficienti.

Nel contesto di una procedura di valutazione del rischio per i beni del patrimonio culturale, 4 è la questione più difficile da affrontare, indipendentemente dal rischio implicato. Inoltre, è possibile considerare che affrontare con successo 1, 2 e 3 dipenda dalla disponibilità di 5. Nella maggior parte dei casi, queste risorse definiranno i limiti dell'ambito e della completezza di un'analisi del rischio e saranno anche fondamentali per il successivo aggiornamento e monitoraggio periodico dei risultati della valutazione del rischio nel tempo. Pertanto, quando si ha a che fare con un gran numero di beni del patrimonio culturale, è importante disporre di una metodologia semplice che possa essere utilizzata per l'analisi preliminare del rischio di tali beni, per stabilire le priorità di mitigazione del rischio o per identificare i beni che richiedono analisi più dettagliate e risorse. Romão et al. (2016) ha applicato un tipo di approccio qualitativo per la definizione di un metodo semplificato per l'analisi del rischio in cui quest'ultimo è definito da una stima non numerica semplificando l'analisi del rischio riducendo gli input

e i calcoli richiesti a una serie di giudizi. Le semplici categorie di rischio prodotte come output possono quindi essere comunicate ai responsabili politici e alle parti interessate in modo più semplice. Le analisi qualitative sono utili in situazioni in cui teoria, dati, tempo o esperienza sono limitati, ma forniscono anche risultati adeguati quando i decisori necessitano solo di una valutazione qualitativa del rischio. Inoltre, possono essere utili anche per problemi in cui l'analisi quantitativa del rischio è impraticabile. Questo metodo è stato implementato da Giuliani et al. (2020) che nella metodologia qualitativa inserisce anche alcune valutazioni quantitative di rischio. Allo stesso modo, la strategia applicata da D'Amico e Currà (2018) individua le possibili correlazioni qualitative e quantitative tra l'ambito strutturale/analitico e urbanistico/sistemico, individuando una Matrice delle Priorità per un'ottimizzazione temporale della pianificazione preventiva.

4 Il modello operativo

Il framework per la valutazione della resilienza

98	4.1	Q-Gis based multicriteria framework: GIS come strumento per la gestione e rielaborazione dei dati
102	4.2	La raccolta dei dati: dall'evoluzione storica alla configurazione strutturale
105	4.3	Valutazione della vulnerabilità dei centri storici
108	4.4	La definizione degli scenari di danno
111	4.5	Perdite attese
113	4.6	Urban Resilience Assessment per i centri storici

4 Il modello operativo

Il framework per la valutazione della resilienza

La conoscenza dell'edificato storico è un presupposto fondamentale sia ai fini di una attendibile valutazione della sicurezza sismica attuale sia per la scelta di un efficace intervento di miglioramento. Si ha pertanto la necessità di affinare tecniche di analisi ed interpretazione dei manufatti storici su scala territoriale mediante fasi conoscitive dal diverso grado di attendibilità, anche in relazione al loro impatto.

La conoscenza può infatti essere conseguita con diversi livelli di approfondimento, in funzione dell'accuratezza delle operazioni di rilievo, delle ricerche storiche, e delle indagini sperimentali. Lo studio dell'evoluzione e delle caratteristiche dell'edificato è teso alla definizione di un modello interpretativo che consenta, nelle diverse fasi della sua calibrazione, un'interpretazione qualitativa del funzionamento strutturale.

In questo capitolo verrà presentato il framework sviluppato per la valutazione della resilienza attraverso l'applicazione di sei fasi operative che, partendo dalla raccolta e calibrazione dei dati arrivano alla definizione di un *resilience scenario* per i centri storici.

Il grado di attendibilità del modello sarà strettamente legato al livello di approfondimento ed ai dati disponibili. Da questo punto di vista vengono introdotti diversi livelli di conoscenza che ci consentiranno di avere un quadro quanto più attendibile possibile.

Le fasi di seguito descritte sono state applicate su due centri storici marchigiani ed infine il metodo sarà riapplicato, con le dovute accortezze, su un caso studio europeo.

4.1 Qgis based multicriteria framework: il GIS come strumento per la gestione e rielaborazione dei dati

Il modello messo a punto si fonda su una conoscenza organizzata dei dati costruttivi, evolutivi e di vulnerabilità alla scala di edificio e di aggregato e ne prefigura la redazione in fase pre-evento, fuori dall'emergenza. Gli scenari predittivi del danno, basati su analisi di vulnerabilità sismica presenti in letteratura vanno ad individuare gli scenari di danno atteso, con la conseguente valutazione delle perdite che consentirà di ottenere una mappa del rischio sismico del centro storico. Attraverso ulteriori analisi, talvolta qualitative, si otterrà una matrice di priorità per definire gli scenari di resilienza a supporto delle fasi preventive del DRM.

In accordo con quanto definito dal Sendai Framework, il modello è stato strutturato come un processo iterativo, continuamente implementabile e gestito attraverso una piattaforma GIS, in particolar modo il programma open source Qgis, di semplice lettura e accessibile a chiunque.

Un GIS è uno strumento informatico in grado di archiviare, gestire, elaborare, confrontare, correlare e visualizzare un gran numero di variabili spaziali, derivate da diversi dataset georeferenziati, utili a molti tipi di applicazioni, ad esempio valutazione del rischio e dell'impatto ambientale, risposta e gestione delle emergenze, pianificazione urbanistica, cartografia, riguardanti aree territoriali più o meno estese. Inoltre, i GIS sono flessibili, disponibili gratuitamente, open source e in grado di contenere informazioni multi-hazard; infatti, nell'ultimo decennio sono stati realizzati, raccolti, elaborati ed integrati in banche dati spaziali qualitative e quantitative dati geotecnici, topografici, geologici, di pericolosità e varie immagini satellitari, consentendo lo sviluppo di diverse tipologie di Modellazione basata su GIS (Jena et al. 2020). L'analisi GIS permette di eseguire un notevole numero di operazioni che vanno dalla semplice visualizzazione grafica dei dati inseriti per giungere a complesse elaborazioni analitiche. Le query (ricerca e selezione, all'interno di una classe di elementi, di un numero limitato di essi definiti sulla base di alcuni parametri oggetto della ricerca) risultano uno strumento molto utile per incrociare informazioni di diversa natura, in modo immediato e graficamente efficace. Il GIS, inoltre, consente di eseguire delle interrogazioni sui dati che permettano di ottenere gli stessi risultati in tempi rapidi e con una istantanea resa grafica. Inoltre, altra potenzialità non trascurabile di tale strumento, è la possibilità di aggiornare continuamente le informazioni a poco a poco disponibili sugli edifici, creando un univoco database georeferenziato.

Per questi motivi, il GIS rappresenta anche un potente strumento nel campo della vulnerabilità sismica e della valutazione del rischio su larga scala, quando tutti gli approcci e le metodologie devono basarsi su un ampio e accurato insieme di informazioni. Tuttavia, a questa scala di applicazione, l'accessibilità, la disponibilità e l'affidabilità dei dati rappresentano l'ostacolo principale da superare, e il focus dovrebbe essere sulle procedure di raccolta dei dati e sul miglioramento dei metodi per indagare la vulnerabilità sismica degli edifici (Vona et al., 2017).

L'utilizzo di sistemi informativi per finalità simili è già stato proposto in più occasioni da diversi gruppi di ricerca, a testimonianza del fatto che tale strumento si presta a diversi

impieghi e rappresenta ad oggi uno dei mezzi più funzionali per la gestione di grandi quantità di informazioni di diversa natura. Tra i casi studio già sviluppati sull'uso di software GIS per la valutazione della vulnerabilità e del rischio sismico sui centri storici, è possibile menzionare Formisano (2010), Maio(2016), Catulo (2018), Spacone(2021) Leggieri (2022).

In tutti gli studi sopra citati, il GIS rappresenta uno strumento fondamentale per la vulnerabilità sismica e la valutazione del rischio su larga scala, consentendo le seguenti operazioni:

- la gestione di un gran numero di dati georeferenziati;
- l'integrazione e il trattamento di più strati informativi;
- la rapida attuazione di diverse procedure di valutazione su larga scala
- l'elaborazione di dati e risultati in mappe tematiche semplici ed immediate.

All'interno di questo processo, il passaggio chiave è la derivazione di tutte le possibili informazioni sugli edifici esistenti da diversi tipi di fonti e diversi approcci di raccolta dei dati, con l'obiettivo di costruire un quadro conoscitivo adeguato per l'implementazione di procedure di valutazione sismica. Vale la pena notare che, in tutti gli studi e le applicazioni citati in precedenza, il punto di partenza era un'ampia varietà e quantità di dati, tuttavia spesso non è possibile fare affidamento su un quadro informativo così completo perché è necessario ricavare i dati mancanti sfruttando e integrando fonti limitate. In questo quadro, il presente lavoro si contestualizza proponendo un approccio adatto a tutte le circostanze relative alla scarsità di dati, tempi e risorse economiche che sia in grado di ricavare informazioni mancanti sul patrimonio edilizio esistente, dalla scala urbana fino alla scala edilizia, senza ricorrere a approfondite e onerose ispezioni sul campo, con l'obiettivo di realizzare uno strumento informativo facilmente ricercabile e dinamicamente implementabile sfruttando le potenzialità del GIS e applicando metodologie speditive che consentano di avere un quadro conoscitivo quanto più completo possibile nelle tempistiche della pianificazione.

Molte regioni usano correntemente la cartografia GIS per ordinare i dati disponibili, alcune anche in maniera molto avanzata e dettagliata. Per quanto riguarda la regione Marche, tutti i dati disponibili in regione sono georeferenziati ma talvolta non direttamente disponibili in formati GIS. In particolare, nell'ambito di questa tesi, sono stati implementati i seguenti strumenti ed utilizzati come layer di base per i successivi sviluppi:

- Carta Tecnica Regionale per la Regione Marche (CTR)¹;
- dati geografici in formato shape ed i relativi dati censuari in formato tabellare²
- cartografia rappresentante le informazioni catastali, fornita in modalità WMS (Web Map Service) dal geoportale cartografico dell'Agenzia delle Entrate³.

Questi servizi, fruibili in maniera semplice ed immediata, hanno costituito il livello di

¹ <http://giscartografia.regione.marche.it/MarcheCTR/>

² <http://www.istat.it/it/larchivio/104317>

³ <https://geoportale.cartografia.agenziaentrate.gov.it/age-inspire/srv/ita/catalog.search#/home?pg=homegeopoimap>

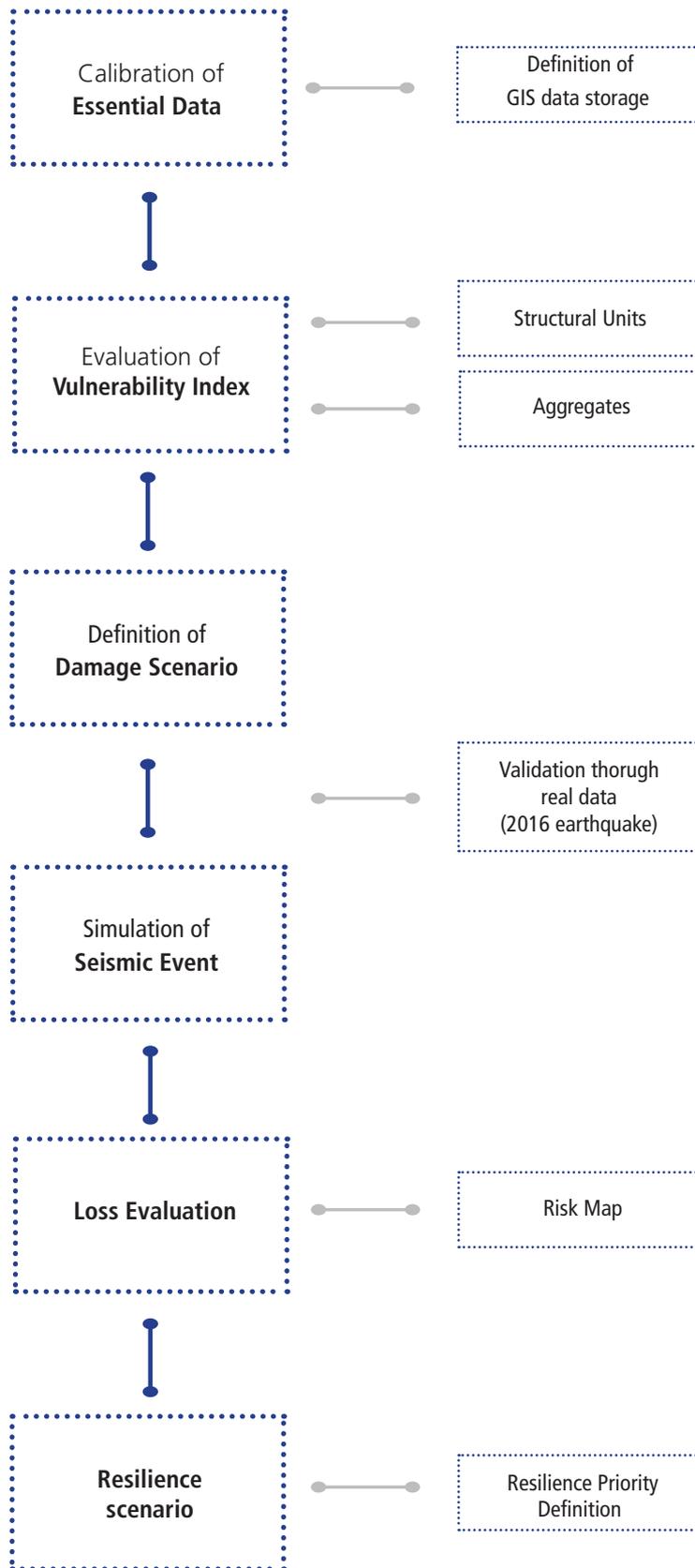


Fig. 1. Modello operativo

base su cui poi proiettare tutti i dati successivi. In particolare, è stato possibile raggruppare le informazioni per tipo attraverso un codice univoco individuato per ciascun elemento della cartografia e di implementare nel software tutti i dati raccolti descritti nel prossimo paragrafo.

Si noti che nel capitolo 7, facendo riferimento ad un caso studio europeo, le informazioni di base utilizzate sono necessariamente diverse, tuttavia, l'approccio utilizzato è il medesimo e si rimanda alla sezione specifica per una trattazione adeguata.

Il framework proposto si basa principalmente su sei fasi operative (Fig. 1) la cui attendibilità dipende molto dalla quantità e qualità dei dati inseriti nel sistema. Più i dati saranno corretti e approfonditi, e quindi portati ad un livello di conoscenza superiore, più il risultato ottenuto sarà affidabile.

Le sei fasi operative sono le seguenti:

- 1** Calibrazione dei dati
- 2** Valutazione della vulnerabilità del centro storico
- 3** Definizione degli scenari di danneggiamento
- 4** Simulazione dell'evento sismico (e validazione del metodo attraverso dati reali)
- 5** Stima delle perdite attese
- 6** Definizione dello scenario di resilienza

La fase cardine è quella di definizione, raccolta e implementazione dei dati su piattaforma gis. Essi derivano da diverse fasi di conoscenza e approfondimento del centro storico, in primis dall'imprescindibilità della conoscenza dell'evoluzione storica come principio fondamentale, a cui deve seguire la ricognizione e il riconoscimento dei caratteri identitari dei luoghi. Le informazioni, invece, di tipo tecnico sono state raccolte attraverso i dati provenienti dalle schede AeDES per quanto riguarda il terremoto del 2016. A seconda della precisione che si intende avere nella valutazione è necessario avere molte informazioni sul costruito che permettono di avere una minore dispersione del risultato. Le informazioni ottenute attraverso la fase 1 rappresentano un primo livello informativo per avviare la successiva fase d'individuazione della vulnerabilità dei singoli aggregati edilizi e delle unità strutturali (fase 2). Una volta ottenuto l'indice di vulnerabilità relativo ai singoli edifici è stata applicata una metodologia di calcolo del danno medio atteso (fase 3). La correlazione tra l'input sismico e il danno atteso è espressa in termini di curve di vulnerabilità in funzione della vulnerabilità valutata, descritta da una funzione analitica chiusa. Nello specifico si è poi applicata questa procedura su un singolo evento sismico (fase 4) in modo da confrontare i dati reali con i dati teorici. Sulla base dei dati già in possesso relativi a tipologia costruttiva, area totale dei piani e popolazione residente, vengono calcolate le perdite attese dovute al sisma (fase 5). Si è calcolato pertanto la perdita economica, la perdita di vite umane e l'impatto sull'edificato. Questi risultati parziali possono essere combinati moltiplicando la probabilità di accadimento di ciascun livello di danno, ottenendo così la mappa di rischio. La strategia finale per la valutazione della resilienza si costruisce attraverso un approccio di tipo matriciale coniugando i dati delle analisi sul dato costruito e quelli di lettura sistemica a scala di tessuto, per un'ottimizzazione temporale della gestione del processo e della pianificazione preventiva,

finalizzata alla definizione di un ordine di priorità di intervento.

Per la definizione e la sperimentazione del modello si è ricorso a due casi studio delle Marche meridionali appartenenti alle categorie di comuni piccoli e medi: Vezzano (AP), frazione di Arquata del Tronto, piccolo comune (classe di popolazione <5mila abitanti) e Camerino, comune di medie dimensioni (tra 5mila e 50mila abitanti), e, infine si è tentata la sperimentazione del framework su un caso studio estero (Lisbona).

Entrambi sono caratterizzati da un centro storico ben conservato e sono stati colpiti dal sisma 2016-2017. Sui due casi si è proceduto alla lettura degli elementi della componente edilizia, delle caratteristiche costruttive dell'edificio e di vulnerabilità relativa degli aggregati nel tessuto urbano, mentre la lettura a scala urbana degli organismi edilizi all'interno della città storica è stata operata secondo la metodologia osservazionale e ricorrendo alle rappresentazioni catastali e tecniche, integrate dalla cartografia disponibile. La lettura degli elementi edilizi e del danno è stata strutturata a partire dall'analisi delle schede AEDES elaborate dal Dipartimento di Protezione Civile e ReLUIS, e compilate dai tecnici durante la fase di ricognizione del danno post sisma. Infine, la lettura sugli elementi qualitativi è stata effettuata a partire da dati osservazionali e/o questionari basati sulla metodologia sviluppata da Romão et. al (2016) sugli asset relativi ai beni culturali.

4.2 La raccolta dei dati: dall'evoluzione storica alla configurazione strutturale

All'interno del framework individuato, il passaggio chiave è la derivazione di tutte le possibili informazioni sugli edifici esistenti da diversi tipi di fonti e diversi approcci di raccolta dei dati, con l'obiettivo di costruire un quadro conoscitivo adeguato per l'implementazione di procedure di valutazione del rischio. Vale la pena notare che, in tutti gli studi e le applicazioni citati in precedenza, il punto di partenza era un'ampia varietà e quantità di dati, tuttavia, spesso non è possibile fare affidamento su un quadro informativo così completo perché è necessario ricavare i dati mancanti sfruttando e integrando fonti limitate. Il presente lavoro si contestualizza in questo quadro, proponendo un approccio adatto a tutte le circostanze relative alla mancanza di dati, tempi e risorse economiche che sia in grado di ricavare informazioni mancanti sul patrimonio edilizio esistente, dalla scala urbana fino alla scala edilizia, senza ricorrere ad approfondite e onerose ispezioni sul campo.

Il livello di attendibilità e di riduzione delle incertezze impone di selezionare rigorosamente il tipo di informazioni indispensabili in rapporto ai sistemi considerati e di approfondire le informazioni solo fino al livello sufficiente a consentire valutazioni adeguate tenendo conto dei metodi disponibili nel panorama scientifico attuale.

A tale scopo, nella Tabella 1 si è evidenziato un percorso conoscitivo di approfondimento graduale, non necessariamente da sviluppare in tutti i casi nella sua interezza ma, a seconda dei casi e delle disponibilità economiche e di tempo, può essere applicato ad un livello di conoscenza base oppure a livelli più approfonditi che consentiranno di ottenere una precisione maggiore.

Una certa rilevanza ha inoltre, per la definizione del percorso conoscitivo, la dimensione del centro storico considerato. Nel caso di insediamenti storici di dimensioni demografiche o territoriali modeste, si può ipotizzare di organizzare direttamente il quadro conoscitivo più approfondito possibile, data la minore quantità di oggetti da osservare. Peraltro in un centro di grandi dimensioni la disponibilità di risorse (informative, economiche, organizzative) è indubbiamente maggiore che in un centro di piccole dimensioni.

Nel caso di un centro più esteso e complesso sarà pertanto opportuno effettuare una prima selezione degli oggetti da indagare, attraverso uno screening che utilizzi un quadro conoscitivo di primo livello, ricavato da dati già disponibili, per poi approfondire l'indagine. L'obiettivo è quello di definire un grado di affidabilità dei dati e dunque dei risultati delle valutazioni derivate.

Il quadro conoscitivo si suddivide in tre livelli di conoscenza progressivi che si articolano su cinque punti:

- localizzazione
- evoluzione storica
- caratterizzazione strutturale del manufatto
- caratterizzazione della pericolosità del sito
- esposizione

	I LIVELLO	II LIVELLO	III LIVELLO
1. Localizzazione	- Individuazione dei sistemi funzionali e della loro organizzazione spaziale (cartografia) - Strumenti esistenti della pianificazione	- Relazione tra i vari sistemi funzionali e studi specifici rispetto ai pericoli esistenti. - CLE - Pianificazione di emergenza	- Studi specifici sui singoli elementi costituenti l'edificato - Vie di accesso e vie di fuga - Individuazione edifici vincolati e di particolare valore storico-architettonico
2. Evoluzione storica	Cartografia storica	Studi specifici sull'evoluzione storica dell'edificato	Studi specifici sull'evoluzione storica dei singoli aggregati
3. Caratterizzazione strutturale del manufatto	- Tipologie e geometrie costruttive prevalenti (aggregato)	- Strutture verticali delle singole US - Strutture orizzontali (US) - Posizione in aggregato - n. di piani	- Caratterizzazione della qualità muraria (IQM) - Datazione delle muraure dell'intero CS
4. Caratterizzazione della pericolosità di sito	- Microzonazione I livello - Carta geologica - Storia sismica locale	- Microzonazione III livello - PGA - Danneggiamento sismi pregressi	- Studi specifici di pericolosità sismica e fattori di amplificazione sul centro storico
5. Esposizione	- Dati census - n. abitanti - Beni vincolati	- N. abitanti per ciascuna US - Beni di interesse culturale	- Studi specifici su sistema sociale, culturale etc - Ricognizione dettagliata su patrimonio mobili e immobili

Tab. 1 Quadro conoscitivo

Essi derivano in primis dall'imprescindibilità della conoscenza dell'evoluzione storica

come principio cardine, a cui deve seguire la ricognizione e il riconoscimento dei caratteri identitari dei luoghi. I dati sull'evoluzione storica sono raccolti ad un primo livello di conoscenza sulla base della cartografia storica e degli studi esistenti. A seconda del livello di conoscenza da raggiungere le indagini saranno più o meno approfondite e guideranno tutte le elaborazioni successive, in particolar modo saranno la base su cui desumere le informazioni necessarie il cui reperimento sarebbe possibile solo attraverso sopralluoghi specifici.

Invece, le informazioni di tipo tecnico sono state raccolte attraverso l'implementazione dei dati provenienti dalle schede AeDES per quanto riguarda il terremoto del 2016 ovvero la scheda di 1 Livello "Agibilità e Danno dell'Emergenza Sismica" per il rilevamento speditivo dei danni, la definizione di provvedimenti di pronto intervento e la valutazione dell'agibilità post-sismica di edifici con tipologia strutturale ordinaria (in muratura, in cemento armato o acciaio o legno, intelaiato o a setti). Per ogni tipologia di edificio vengono raccolti parametri rilevanti, quali numero di piani, periodo di costruzione, destinazione d'uso, forma e superficie, tipo di aggregazione, configurazione strutturale verticale e orizzontale, tipo di fondazioni e stato di conservazione e, infine, l'esito di agibilità. Vengono, infine, aggiunti i dati relativi alla pericolosità di sito attraverso gli studi di microzonazione sismica (I o III livello), la cartografia tecnica regionale (PPAR, carta geologia regionale), la derivazione delle mappe di scuotimento specifiche per il sito in oggetto attraverso i dati messi a disposizione dall'INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia). I dati relativi all'esposizione sono stati acquisiti sia attraverso le schede AeDES, sia attraverso indagini specifiche sul campo, questionari somministrati alla popolazione e ad esperti e ulteriori valutazioni approfondite a seconda del livello di conoscenza stabilito.

Per ogni caso studio è stato costruito e poi compilato un database attraverso Microsoft Access, un'interfaccia software per la gestione di basi di dati di tipo relazionale (RDBMS) attraverso cui è possibile immagazzinare i dati da gestire in tabelle composte da un numero elevato di record, e in cui ogni record contiene i dati distinti per campi. Se una tabella non fosse sufficiente per immagazzinare i dati necessari e fosse necessario utilizzarne altre, è possibile a questo punto collegare le varie tabelle tra loro con una relazione. Questo consente l'esame dei dati contenuti nel database utilizzando diverse tabelle e quindi giungere ad una pluralità di dati anche complessa. La compilazione del database è stata resa agile e adatta a qualsiasi compilatore attraverso la creazione delle maschere di compilazione, ovvero elementi grafici utili alle interazioni dell'utente con i dati della tabella.

La gestione e l'elaborazione della grande quantità di dati raccolti è stata gestita attraverso il programma opensource qGIS. Alla base cartografica catastale, nella cui tabella attributi sono presenti i dati riguardanti le particelle e i relativi subalterni, è stato destinato un codice univoco per ogni elemento che ha consentito di assegnare alla cartografia tutte le informazioni raccolte nelle schede tramite la funzione "join" relativa alla tabella attributi. Il risultato è una mappatura di tutto il dataset disponibile.

4.3 Valutazione della vulnerabilità dei centri storici

Come già descritto nel capitolo 3, tra i metodi empirici utilizzati per la valutazione della vulnerabilità sismica degli edifici in muratura a scala urbana vi è il metodo dell'indice di vulnerabilità (metodo I_v), originariamente sviluppato da Benedetti e Petrini (1984) e successivamente rivisitato da Formisano (2010), Vicente (2010), Bernardini (2008). Il metodo si basa sulla definizione della vulnerabilità sismica di una unità strutturale all'interno di un aggregato attraverso l'analisi di alcuni parametri corredati da un "peso" che porti alla definizione di un indice di vulnerabilità. I valori risultanti sono generalmente normalizzati nell'intervallo $0 \div 100$. Determinato il livello di pericolosità del territorio ricorrendo ad una scala di intensità, è possibile valutare gli scenari di danno atteso di una specifica area utilizzando metodi semi-empirici (Vicente, 2010).

$$I_v^* = \sum p_i \cdot c_i \text{ where } \begin{cases} c_i = \text{vulnerability class "i"} \\ p_i = \text{weight i} \end{cases}$$
$$I_v = I_v^* \text{ normalized to 100\%}$$

Le attuali metodologie degli indici di vulnerabilità sono state sviluppate e calibrate sulla base di specifiche tipologie costruttive, e ritenute piuttosto affidabili se applicate su edifici appartenenti a tali categorie (Brando, 2021a; 2021b; 2019; Del Gaudio 2019). Nel presente lavoro di ricerca sono stati utilizzati tre approcci tradizionali più appropriati per il contesto considerato: il metodo Formisano (2010), l'approccio Vicente (2010) e il metodo Lagomarsino-Giovinazzi (2006) riadattato da Polese et al (2020).

Con l'obiettivo di migliorare la procedura GNDT (Benedetti e Petrini, 1980), i cui parametri sono riportati nel capitolo precedente, considerando l'interazione tra le unità strutturali in aggregato, Formisano (2010) ha introdotto cinque parametri aggiuntivi: la posizione dell'unità strutturale nell'aggregato, la percentuale di aperture nelle pareti di facciata, la presenza di lastre sfalsate, la differenza strutturale tra unità strutturali adiacenti e l'interazione di unità strutturali adiacenti con altezze diverse. Rispetto al metodo GDNT, questo approccio ha ignorato, almeno in maniera esplicita, la resistenza qualitativa delle pareti. Alcuni dei pesi sono stati anche ridefiniti: sono stati assegnati valori negativi con l'obiettivo di ridurre la vulnerabilità. Il valore massimo dell' I_v^* non normalizzato ottenibile è pari a 515,25 (Fig. 2).

Il metodo Vicente (2010) ha introdotto 4 macro classi di parametri relativi al sistema strutturale edilizio (da P1 a P4), alle irregolarità e interazione (da P7 a P10), a solai e copertura (da P11 a P12), allo stato di conservazione e altri elementi (da P13 a P14); Sono stati inoltre introdotti 3 nuovi parametri (P4, P6 e P7). Il valore massimo dell' I_v^* non normalizzato ottenibile è pari a 650. La figura 2 riassume i parametri adottati nella metodologia, le classi di vulnerabilità e pesi associati.

Polese et al. (2020) fanno uso del modello di vulnerabilità RISK-UE (Lagomarsino e Giovinazzi, 2006) che utilizza il metodo macrosismico misurando la vulnerabilità sismica

	Vulnerability Parameters	Short Description	Vulnerability Class				Weight	
			A	B	C	D		
<i>Formisano (2014)</i>	P1	Organization of vertical structures	Age of the construction and connection typology between the walls	0	5	20	45	1
	P2	Nature of vertical structures	Vertical element typology	0	5	25	45	0.25
	P3	Location of building and type of foundation	Slope and quality of the foundation soil	0	5	25	45	0.75
	P4	Floor typology	Quality of floor type considering stiffness and connection with the walls	0	5	15	45	0.75
	P5	Plan regularity	Length/width ratio of the building plan	0	5	25	45	0.5
	P6	Height regularity	Mass variation in elevation and the presence of arcades or towers	0	5	25	45	1
	P7	Distribution of plan resisting elements	Spacing between walls	0	5	25	45	1.5
	P8	Roof typology	Weight and characteristics (thrust) of the roof	0	15	25	45	0.75
	P9	Non-structural elements	Presence, typology and connection to the building	0	0	25	45	0.25
	P10	Physical conditions	Masonry quality and cracking scenario	0	5	25	45	1
	P11	Misalignment of openings SU	% difference of openings in adjacent facades	-20	0	25	45	1
	P12	Masonry disconnections	Effect of structural or typological heterogeneity in adjacent SUs	-15	-10	0	45	1.2
	P13	Presence of adjacent buildings with different height	Location of the SU in the SA and height's variation	-20	0	15	45	1
	P14	Position of the SU in the SA	Number of sides next to other SUs	-45	-25	-15	0	1.5
	P15	Presence and n° of staggered floors	Number of staggered floors in the SA	0	15	25	45	0.5
<i>Vicente (2010)</i>	P1	Type of resisting system	Construction age, quality of walls' connection	0	5	20	50	0.75
	P2	Quality of the resisting system	Vertical Element Typology	0	5	20	50	1
	P3	Conventional strength	Walls' shear strength assuming box behaviour	0	5	20	50	1.5
	P4	Maximum distance between walls	Spacing between walls	0	5	20	50	0.5
	P5	Number of floors	Number of floors in the building	0	5	20	50	1.5
	P6	Location of building and type of foundation	Slope and quality of the foundation soil	0	5	20	50	0.75
	P7	Aggregate position and interaction	Position of the SU in the SA	0	5	20	50	1.5
	P8	Plan configuration	Length/ width ratio of the building plan	0	5	20	50	0.75
	P9	Height regularity	Mass variation in elevation and the presence of arcades or towers	0	5	20	50	0.75
	P10	Wall façade openings and alignments	Influence of the misalignment	0	5	20	50	0.5
	P11	Horizontal diaphragms	Quality of floor type considering stiffness and connection with the walls	0	5	20	50	1
	P12	Roof typology	Weight and the roof typology (thrust)	0	5	20	50	1
	P13	Fragilities and conservation state	Masonry quality and cracking scenario	0	5	20	50	1
	P14	Non-structural elements	Type and characteristics of the non-structural elements	0	5	20	50	0.5

Fig. 2. Parametri adottati nella metodologia Formisano (sopra) e Vicente (sotto), classi di vulnerabilità e pesi associati

in termini di un indice di vulnerabilità V e di un indice di duttilità Q , entrambi valutati tenendo conto della tipologia dell'edificio e delle sue caratteristiche costruttive. La scala di danno utilizzata nel modello, che vedremo nel paragrafo successivo, è quella definita in EMS-98 (Grunthal,1998). Nel modello RISK-UE, la classificazione preliminare degli edifici dipende solo dal materiale da costruzione e dalle informazioni di base sul sistema strutturale verticale. In particolare, a ciascuna delle 7 tipologie edilizie in muratura (M1 pietrisco; M2 adobe - mattoni in terra; M3 pietra semplice; M4 pietra massiccia; M5 muratura non armata - vecchi mattoni; M6 muratura non armata - solai in ca; M7 muratura armata/confinata) viene assegnato un valore di base dell'indice di vulnerabilità V^* e relativi range di valori relativi a comportamenti della struttura più probabili ($V-/V+$) o meno probabili ($V-/V++$) (Fig. 3).

	Vulnerability Parameters	Vulnerability Indices				
		V ⁻⁻	V ⁻	V [*]	V ⁺	V ⁺⁺
M3	Unreinforced masonry bearing walls—simple stone	0.46	0.65	0.74	0.83	1.02
M4	Unreinforced masonry bearing walls—massive stone	0.3	0.49	0.616	0.793	0.86
RC1	RC frame (without ERD)	0.3	0.49	0.644	0.8	1.02
	RC frame (moderate ERD)	0.14	0.33	0.484	0.64	0.86

Fig. 3. Indici di vulnerabilità V per differenti tipologie di edificio (Polese et al. (2020))

In caso di disponibilità di ulteriori informazioni, è possibile migliorare la caratterizzazione della vulnerabilità adottando la seguente equazione:

$$V = V^* + \Delta V$$

con indice di vulnerabilità finale V, punteggio modificatore di comportamento ΔV , che tiene conto dell'effetto di pertinenza fattori di vulnerabilità. Come si può notare in Fig 4, secondo i parametri in esame, la variazione massima ΔV per edifici in muratura è dovuta alla variazione di altezza dei piani (da ME a LO o ad HI), presenza di volte o presenza/ assenza di interventi di riqualificazione ($\pm 0,08$).

Vulnerability Parameters	Masonry	ΔV
State of preservation	Good state	-0.04
	Bad state	+0.04
Number of stories	LO (1, 2)	-0.08
	ME (3, 4, 5)	0.0
	HI (≥ 6)	+0.08
Plan irregularity	RC frame (without ERD)	+0.04
Elevation irregularity	RC frame (moderate ERD)	+0.04
Retrofit intervention	Yes	-0.08
	No	+0.08
Horizontal structure	Steel slabs	-0.06
	Wood slabs	-0.02
	Vaults	+0.08

Fig. 4. Modificatori di vulnerabilità (Polese et al., 2020)

In questa applicazione, il l'Indice di Qualità Muraria (IQM) può essere considerato nello stato di conservazione del modificatore di vulnerabilità.

Vale la pena notare che, prima di tutte le considerazioni relative alle modalità di valutazione della vulnerabilità, gioca un ruolo importante la profonda conoscenza dell'edificio e, nel caso di edifici in muratura, la costituzione del paramento murario stesso. Pertanto, al livello di conoscenza III è stata inserita la necessità di ottenere un'opportuna conoscenza della qualità muraria attraverso l'Indice di qualità della muratura (Borri e De Maria, 2019).

Questo metodo considera che il comportamento meccanico del materiale da muratura dipende da molti fattori, come la resistenza a compressione o a taglio dei componenti (malta e blocchi), la forma dei blocchi, il rapporto volumetrico tra i componenti e la struttura del muro, che è il risultato dell'applicazione di una serie di accorgimenti costruttivi che costituiscono la "regola dell'arte" che, se eseguita durante la costruzione di un muro, fornisce un buon comportamento, e ne garantisce la compattezza e la monoliticità. Tutti i criteri si basano su un'analisi qualitativa. L'analisi visiva di un muro storico si basa su sette parametri. Ciascun parametro è classificato in base a tre possibili esiti: Soddisfatto (F), Parzialmente soddisfatto (PF) e Non soddisfatto (NF). Poiché un singolo pannello di parete può essere soggetto a condizioni di carico variabili che influiscono direttamente sulla qualità della muratura, i valori assegnati ai 7 parametri dipendono dalla condizione di carico che agisce sulla parete in esame. Sono state considerate tre condizioni di carico: carichi statici verticali, carichi statici e dinamici fuori piano e carichi dinamici nel piano. Di conseguenza, è possibile calcolare tre diversi valori MQI (MQI_v , MQI_o e MQI_l). L'approccio consiste nell'attribuire pesi diversi ai suddetti parametri (tra 0 e 3) sulla base dell'evidenza che influiscono sulla qualità della muratura con gradi diversi a seconda della condizione di carico.

Inoltre, secondo i valori MQI, la muratura è classificata in tre categorie:

- categoria A, buon comportamento murario
- categoria B, comportamento murario medio
- categoria C, comportamento murario inadeguato (es. disaggregazione del materiale murario sotto l'azione di un terremoto).

I risultati della campagna indagini sono stati inseriti negli indici di vulnerabilità come parametro relativo alla qualità del sistema resistente (Vicente, Formisano) oppure nel modificatore che riguarda lo stato di conservazione dell'edificio (Di Ludovico).

4.4 La definizione degli scenari di danno

Una volta ottenuto l'indice di vulnerabilità relativo ai singoli edifici è stata applicata una metodologia di calcolo del danno medio atteso. La correlazione tra l'input sismico e il danno atteso è espressa in termini di curve di vulnerabilità in funzione della vulnerabilità valutata, descritta da una funzione analitica chiusa. In particolare, viene utilizzata la seguente funzione:

$$\mu_D = 2.5 + 2.5 \tanh\left(\frac{I_{EMS-98} + 6.25V - 13.1}{Q}\right)$$

La probabilità di ottenere un livello di danno k , a causa di un evento di intensità I , può essere derivata come funzione del danno medio assumendo una distribuzione binomiale. Quindi, dato V per una tipologia di edificio, è possibile calcolare le curve di fragilità per i diversi stati di danno, ovvero la probabilità di raggiungere livelli di danno assegnati al variare dell'intensità sismica (in questo caso l'intensità macrosismica I). Per rappresentare

la fragilità in termini di picco di accelerazione del suolo PGA, oggettivamente misurabile dopo i terremoti, dovrebbero essere adottate diverse correlazioni.

In questo lavoro il danno medio μ_D aumenta con l'intensità macrosismica I e dipende dalla vulnerabilità V ; il parametro Q controlla la pendenza delle curve e può assumere valori diversi a seconda della tipologia edilizia. Un valore di $Q=2.3$ può essere assunto come rappresentativo per edifici in muratura non specificamente progettati per avere un comportamento duttile.

L'intensità macrosismica I è stata poi definita secondo la correlazione riportata nell'Equazione proposta da Faccioli e Cauzzi (2006):

$$i_{MCS} = a_1 + a_2 \log(i_{PGA})$$

assumendo i coefficienti a_1 e a_2 pari rispettivamente a 6,54 e 1,96.

Il risultato è una mappatura rapida del danno medio atteso per terremoti di differente intensità. Nello specifico si è poi applicata questa procedura su un singolo evento in modo da confrontare i dati reali con i dati teorici.

Simulazione dell'evento sismico

Nell'applicazione sui centri storici marchigiani viene simulata la sequenza sismica avvenuta nel 2016 in Centro Italia iniziata il 24 agosto con $M_w=6$. La quale causò 299 morti e importanti perdite economiche dovute ai danni agli edifici. L'epicentro era a 1 km da Accumoli, e le Peak Ground Accelerations (PGA) registrate vicino all'epicentro erano di circa 0,45 g. Un secondo evento forte caratterizzato da $M_w=5.9$ si è verificato il 26 ottobre a 3 km da Visso, estendendo l'area sismogenetica attivata verso NO. Quattro

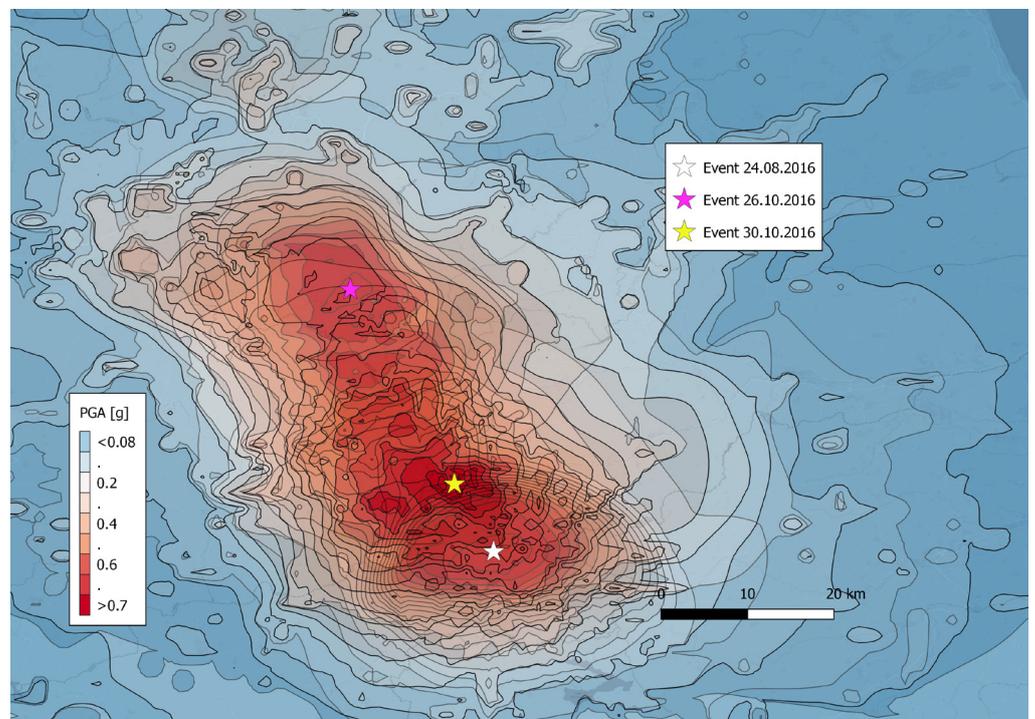


Fig. 5. Shakemaps della scossa del 24 agosto, 26 ottobre e 30 ottobre e rispettivi epicentri

giorni dopo, il 30 ottobre, si è verificato un terzo terremoto con $M_w=6.5$ a 4 km a NE da Norcia. Durante quest'ultimo shock principale, la PGA massima registrata vicino all'epicentro è stata di circa 0,48 g. Inoltre, l'area è stata interessata da circa 6500 scosse di assestamento con M_w compreso tra 2,3 e 5,5, avvenute tra agosto 2016 e gennaio 2017. La Figura 5 mostra le posizioni degli epicentri di mainshock, le mappe di scossa dei tre eventi principali, riportando la distribuzione della PGA, e il loro sviluppo. Queste shakemap sono state ottenute gestendo i dati sismici forniti dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV. Shake maps data) attraverso il software QGIS Opensource GIS (QGIS. Development Team 2015). Il valore di PGA elaborato dall'INGV è riferito a terreni rigidi caratterizzati da velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s ed è stimato mediante leggi empiriche di attenuazione a partire dagli scuotimenti registrati nelle stazioni accelerometriche distribuite sul territorio. Va notato che la PGA stimata dall'INGV non include possibili amplificazioni da scuotimento locali dovute alle condizioni geologiche.

Alla luce di ulteriori approfondimenti la PGA di riferimento potrà essere applicata all'evento simulato con opportuni fattori di amplificazione differenziati sul centro storico. Un dato immediato è quello relativo alla presenza della microzonazione di III livello che consente di avere questa informazione in maniera immediata, permettendo una ricognizione del danno più accurata.

Danneggiamento dovuto alle azioni sismiche (danno osservato)

Partendo dai dati di danno osservato raccolti dopo il terremoto del 2016, la valutazione del danno e della agibilità degli edifici ordinari, definiti come unità strutturali di tipologia costruttiva ordinaria (in muratura, cemento armato o acciaio o legno, intelaiata o setti) è stata effettuata attraverso la scheda di rilievo di primo livello per "Accessibilità e Danno dell'Emergenza Sismica", la scheda AeDES (Baggio et al. 2007). Attraverso di esse è possibile raccogliere informazioni sia in merito ai danni al singolo edificio ed in quale parte di esso, sia in merito alla tipologia costruttiva.

La scheda AeDES raccoglie le informazioni necessarie per un giudizio esperto sull'agibilità

Livello-estensione Componente strutturale- Danno preesistente		Danno ⁽¹⁾									
		D4 - D5 Gravissimo			D2 - D3 Medio Grave			D1 Leggero			Nullo
		> 2/3	1/3 - 2/3	< 1/3	> 2/3	1/3 - 2/3	< 1/3	> 2/3	1/3 - 2/3	< 1/3	
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	
1	Strutture verticali	<input type="checkbox"/>									
2	Solai	<input type="checkbox"/>									
3	Scale	<input type="checkbox"/>									
4	Copertura	<input type="checkbox"/>									
5	Tamponature - Tramezzi	<input type="checkbox"/>									
6	Danno preesistente	<input type="checkbox"/>									

Fig. 6. Sezione 4 della scheda AeDES - Livello ed estensione del danno

basato su dati quanto più oggettivi possibile, su vulnerabilità e danno. I sopralluoghi effettuati dopo il terremoto del 2016 hanno consentito di raccogliere una banca dati contenente dati di primo livello (es. tipologia strutturale, età di costruzione, numero di piani, superficie media del piano, danneggiamento di componenti strutturali e non, usabilità dell'edificio). Nel dettaglio, come mostrato in Fig.6, la Sez. 4 del modulo AeDES include quattro livelli di danno, D, relativi ai componenti strutturali: D0 (nessun danno), D1 (danno lieve), D2–D3 (danno medio o pesante) e D4–D5 (molto pesante o collasso). Inoltre, la scheda AeDES riporta informazioni sull'entità del danno su ogni componente strutturale: entità del danno inferiore a 1/3, compresa tra 1/3 e 2/3, e maggiore di 2/3 delle diverse componenti dell'edificio. Secondo tale approccio, la somma delle estensioni danneggiate non può superare 1 (non è consentito, ad esempio, associare l'estensione danno >2/3 sia a D1 che a D2-D3).

A partire da questa sezione vengono studiati i dati sul livello e sull'entità del danno alle componenti edilizie al fine di ricavare, per ciascun edificio, un grado di danno (DG) secondo la Scala Macrosismica Europea EMS-98 (Grunthal, 1998), che è una delle scale di danno più riconosciute, diffuse e attualmente utilizzate. Secondo questi DG si determinano poi le curve di fragilità per classi edilizie. Nella sez. 4 della scheda di rilievo AeDES (Fig. 6) sono riportati quattro livelli di danno, tuttavia, l'EMS-98 riporta sei gradi di danno. Dolce e Goretti (2015) i livelli di danno D2–D3 e D4–D5 sono suddivisi nei corrispondenti DG del EMS-98 a seconda del danno medio della classe di edificio nel luogo selezionato: maggiore è il danno medio, maggiore è il probabilità di trovarsi nel DG più pesante. el presente lavoro sono stati assunti i criteri riportati in Rota et al. (2008), che sono leggermente diversi da quelli adottati da Dolce e Goretti. (2005) e sono riportati in Figura 7. Al fine di ottenere un criterio univoco, si considererà solo il danno strutturale per ottenere il grado di danno associato a ciascun edificio censito.

Questi dati saranno utili per confrontare e validare le metodologie speditive utilizzate per la stima del danno medio dei centri storici.

Vertical Structures			
EMS-98 damage		AeDES damage	
Damage grade	Damage description	Damage level	Extent
DG1	Fine cracks in plaster over frame members	D1	<1/3 1/3–2/3 >2/3
DG2	Cracks in columns and beams of frames and in structural wall	D2–D3	<1/3
DG3	Cracks in columns and beam column joints of frames at the base and at joints of coupled walls. Spalling of concrete cover, buckling of reinforced rod	D2–D3	1/3–2/3 >2/3
DG4	Large cracks in the structural elements	D4–D5	<1/3 1/3–2/3
DG5	Destruction with collapse of ground floor/part of building	D4–D5	>2/3

Fig. 7. Corrispondenza tra gradi di danno (EMS98) e livelli di danno descritti nelle schede AeDES.

4.5 Perdite attese

Le mappe di rischio combinano i risultati delle mappe dei danni in modo da trasformarli in indicatori di impatto e perdite, secondo specifiche formulazioni definite in Dolce et al. (2021). In particolare, l'impatto dà il numero di edifici che sono utilizzabili, non utilizzabili nel breve e lungo tempo e quelli crollati. Le perdite sono espresse in termini di vittime, infortuni e perdite economiche.

Le matrici danno-rischio forniscono le regole per trasformare i livelli di danno in indicatori di rischio. Ogni matrice fornisce per ogni livello di danno la percentuale a cui contribuisce un impatto/perdita. La figura 8 illustra i passaggi per la valutazione del rischio: la matrice 1 fornisce la percentuale di edifici danneggiati che corrisponde all'impatto selezionato (cioè utilizzabile, inutilizzabile e crollato), le matrici 2 e 3 danno i valori per valutare le perdite economiche e le perdite umane.

I valori prevedono, ad esempio, che il 60% degli edifici con danni D3 e tutti gli edifici con danni D4 siano da considerarsi non utilizzabili in un lungo arco di tempo, coerentemente con la formulazione di Dolce et al. (2021).

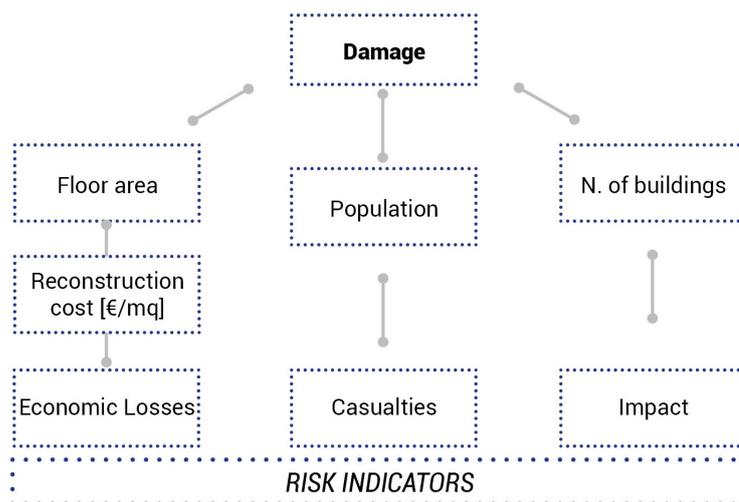


Fig. 8. Framework for risk assessment

Nella figura 9 vengono visualizzate le percentuali del costo di riparazione o sostituzione in funzione dei danni edilizi. Ad esempio, per riparare un edificio che ha raggiunto il livello di danno D2 (danno moderato), il costo sarebbe del 10% dell'intero costo di ricostruzione. Per calcolare le perdite economiche è stato scelto un valore di 1350 EUR/m², secondo Borzi et al. (2020), come applicato anche da Vettore et al. (2020) quale costo di ricostruzione di edifici ordinari in muratura. Moltiplicando questo costo per la superficie utile si ottiene il costo totale della sezione considerata. Moltiplicando la percentuale delle perdite per il costo totale si ottiene una stima delle perdite economiche. Lo stesso calcolo può essere effettuato per i sinistri, moltiplicando la percentuale di decessi/feriti per il numero di persone, e anche per l'impatto, moltiplicando la percentuale di edifici agibili, inagibili o crollati per il totale degli edifici.

In ogni caso, l'elevata incertezza in queste stime è sottolineata in tutti i lavori che hanno proposto una stima delle perdite (Zuccaro e Cacace, 2011; Dolce et al. 2021; Borzi et al., 2020). A causa di diversi fattori che possono incidere sul reale impatto (presenza di occupanti nella diversa giornata, ore e stagioni dell'anno, meccanismi di danneggiamento e crollo parziale o totale degli edifici, efficacia delle operazioni di soccorso, ecc.) la probabilità di lesioni o morte degli occupanti dell'edificio è generalmente valutata in base al livello di danno dell'edificio. Si presume che il rapporto tra feriti e morti rispetto

agli occupanti è significativo solo per i livelli di danno D4 e D5.

Damage Level	Usable (%)	Not Usable (%) (Short Time Span)	Not Usable (%) (Long Time Span)	Collapsed (%)
D1	100	0	0	0
D2	60	40	0	0
D3	0	40	60	0
D4	0	0	100	0
D5	0	0	0	100

Copyright 2020, Borzi et al.

Damage Level	Cost of Repair or Replacement (%)
D1	2
D2	10
D3	30
D4	60
D5	100

2020, Borzi et al.

Damage Level	Fatalities (%)	Injuries (%)
D1	0	0
D2	0	0
D3	0	0
D4	1	10
D5	5	30

Fig. 9. Matrice per: a. perdite economiche (% del costo di riparazione o sostituzione - set minimo e massimo), b. vittime (% di vittime e feriti), c. impatto sugli edifici (% di edifici utilizzabili, inutilizzabili nel breve o lungo arco di tempo e crollati).

4.6 Urban Resilience Assessment per i centri storici

La strategia finale per la valutazione della resilienza riprende e riadatta il metodo utilizzato da D'Amico e Currà (2018) che si costruisce basandosi sulla cosiddetta "tirannia dell'Urgenza", ossia la pressione schiacciante di agire in fretta, rispetto all'evento catastrofico, o di agire in ottica preventiva per investire le risorse disponibili in maniera efficiente: attraverso un approccio di tipo matriciale si coniugano i dati delle analisi sul dato costruito e sulle perdite attese e quelli di lettura e gestione dei valori tangibili e intangibili, per un'ottimizzazione temporale della gestione del processo e della pianificazione preventiva, finalizzata alla definizione di un ordine di priorità di intervento basata non solo sulla vulnerabilità intrinseca dei manufatti ma anche sulla potenziale perdita di beni di valore.

La matrice generata, denominata "Matrice delle Priorità", è strutturata sulla base del principio decisionale alla base degli scritti di Covey. L'economista configura lo strumento operativo che prende il nome di "Quadranti di Covey" o "Matrice di Eisenhower", partendo dall'assunto che "ciò che è importante raramente è urgente e ciò che è urgente

raramente è importante” - Eisenhower (Covey, 1989) - pertanto, le parole chiave per la comprensione del modello sono due: “Urgenza” e “Importanza”

Le analisi relative al costruito che hanno un elemento di oggettività, impostate su analisi di dati, cartografie e indagini, e quindi definite dalla mappa del rischio, definiscono l’elemento di “urgenza” legato a condizioni che richiedono attenzione nell’immediato e sono quelle considerate fino ad ora con i metodi applicati per la definizione del danno e delle perdite attese.

La lettura di un tessuto per la gestione del rischio dei beni culturali di un centro storico è invece legata all’approccio sistemico e a scelte strategiche, per cui associata alla definizione di “Importanza”, di cui Romão e Paupério (2019) definiscono le seguenti categorie:

- valore storico: deriva dai modi in cui le persone del passato, eventi e aspetti della vita possono essere collegati al presente attraverso il patrimonio culturale (può essere suddiviso in (a) valore illustrativo: la misura in cui illustra qualcosa di particolare o distintivo; (b) valore associativo: la misura in cui è associato a una famiglia, persona, evento);
- valore estetico: deriva dal modo in cui le persone recepiscono stimoli sensoriali e intellettuali dal patrimonio culturale;
- valore comunitario: deriva dai significati del patrimonio culturale per le persone che vi si relazionano o per le quali figuri nella loro esperienza o memoria collettiva. Questi possono includere (a) valori commemorativi e simbolici: i significati di un luogo per coloro che ne traggono parte della loro identità o hanno emozioni connesse ad esso; (b) valore sociale: luoghi che le persone percepiscono come una fonte di identità, distintività, interazione sociale e coerenza; (c) valore spirituale: derivano dalle credenze e dagli insegnamenti di una religione o riflettono le percezioni passate o attuali dello spirito del luogo;
- valore economico: deriva dal potenziale dei beni culturali di produrre dividendi finanziari per la società a seguito di attività economiche dirette o indirette connesse all’uso di essi.

Ad ogni categoria di valore viene assegnato un punteggio qualitativo **V** secondo i seguenti parametri che si basano su una proposta del National Trust of Australia (Kerr, 2004):

- Exceptional value: il bene ha caratteristiche di significato eccezionale/internazionale o contiene elementi con un significato oltre i confini (a questo livello viene assegnato un punteggio di 20).
- Considerable value: il bene ha caratteristiche di importanza nazionale - il bene è vincolato - (a questo grado viene assegnato un punteggio di 15).
- Some value: l’asset ha caratteristiche di una certa importanza a livello regionale - il bene seppur non vincolato ha valenza storico/sociale - (a questo livello viene assegnato un punteggio di 10).
- Limited value: l’attività ha caratteristiche di rilevanza locale (viene assegnato un punteggio di 5).
- NO value: l’asset non ha alcun valore (a questo livello viene assegnato il punteggio 0)

Pertanto, il valore di base pre-disastro di un determinato edificio del centro storico corrisponde alla somma dei punteggi stabiliti per ciascuna tipologia di valore dati da: dove V_i rappresenta il punteggio della i -esima categoria di i valori. Il parametro BV

$$BV = \sum_{i=1}^4 V_i$$

deve essere definito per tutti i beni del patrimonio culturale che un determinato paese considera rilevanti per ciò che qui viene definito capitale culturale del patrimonio. Il risultato di questa elaborazione permette di definire dunque "Urgenza" e "Importanza" relativa all'intervento sul centro storico, cercando di guidare il processo di preparazione in fase preventiva o, in caso sfortunato, di fungere da base per quello di ricostruzione in fase post-disastro.

I valori così ottenuti del danno e delle perdite attese, del valore di base pre-disastro dell'asset culturale sono poi stati normalizzati in scala 10 sul totale dei valori di "urgenza" e "importanza" per tutti gli edifici della singola città storica in esame; definendo in tale modo una coppia di valori (x,y) di ingresso nella matrice per ciascun edificio (Fig. 10).

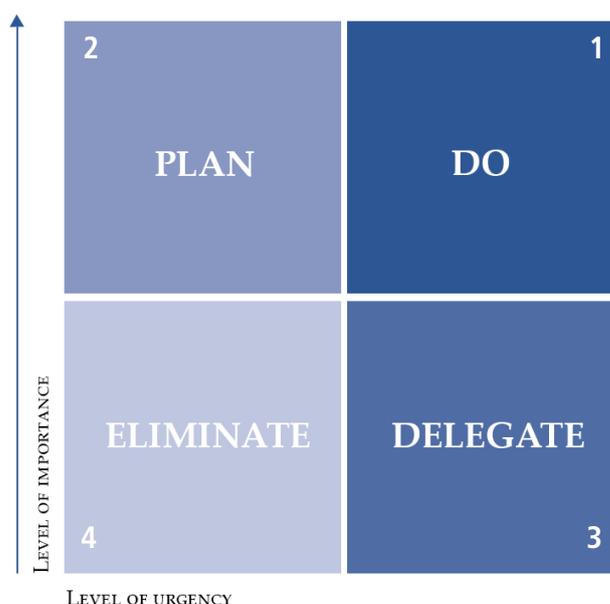


Fig. 10. Matrice di Eisenhower

Il risultato di questa matrice sarà definire la priorità di intervento suddivisa sui quattro quadranti. Nel quadrante 1 si collocheranno gli edifici o gli aggregati su cui agire con immediata urgenza, mentre nel quadrante 4 si troveranno i manufatti su cui non è necessario agire al momento dell'analisi. Ciò sarà utile sia in ambito di prevenzione, sia in un contesto post-emergenza.

Riferimenti bibliografici

Capitolo 3

Benedetti, D., Petrini, V., 1984. *Sulla Vulnerabilità Di Edifici in Muratura: Proposta Di Un Metodo Di Valutazione* 149, 66–74.

Bernardini, A., Salmaso, L., Solari, A., 2008. *Statistical evaluation of vulnerability and expected seismic damage of residential buildings in the Veneto-Friuli area (NE Italy)* Bollettino di Geofisica Teorica ed Applicata, Vol. 49, 427–446.

Borzi, B.; Faravelli, M.; Di Meo, A. *Application of the SP-BELA methodology to RC residential buildings in Italy to produce seismic risk maps for the national risk assessment*. Bull. Earthq. Eng. 2020.

Bradley, B.A., Dhakal, R.P., Cubrinovski, M., MacRae, G.A., Lee, D.S., 2008. *Seismic loss estimation for efficient decision making*. BNZSEE 42, 96–110. <https://doi.org/10.5459/bnzsee.42.2.96-110>

Braga, F., Dolce, M., Liberatore, D., 1982. *A statistical study on damaged buildings and an ensuing review of the MSK-76 scale - CORE*. Presented at the Proc. of the 7th European Conference on Earthquake Engineering, Athens, pp. 431-450.

Brando, G., Cianchino, G., Rapone, D., Spacone, E., Biondi, S., 2021. *A CARTIS-based method for the rapid seismic vulnerability assessment of minor Italian historical centres*. International Journal of Disaster Risk Reduction 63, 102478. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2021.102478>

Castenetto, S., 2013. *Gli standard di rappresentazione e archiviazione informatica degli studi di Ms*. In: Urbanistica Dossier n. 130, INU Edizioni, Roma, 2013

Caldaretti, S. (Ed.), 2002. *Politiche insediative e mitigazione del rischio sismico: un'esperienza su Rosarno e Melicucco*. Rubbettino, Soveria Mannelli.

Cimellaro, G.P., Reinhorn, A.M., Bruneau, M., 2010. *Framework for analytical quantification of disaster resilience*. Engineering Structures 32, 3639–3649. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2010.08.008>

Cremonini, I., 1994. *Rischio sismico e pianificazione nei centri storici: metodologie ed esperienze in Emilia-Romagna*, INU, Istituto nazionale di urbanistica: Sez.: Emilia-Romagna. Alinea.

D'Amico, A., Currà, E., 2018. *Urban resilience in the historical centres of Italian cities and towns. Strategies of preventative planning*. TECHNE - Journal of Technology for Architecture and Environment 257-268 Pages. <https://doi.org/10.13128/TECHNE-22162>

De la Torre, M. (Ed.), *Assessing the value of cultural heritage*. Research Report, The Getty Conservation Institute, Los Angeles, 2002.

De Martino, G., Di Ludovico, M., Prota, A., Moroni, C., Manfredi, G., Dolce, M., 2017. *Estimation of repair costs for RC and masonry residential buildings based on damage data collected by post-earthquake visual inspection*. Bull Earthquake Eng 15, 1681–1706. <https://doi.org/10.1007/s10518-016-0039-9>

Del Gaudio, C., De Martino, G., Di Ludovico, M., Manfredi, G., Prota, A., Ricci, P., Verderame, G.M., 2017. *Empirical fragility curves from damage data on RC buildings after the 2009 L'Aquila earthquake*. Bull Earthquake Eng 15, 1425–1450. <https://doi.org/10.1007/s10518-016-0026-1>

Del Gaudio, C., Scala, S.A., Ricci, P., Verderame, G.M., 2021. *Evolution of the seismic vulnerability of masonry buildings based on the damage data from L'Aquila 2009 event*. Bull Earthquake Eng 19, 4435–4470. <https://doi.org/10.1007/s10518-021-01132-x>

Dolce, M., Masi, A., Marino, M., Vona, M., 2003. *Earthquake Damage Scenarios of the Building Stock of Potenza (Southern Italy) Including Site Effects* Bulletin of Earthquake Engineering, 115–140.

Dolce, M., Speranza, E., Giordano, F., Borzi, B., Bocchi, F., Conte, C., Di Meo, A., Faravelli, M., Pascale, V., 2019. *Observed damage database of past Italian earthquakes: the Da.D.O. WebGIS*. BGTA. <https://doi.org/10.4430/bgta0254>

Dolce, M., Prota, A., Borzi, B., da Porto, F., Lagomarsino, S., Magenes, G., Moroni, C., Penna, A., Polese, M., Speranza, E., Verderame, G.M., Zuccaro, G., 2021. *Seismic risk assessment of residential buildings in Italy*. Bull Earthquake Eng 19, 2999–3032. <https://doi.org/10.1007/s10518-020-01009-5>

Formisano, A., Landolfo, R., Mazzolani, F.M., G. Florio, 2010. *A quick methodology for seismic vulnerability assessment of historical masonry aggregates*. In: COST C26 Final Conference "Urban Habitat Constructions under Catastrophic Events", Napoli. <https://doi.org/10.13140/2.1.1706.3686>

Galderisi, A. (Ed.), 2004. *Città e terremoti: metodi e tecniche per la mitigazione del rischio sismico*. Gangemi, Roma.

Giuliani, F., De Falco, A., Cutini, V., 2020. *The role of urban configuration during disasters. A scenario-based methodology for the post-earthquake emergency management of Italian historic centres*. Safety Science 127, 104700. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2020.104700>

Giuliani, F., De Falco, A., Cutini, V., Di Sivo, M., 2021. *A simplified methodology for risk analysis of historic centers: the world heritage site of San Gimignano, Italy*. IJDRBE 12, 336–354. <https://doi.org/10.1108/IJDRBE-04-2020-0029>

Grillanda, N., Valente, M., Milani, G., Chiozzi, A., Tralli, A., 2020. *Advanced numerical strategies for seismic assessment of historical masonry aggregates*. Engineering Structures 212, 110441. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2020.110441>

Ioannilli, M., 2013. *Pianificazione dell'emergenza e prevenzione strutturale del rischio: il ruolo della CLE*. In: Urbanistica Dossier n. 130, INU Edizioni, Roma, 2013

Kappos, A.J., Stylianidis, K.C., Pitilakis, K., 1998. *Development of Seismic Risk Scenarios Based on a Hybrid Method of Vulnerability Assessment* Natural Hazards 17, 177–192.

Kassem, M.M., Mohamed Nazri, F., Noroozinejad Farsangi, E., 2020. *The seismic vulnerability assessment methodologies: A state-of-the-art review*. Ain Shams Engineering Journal 11, 849–864. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2020.04.001>

Lagomarsino, S., Giovinazzi, S., 2006. *Macroseismic and mechanical models for the vulnerability and damage assessment of current buildings*. Bull Earthquake Eng 4, 415–443. <https://doi.org/10.1007/s10518-006-9024->

Mamì, A., 2015. *Resilienza e sicurezza nei centri urbani minori a forte connotazione storica*. Territorio della Ricerca su Insediamenti e Ambiente. Rivista internazionale di cultura urbanistica 53-66 Pages. <https://doi.org/10.6092/2281-4574/3731>

Menoni S., Molinari D. , Parker D., Ballio F., Tapsell S., 2012. *Assessing multifaceted vulnerability and resilience in order to design risk-mitigation strategies*, Nat.Hazard 64 (3) (2012) 2057–2082

Naso, G., 2013. *Che cos'è la Microzonazione Sismica*. In: Urbanistica Dossier n. 130, INU Edizioni, Roma, 2013

Nijkamp, P. 2012. *Economic valuation of cultural heritage*. In *The economics of uniqueness: Investing in historic city cores and cultural heritage assets for sustainable development*, ed. G. Licciardi, and R. Amirtahmasebi, 75–106. Washington, DC: World Bank Publications.

Olivieri, M., 2013. *Dalla SUM alla CLE: strategie a confronto per la sicurezza degli insediamenti*. In: Urbanistica Dossier n. 130, INU Edizioni, Roma, 2013

Porter, K., 2021. *A Beginner's Guide to Fragility, Vulnerability, and Risk*, in: Beer, M., Kougoumtzoglou, I.A., Patelli, E., Au, I.S.-K. (Eds.), *Encyclopedia of Earthquake Engineering*. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, pp. 1–29. https://doi.org/10.1007/978-3-642-36197-5_256-1

Romão, X., Paupério, E., 2021. *An Indicator for Post-disaster Economic Loss Valuation of Impacts on Cultural Heritage*. International Journal of Architectural Heritage 15, 678–697. <https://doi.org/10.1080/15583058.2019.1643948>

Romão, X., Paupério, E., Pereira, N., 2016. *A framework for the simplified risk analysis of cultural heritage assets*. Journal of Cultural Heritage 20, 696–708. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2016.05.007>

Romis, F., Caprili, S., Salvatore, W., Ferreira, T.M., Lourenço, P.B., 2021. *An Improved Seismic Vulnerability Assessment Approach for Historical Urban Centres: The Case Study of Campi Alto di Norcia, Italy*. Applied Sciences 11, 849. <https://doi.org/10.3390/app11020849>

Saretta, Y., Sbrogiò, L., Valluzzi, M.R., 2021. *Seismic response of masonry buildings in historical centres struck by the 2016 Central Italy earthquake. Calibration of a vulnerability model for strengthened conditions*. Construction and Building Materials 299, 123911. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.123911>

Valluzzi, M.R., Munari, M., Modena, C., Cardani, G., Binda, L., 2007. *Analisi di vulnerabilità sismica degli aggregati storici: il caso di Castelluccio di Norcia*. In: XII Convegno ANIDIS "L'Ingegneria Sismica in Italia", Pisa, Italy.

Valluzzi, M.R., Sbrogiò, L., Saretta, Y., Wenliuhan, H., 2021. *Seismic Response of Masonry Buildings in Historical Centres Struck by the 2016 Central Italy Earthquake. Impact of Building Features on Damage Evaluation*. International Journal of Architectural Heritage 1–26. <https://doi.org/10.1080/15583058.2021.1916852>

Venco, E.M., 2017. *La pianificazione preventiva per la riduzione del rischio: definizione di scenari preventivi nel contesto della città flessibile e resiliente*. Maggioli, Santarcangelo di Romagna.

Vettore, M., Donà, M., Carpanese, P., Follador, V., da Porto, F., Valluzzi, M.R., 2020. *A Multilevel Procedure at Urban Scale to Assess the Vulnerability and the Exposure of Residential Masonry Buildings: The Case Study of Pordenone, Northeast Italy*. Heritage 3, 1433–1468. <https://doi.org/10.3390/heritage3040080>

Vicente, R., 2010. *Strategies and Methodologies for Urban Rehabilitation Interventions*; University of Aveiro, University Press: Aveiro, Portugal.

Capitolo 4

Baggio, C, A. Bernardini, R. Colozza, R. Corazza, M. Della Bella, G. Di Pasquale, M. Dolce, A. Goretti, A. Martinelli, G. Orsini, F. Papa and G. Zuccaro, 2007. Field Manual for post-earthquake damage and safety assessment and short term countermeasures (AeDES), Ed.s Pinto AV, Taucer F, Translation from Italian: Rota, M. and A. Goretti, European Communities.

Borzi, B.; Faravelli, M.; Di Meo, A. Application of the SP-BELA methodology to RC residential buildings in Italy to produce seismic risk maps for the national risk assessment. Bull. Earthq. Eng. 2020.

Catulo, R., Falcão, A.P., Bento, R., Ildefonso, S., 2018. Simplified evaluation of seismic vulnerability of Lisbon Heritage City Centre based on a 3D GIS-based methodology. Journal of Cultural Heritage 32, 108–116. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2017.11.014>

D'Amico, A., Currà, E., 2018. Urban resilience in the historical centres of Italian cities and towns. Strategies of preventative planning. TECHNE - Journal of Technology for Architecture and Environment 257-268 Pages. <https://doi.org/10.13128/TECHNE-22162>

Dolce, M., Goretti, A., 2015. Building damage assessment after the 2009 Abruzzi earthquake. Bull Earthquake Eng 13, 2241–2264. <https://doi.org/10.1007/s10518-015-9723-4>

Dolce, M., Prota, A., Borzi, B., da Porto, F., Lagomarsino, S., Magenes, G., Moroni, C., Penna, A., Polese, M., Speranza, E., Verderame, G.M., Zuccaro, G., 2021. Seismic risk assessment of residential buildings in Italy. Bull Earthquake Eng 19, 2999–3032. <https://doi.org/10.1007/s10518-020-01009-5>

Dolce, M., Speranza, E., Giordano, F., Borzi, B., Bocchi, F., Conte, C., Di Meo, A., Faravelli, M., Pascale, V., 2019. Observed damage database of past Italian earthquakes: the Da.D.O. WebGIS. BGTA. <https://doi.org/10.4430/bgta0254>

Faccioli, E., Cauzzi, C., 2006. Macroseismic intensities for seismic scenarios estimated from instrumentally based correlations. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.3984.2641>

Formisano, A., Indirli, M., R. Landolfo, F. M. Mazzolani, 2010a. Seismic vulnerability analysis of historical centres: a GIS application in Torre del Greco. <https://doi.org/10.13140/2.1.4327.8085>

Formisano, A., Landolfo, R., Mazzolani, F.M., G. Florio, 2010b. A quick methodology for seismic vulnerability assessment of historical masonry aggregates. In: COST C26 Final Conference "Urban Habitat Constructions under Catastrophic Events", Napoli. <https://doi.org/10.13140/2.1.1706.3686>

Giuliani, F., De Falco, A., Cutini, V., 2020. *The role of urban configuration during disasters. A scenario-based methodology for the post-earthquake emergency management of Italian historic centres.* Safety Science 127, 104700. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2020.104700>

Jena, R., Pradhan, B., Beydoun, G., Al-Amri, A., Sofyan, H., 2020. Seismic hazard and risk assessment: a review of state-of-the-art traditional and GIS models. *Arab J Geosci* 13, 50. <https://doi.org/10.1007/s12517-019-5012-x>

Lagomarsino, S., Giovinazzi, S., 2006. Macro seismic and mechanical models for the vulnerability and damage assessment of current buildings. *Bull Earthquake Eng* 4, 415–443. <https://doi.org/10.1007/s10518-006-9024->

Leggieri, V., Mastrodonato, G., Uva, G., 2022. GIS Multisource Data for the Seismic Vulnerability Assessment of Buildings at the Urban Scale. *Buildings* 12, 523. <https://doi.org/10.3390/buildings12050523>

Maio, R., Ferreira, T.M., Vicente, R., Estêvão, J., 2016. Seismic vulnerability assessment of historical urban centres: case study of the old city centre of Faro, Portugal. *Journal of Risk Research* 19, 551–580. <https://doi.org/10.1080/13669877.2014.988285>

Polese, M., Di Ludovico, M., Gaetani d’Aragona, M., Prota, A., Manfredi, G., 2020. Regional vulnerability and risk assessment accounting for local building typologies. *International Journal of Disaster Risk Reduction* 43, 101400. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2019.101400>

Romão, X., Paupério, E., 2021. An Indicator for Post-disaster Economic Loss Valuation of Impacts on Cultural Heritage. *International Journal of Architectural Heritage* 15, 678–697. <https://doi.org/10.1080/15583058.2019.1643948>

Romão, X., Paupério, E., Pereira, N., 2016. A framework for the simplified risk analysis of cultural heritage assets. *Journal of Cultural Heritage* 20, 696–708. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2016.05.007>

Romis, F., Caprili, S., Salvatore, W., Ferreira, T.M., Lourenço, P.B., 2021. An Improved Seismic Vulnerability Assessment Approach for Historical Urban Centres: The Case Study of Campi Alto di Norcia, Italy. *Applied Sciences* 11, 849. <https://doi.org/10.3390/app11020849>

Spacone, E., Brando, G., Peruch, M., Mazzanti, C., Sovero, K., Tarque, N., 2019. An Extensive Survey of the Historic Center of Cusco for Its Seismic Vulnerability Assessment, in: Aguilar, R., Torrealva, D., Moreira, S., Pando, M.A., Ramos, L.F. (Eds.), *Structural Analysis of Historical Constructions*, RILEM Bookseries. Springer International Publishing, Cham, pp. 1257–1267. https://doi.org/10.1007/978-3-319-99441-3_135

Vicente, R., 2010. *Strategies and Methodologies for Urban Rehabilitation Interventions*; University of Aveiro, University Press: Aveiro, Portugal.

Vona, M., Cascini, G., Mastroberti, M., Murgante, B., Nolè, G., 2017. Characterization of URM buildings and evaluation of damages in a historical center for the seismic risk mitigation and emergency management. *International Journal of Disaster Risk Reduction* 24, 251–263. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2017.05.008>

Zuccaro, G., Cacace, F., 2011. Seismic Casualty Evaluation: The Italian Model, an Application to the L'Aquila 2009 Event. 10.1007/978-90-481-9455-1_12.

Sitografia

Capitolo 3

QMap - Protezione Civile Regione Marche, n.d. URL <https://qmap-protciv.regione.marche.it/cs/> (accessed 04/06/22).

GDNT. Manuale per il Rilevamento della Vulnerabilità Sismica Degli Edifici; Dipartimento Protezione Civile. Available online: http://gndt.ingv.it/Strumenti/Schede/Schede_vulnerabilita/scheda_secondo_livello_mur.pdf (accessed 29/10/2020).

Capitolo 4

Basi territoriali e variabili censuarie, 2022. URL <https://www.istat.it/it/archivio/104317> (accessed 28/06/2022).

Carta Tecnica Regionale della Regione Marche, n.d. URL <https://giscartografia.regione.marche.it/MarcheCTR/> (accessed 28/06/2022).

Geoportale Cartografico Catastale - Agenzia delle Entrate, n.d. URL <https://geoportale.cartografia.agenziaentrate.gov.it/age-inspire/srv/ita/catalog.search#/home?pg=homegeopoimap> (accessed 28/06/2022).

PARTE TERZA

L'applicazione del metodo

5 Il centro storico di Camerino nelle Marche

132	5.1	Camerino e il suo territorio
134	5.2	Selezione e calibrazione dei dati
157	5.3	Vulnerability assessment
159	5.4	Definizione degli scenari di danno
161	5.5	Valutazione delle perdite economiche e sociali
162	5.6	Urban Resilience Assessment per Camerino
163	5.7	Osservazione degli esiti

5 Il centro storico di Camerino nelle Marche

La città di Camerino, polo territoriale di servizi, è stata scelta come caso studio principale su cui applicare il framework descritto nel presente lavoro in quanto è, di fatto, uno dei principali centri abitati colpiti dagli eventi sismici del 2016.

Già a partire dalla situazione pre-sisma si rilevano elevate criticità di carattere territoriale e di carattere demografico (spopolamento, senilizzazione) in un contesto, al contempo, ricco di esclusive risorse naturali e culturali che, opportunamente valorizzate, potrebbero innescare nuovi percorsi di crescita e di sviluppo.

Essendo il centro storico di Camerino il principale caso studio, si è deciso di raggiungere un Livello di Conoscenza pari a III. Oltre alle conoscenze territoriali e locali, dunque, si sono portati avanti degli approfondimenti più specifici per raggiungere risultati più accurati: il dataset principale è stato costruito a partire dalle ricerche storiche sull'evoluzione dell'edificato, passando per i dati già esistenti o elaborati recentemente dopo il sisma 2016, acquisendo, infine, dettagli specifici per ogni unità strutturale a partire dalle schede AeDES (Baggio et al. 2007) la cui acquisizione è avvenuta all'interno del progetto europeo ARCH¹ grazie alla collaborazione con il comune di Camerino. Ulteriori considerazioni sono state effettuate sugli aggregati e sulla qualità della muratura in linea con il livello di conoscenza voluto. Infine, sono state applicate due metodologie per la valutazione della vulnerabilità e degli scenari di danno per poi definire la matrice di priorità finale.

¹ <https://savingculturalheritage.eu/> (accessed 09/06/2022).

5.1 Camerino e il suo territorio

Il territorio di Camerino si colloca nella parte centro-meridionale della regione Marche in una depressione allungata da NNW a SSE delimitata a Ovest e a Est da due aree montuose, le quali, unendosi con il gruppo montuoso dei Monti Sibillini, ne stabiliscono la chiusura verso sud. Depressione che prosegue individualmente verso nord, almeno fino all'altezza di Fabriano, per poi dividersi in bacini minori interposti ad aree più rilevanti.

In realtà, anche la chiusura a Sud presenta due rami distinguibili che si allungano verso Fiastra, per il versante orientale, e verso Visso, per quello occidentale.

Quest'area, lunga 35 chilometri circa e larga 10 chilometri circa, demarcata a Nord dal Torrente Giano e a Sud dal Fiume Chienti, è denominata "sinclinale di Camerino" ed è parte sia dell'Appennino montuoso sia del sub-appennino collinare che arriva fino alla costa adriatica.

Il nucleo abitato si è insediato dall'antichità sul crinale nordest-nordovest di un banco pietra arenaria di formazione miocenica che separa le valli del Chienti e del Potenza, quindi in posizione di controllo strategico del transito attraverso l'Appennino centrale sia attraverso il Passo delle Fornaci, sia attraverso il valico di Colfiorito, sia, infine, attraverso il passo del Cornello.

Le direttrici attuali di comunicazione di Camerino (Fig. 1) ripercorrono gli stessi antichi passaggi con anacronistiche difficoltà di collegamento interregionale (in particolare per quanto riguarda la SS 77 permette di raggiungere la costa marchigiana), è importante annotare come la collocazione interna marginale e la condizione del sito come "presidio naturale" siano tra le ragioni prime del costituirsi dell'identità territoriale e urbana del centro e della sua storia civile. Nei periodi di maggior potenza e floridezza, quelle condizioni hanno infatti favorito il formarsi della configurazione fortificata e progressivamente sempre più compatta dell'abitato nonché della sua autonomia dai centri maggiori e, conseguentemente, l'insediamento di istituzioni ed attività pregiate quali i ricchi complessi conventuali e l'antichissima università. Mentre, al decadere dell'importanza strategica del luogo e della potenza economica e politica della comunità, proprio la consolidata struttura fisica e funzionale della città, pur in un progressivo ridimensionamento del suo peso, le ha consentito di contenere il proprio declino.

La città di Camerino (da Kamars: roccia, fortezza), infatti, è un antico insediamento degli Umbri Camerti e affonda le sue radici nel Neolitico, dopodiché divenne roccaforte umbra. In epoca romana ebbe un ruolo importante, come testimonia l'alleanza trattati stipulati con la città nel 309 a.C. che garantivano alla città una notevole importanza fino al III secolo (Lilii, 1694-1652). Come sede vescovile dal 465, ebbe una vasta giurisdizione ecclesiastica da oltre un millennio. Dopo la conquista longobarda fu capoluogo del marchesato e il ducato che faceva parte di quello di Spoleto (VI-VIII sec.). Carlo Magno la elesse a capitale dell'omonima Marca, che si estendeva dal Appennino al mare Adriatico. Comune ghibellino dapprima, poi guelfo roccaforte e sede della legislazione pontificia della Marca (1240) per la quale nel 1259 fu distrutta dalle truppe di Manfredi. La città fu ricostruita da Gentile da Varano che la fondò a Camerino le basi per la signoria della sua famiglia fin dal secondo metà del XIII secolo. Sotto la stessa Signoria Da Varano, che

durò fino alla metà del Cinquecento Camerino conobbe le più intense attività politiche e periodo culturale, interrotto solo dalla cacciata di Giulio Cesare Da Varano da parte del Valentino (1502) che, però, non impedì al figlio Giovanni Maria di riprendersi lo stato nel 1503 e di acquisire il titolo di duca (Angeletti e Remiddi, 2002). Dal 1545 la città tornò sotto il diretto dominio della Chiesa come capitale della Delegazione Apostolica. A seguire i numerosi accorpamenti cinque-seicenteschi, di tessuto più antico, ci sono solo precise testimonianze della fase medievale, riportate alla luce sotto l'intonaco attraverso "asole di ruderizzazione". Nel corso dei secoli, il paese è stato pesantemente danneggiato da frequenti terremoti, con epicentri nell'Appennino centro-meridionale. Più significativi sono quelli del Settecento (1799) quando si registrano notevoli danni agli edifici del centro storico. Durante il XIX e il XX secolo, gli episodi si sono susseguiti in sequenze particolarmente ravvicinate (1979 e 1997) che danneggiò gravemente gran parte del centro storico di Camerino. La recente sequenza sismica del 2016-2017 ha nuovamente danneggiato gli stessi edifici ubicati all'interno del centro storico, dove è stata costituita una vasta area rossa, presente ancora oggi.

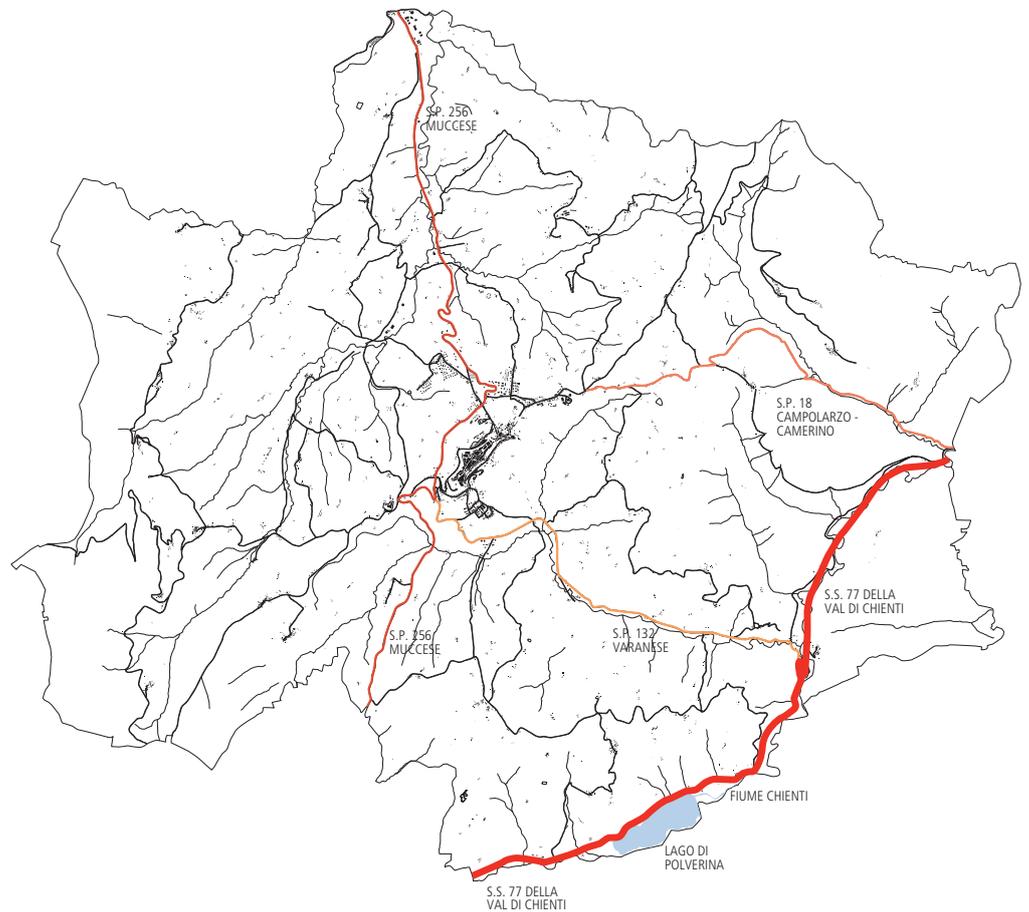


Fig. 1. Inquadramento territoriale: il territorio di Camerino e le sue direttrici di accesso

5.2 Selezione e calibrazione dei dati

Localizzazione Il centro storico di Camerino si trova a quota 660 m.slm. su una propaggine orientale della dorsale Appenninica.

Il supporto naturale/artificiale è molto caratterizzato su tre margini, svettando sopra la recente edificazione di frangia. A sud e a nord - qui in due segmenti distinti, il primo caratterizzato da un secco scoscendimento artificiale, il secondo dall'unica allungata cortina edilizia contropendio - i fianchi del banco litoide si inclinano ripidamente verso il bacino dei due fiumi; ad ovest ove il fronte dell'abitato si presenta con la convessità artificiale dalla fortificazione cinquecentesca. Ad est, invece, dopo il declinare della quota fino al caposaldo di San Venanzo, il supporto si innesta dolcemente, quasi pianeggiante sotto il dosso del cimitero, nel sistema dei rilievi pedemontani.

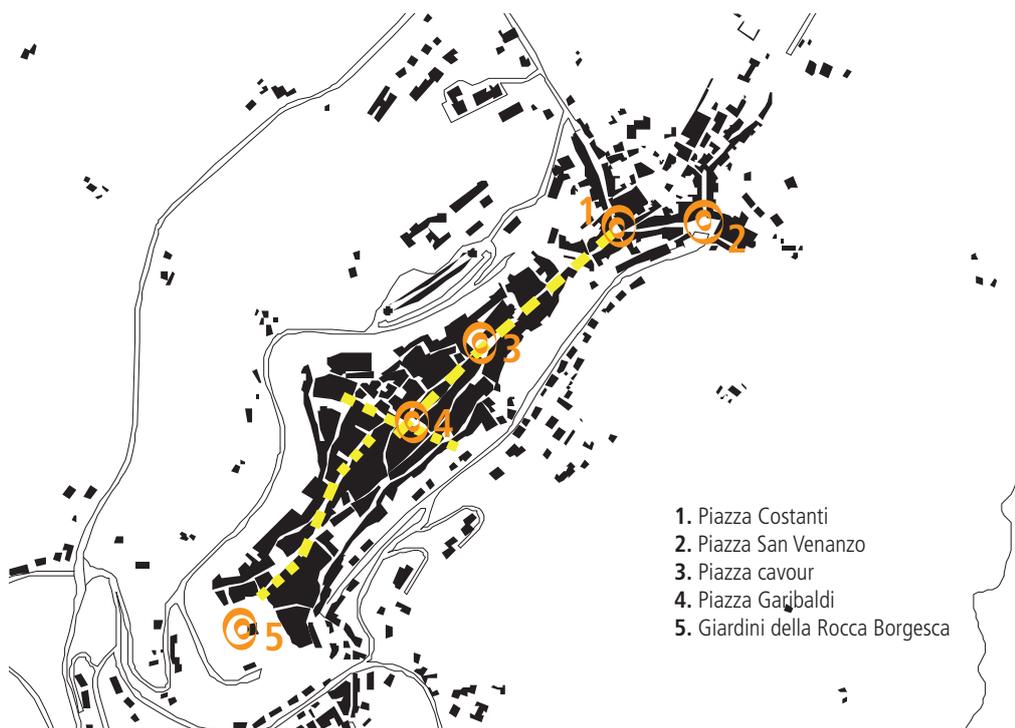


Fig. 2. Assi e snodi principali del centro storico di Camerino

Il centro storico si presenta con una tipica *forma urbis* a fuso d'acropoli quasi obbligata dal supporto e rimarcata dal perimetro della sua cinta muraria principale, ma con l'irregolarità che le successive e incomplete cerchiature murarie non sono riuscite a ricondurre ad un'unitarietà d'impianto.

L'articolazione della morfologia urbana in più parti, chiaramente leggibile nella diversa geometria degli assi di impianto, ma più sfumata nella relativa omogeneità tipologica e architettonica, costituisce anche un problema strutturale dell'organizzazione urbana.

Tale molteplicità ha infatti concentrato su un "punto-cerniera" (la piazza Costanti di fronte al San Domenico - Fig. 2 - n. 1) la sutura e l'integrazione tra le due parti principali della città, ma la collocazione interna di quello snodo e il suo ripido collegamento con la Piazza San Venanzo (Fig. 2 - n. 2) "cerniera orientale" del centro, non ne consente la completa circuitazione tangenziale.

Le antiche porte urbane o sono state trasformate/demolite o rimangono come vestigia monumentali, senza consentire altri accessi che quelli pedonali ad eccezione di due: la Porta Vannucci e la Porta Boncompagni, collocate nelle parti "annesse".

La parte più densa della città si struttura lungo due assi quasi perpendicolari baricentrali (Fig. 2 - tratteggio giallo) su cui si è ordita la trama della viabilità di urbanizzazione. Lungo l'asse principale longitudinale si sono collocati i principali spazi pubblici urbani: il giardino della Rocca, Piazza Garibaldi e Piazza Cavour, nonché gli edifici più importanti: l'ex-ospedale e i Palazzi Ducale e Arcivescovile (Fig. 3), mentre i complessi edilizi di tipo seriale predominano nelle aree perimetrali. Le principali vie di fuga si trovano alle estremità dei due assi sopra descritti, risultando senza dubbio carenti rispetto alla dimensione del centro.

Per quanto riguarda le attività e i sistemi di relazione presenti nella città, va sinteticamente osservato come nel tempo il centro di Camerino sia andato progressivamente ad assumere sempre più il ruolo di un polo terziario, erogatore di servizi anche di ambito sovracomunale, accogliendo ex-novo o nei suoi più antichi contenitori ristrutturati uffici giudiziari e finanziari, un nucleo dei vigili del fuoco, una caserma della guardia di finanza, scuole primarie e secondarie, sedi bancarie e assicurative, sedi distaccate di amministrazioni centrali dello Stato, un ospedale generale oltre alle sedi rappresentative didattiche e di ricerca della sua antica università.

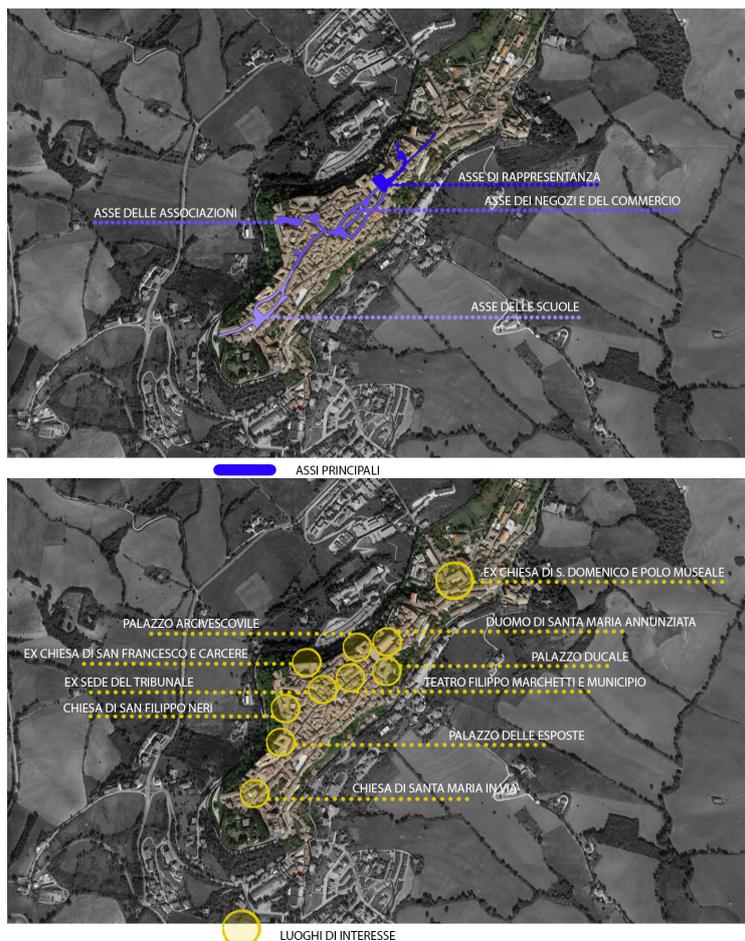


Fig. 3. Inquadramento centro storico di Camerino: in alto gli assi principali, in basso i luoghi di interesse



Fig. 4. Inquadramento centro storico di Camerino: principali vie di fuga

Analisi storiche L'identità urbana di Camerino si è costituita e trasformata storicamente attraverso un processo che non ha soluzioni di continuità dall'epoca preistorica fino ai nostri giorni. Questa evoluzione ha portato ad un susseguirsi di interventi sugli edifici originali e a nuove edificazioni risalenti a differenti periodi storici.

Nel centro storico di Camerino sono state individuate quattro fasi insediative, di cui la più antica risalirebbe all'età ellenistica, databile tra il IV e l'inizio del III secolo, con poche tracce materiali. Intorno alla fine del I sec. a.C. forse in concomitanza con la riorganizzazione che interessò il territorio in età augustea, l'area urbana sembra aver subito una significativa trasformazione, assumendo la connotazione di zona prevalentemente residenziale, con la costruzione di grandi domus, che permarranno fino all'epoca tardoantica. In età romana ebbe un ruolo rilevante, come testimonia il trattato di alleanza con eguali condizioni (*aequum foedus*) stipulato con l'Urbe nel 309 a.C. Lo stesso privilegio della cittadinanza romana, confermata da Mario nel 101 a.C. e da Settimio Severo nel 210 d.C., garantisce ancora la grande importanza della città nel III secolo. La tradizione religiosa ha conservato memoria dell'assedio che Alarico avrebbe posto alla città nel 409. Sconfitti i Goti nel 553, fece parte dell'esarcato bizantino e nel 592, con la conquista longobarda, diede il nome a un Ducato incorporato in quello di Spoleto (VI-VIII sec). Sede vescovile già nel 465, ebbe una giurisdizione ecclesiastica vastissima per oltre un millennio. Dopo il 1198 passò a far parte dei domini della Chiesa, mantenendo una propria autonomia e durante la prima metà del XIII secolo difese accanitamente la parte guelfa contro gli Svevi, subendo la distruzione da parte delle truppe di Manfredi (1259). Sotto la Signoria dei Da Varano, che si prolunga fino alla metà del '500, che coincide con un periodo di prosperità economica e notevole incremento demografico (Conti, 1872), la città è interessata da una trasformazione urbanistica che ne modifica l'impianto antico, attraverso accorpamenti e sopraelevazioni che subiranno nel tempo ulteriori modifiche a causa degli eventi sismici. Le vicende storiche, s'intrecciano con le modifiche dell'assetto urbano, a partire dall'epoca altomedievale, con evidenti trasformazioni: si tratta di lavori che giungono fino all'età moderna, caratterizzati anche da ricostruzioni a seguito di alcuni disastrosi eventi sismici: ciò rende più complessa l'identificazione di magisteri

costruttivi ricorrenti.

Con il passare dei secoli, l'uso frequente dei laterizi per risarcire i danni del tempo ha prodotto un gioco di equilibrio arenaria-mattone su tutta l'edilizia camerte. Il problema principale della conservazione dell'architettura in questa zona, oltre ai danni sismici, sono gli agenti atmosferici, i quali scavano in continuazione i materiali, particolarmente fragili, che la compongono. Pertanto l'intonaco si impone come salvaguardia e come decorazione, nella maggior parte dei casi infatti gli edifici presentano solo portali, zoccoli, capitelli o cornici di porte in pietra originale ed alcuni rari brani di muro a vista.

Grazie all'analisi incrociata dei documenti d'archivio, delle planimetrie storiche della città (Fig. 6), e soprattutto della *Relazione Illustrativa del Piano Quadro del Centro Storico del Comune di Camerino*, progettata dagli Arch. L. Cristini, E. Mariani con consulenza dell'Arch. P. Castelli, è stato possibile fare il punto sulle radici morfologiche del tessuto della città, riscontrando una differenziazione imprescindibile della situazione relativa alla zona centrale, l'antico nucleo originario, da quelle dei borghi, le appendici urbane sviluppatesi nel periodo medioevale. In Fig. 5 è riportata la datazione presunta degli edifici del centro storico.

Il cuore della città oggi si presenta alquanto eterogeneo, frutto delle ininterrotte stratificazioni dovute alle diverse esigenze susseguitesi attraverso i secoli.

Si alternano tipologie medioevali a schiera a tipologie a corte, dovute all'accorpamento delle precedenti in epoche successive. Nelle parti più lontane dalle vie principali si riscontra una tendenza allo sfruttamento intensivo dei lotti di pertinenza dei singoli edifici determinando l'occupazione quasi totale degli spazi liberi posizionati sul retro delle abitazioni. Nella maggior parte dei casi è presente solo un piccolo cortile per la luce e per l'aria.

I tracciati viari principali presentano un'orditura regolare, mentre i secondari sono meno geometrizzati e rendono chiaro il processo di medioevalizzazione, caratterizzato da un adeguamento spontaneo a discapito di una pianificazione precedente.

Presumibilmente in epoca medioevale la città ha assistito ad un processo di medioevalizzazione della cortina esterna a ridosso delle mura di fortificazione, risultando quindi un progressivo avanzamento dei fronti degli edifici private che inglobarono parte dello spazio adiacente al camminamento di ronda. La parte del centro che più presenta una maglia viaria irregolare è quella nei pressi di Piazza Cavour e Corso Vittorio Emanuele. Infatti, in tale ambito diversi edifici sono caratterizzati da tipologie edilizie tanto particolari da non ricadere in nessuna classificazione storicamente codificata, e non possono che essere il frutto di una stratificazione indisciplinata avvenuta in tempi remoti.

Ancora all'interno del centro urbano, molte sono state le operazioni di sostituzione edilizia operate a partire dall'epoca rinascimentale. Esse riguardano soprattutto palazzi privati dalla tipologia a corte, che occupano porzioni di superficie corrispondenti alla rifusione di svariati lotti elementari.

La situazione dei borghi di S. Anna e di S. Venanzio è basata su regole morfologiche e tipologiche diverse rispetto al nucleo centrale. In questi brani del centro storico formati a ridosso delle mura del nucleo principale, sono facilmente riscontrabili le matrici tipiche

dei processi europei di costruzione della città gotico-mercantile. A quell'epoca nelle città italiane ed europee vi fu un diffuso accentramento della popolazione in luoghi deputati allo scambio mercantile, è molto comune riscontrare infatti, un tessuto costituito da tipi a schiera generalizzati. Nel caso dei borghi sopracitati la distribuzione dell'edificato è improntata su un percorso matrice che nel caso del Borgo San Venanzio, dalla collegiata del santo omonimo, conduceva al centro città, e rappresenta le attuali Via Venanzi, Antinori, Farnese.

Il tessuto urbano si è, quindi, sviluppato in un primo momento in direzione ortogonale all'asse viario per poi occupare in seguito le aree interne mediante nuovi percorsi di impianto edilizio, generati in base alle esigenze delle nuove costruzioni. Infine si sono formati gli assi viari di raccordo, i quali hanno delimitato longitudinalmente i nuovi isolati.

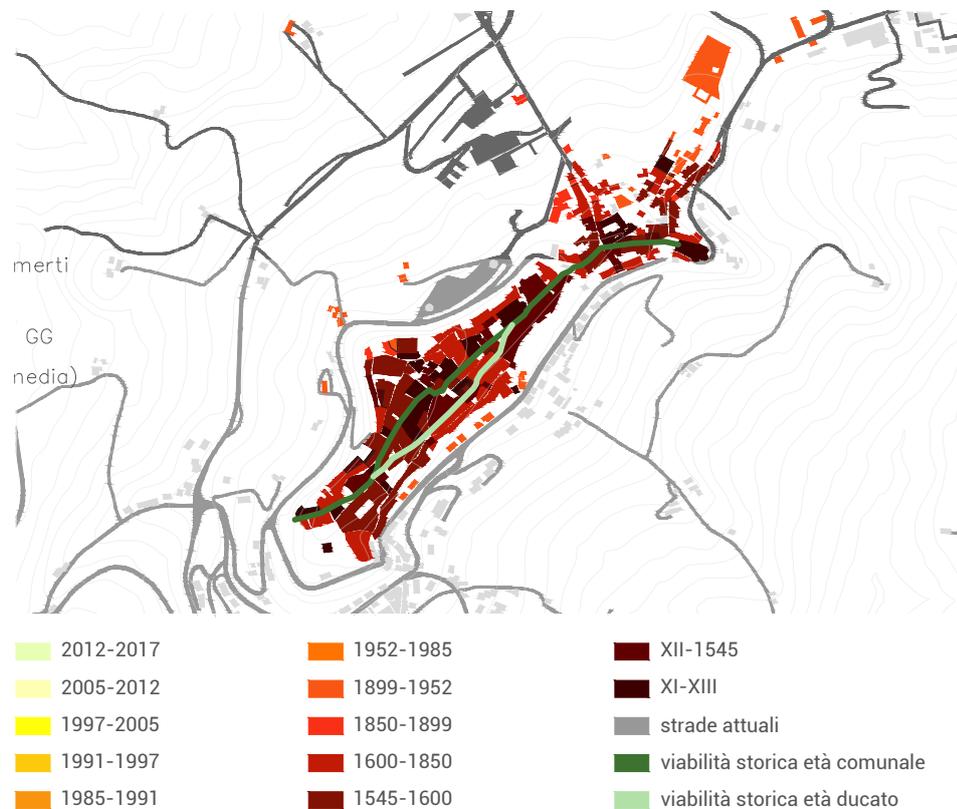
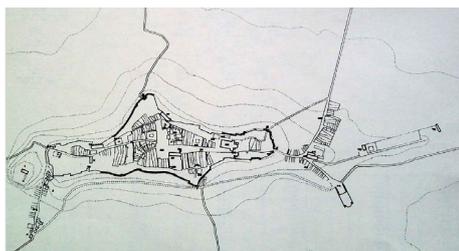


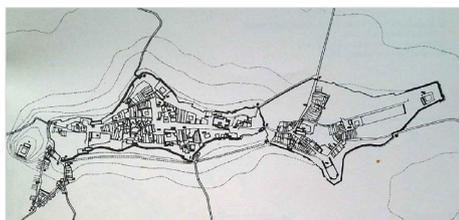
Fig. 5. Datazione edifici del Centro Storico di Camerino

Analisi tipologiche Allo stato di fatto attuale, l'edificato nel centro storico si può suddividere nelle seguenti categorie:

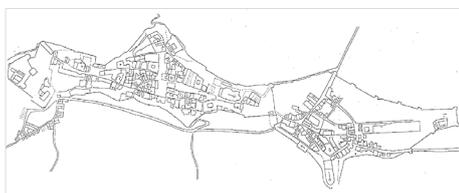
- a) Edifici di impianto medioevale che conservano prevalentemente i caratteri originari, distinti in sottoclassi a seconda dell'impianto tipologico unitario o seriale;
- b) Edifici di formazione rinascimentale o medioevale ma trasformati in epoca rinascimentale o post-rinascimentale in cui le trasformazioni abbiano assunto carattere prevalente



1. Ipotesi di ricostruzione XIV sec



2. Ipotesi di ricostruzione XV sec



3. Ipotesi di ricostruzione 1545



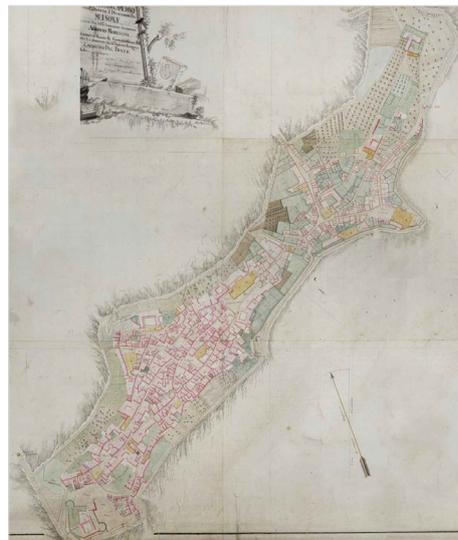
4. Incisione di Camerino pubblicata nel 1927 da Jodocus Hondinus, basata su una precedente incisione di Georgius Hoefnagel del XVI secolo circa



5. Mappa Camerino XVII secolo - Biblioteca Valentiniana



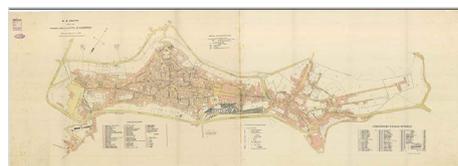
6. Veduta di Camerino del XVIII secolo circa. Presente nel capitolo dedicato a Camerino all'interno del volume XXI "Lo stato presente di tutti i paesi, e popoli del mondo naturale, politico e morale, con nuove osservazioni e correzioni degli antichi e moderni viaggiatori"



7. Catasto Pio-Gregoriano, attivato nel 1835. Periodo di rilievo dal 1818 al 1822



8. Planimetria risalente al 1880 circa



9. Planimetria risalente al 1899

Fig. 6. Cartografia storica di Camerino

- rispetto ai caratteri originari, distinti in sottoclassi a seconda dell'impianto tipologico;
- c) Edifici ottocenteschi o in cui sia prevalente la trasformazione subita post-terremoto del 1799, distinti in sottoclassi a seconda dell'impianto tipologico prevalente;
- d) Edifici novecenteschi di sostituzione del tessuto originario.

La città murata dopo il 1380 era divisa in tre terzi (Fig. 7):

1. Sossanta (sotto il Duomo) si estendeva dal Duomo a San Venanzio;
2. Mezzo abbracciava il Centro;
3. Muralto comprendeva la parte sud e l'estremità ovest.

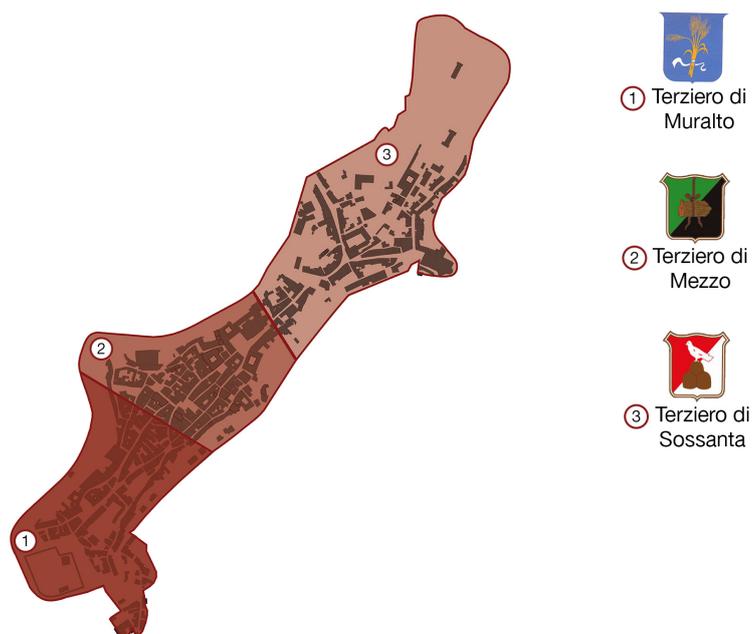


Fig. 7. Suddivisione storica in Terzieri

Sulla base delle caratteristiche omogenee dell'edificato e del loro sviluppo storico, il centro storico è stato suddiviso in 6 diverse zone omogenee (Fig. 8) per una descrizione più dettagliata.

ZONA 1

La zona I è situata a sud-est di Camerino, al di fuori delle mura della città e al limite dell'area del Centro Storico. La zona corrisponde all'antico Borgo S. Anna, dal nome della chiesa, unico edificio di culto presente in quest'area. E' un nucleo indipendente dal resto della città, con caratteristiche storiche, tipologiche e costruttive omogenee.

Se si escludono alcuni manufatti di edificazione recente e di struttura in c.a., l'insieme è costituito da edifici a schiera di due o tre piani di muratura di blocchi sbozzati di pietra arenaria (spesso con listature di mattoni) con solai e tetti di legno.

Le dimensioni delle cellule elementari mediamente hanno luce netta di circa m. 6x6. Sono frequenti anche cellule di forma rettangolare di 4-6 m frontali e 10 m circa di profondità e cellule di 8x8 o 9x9 m circa con un pilastro murario di sostegno delle travi di legno dei solai e dei tetti. I solai sono a doppia orditura; i tetti ad una o a due falde o a padiglione.

Le travi principali dei solai e dei tetti sono in genere parallele alla facciata.

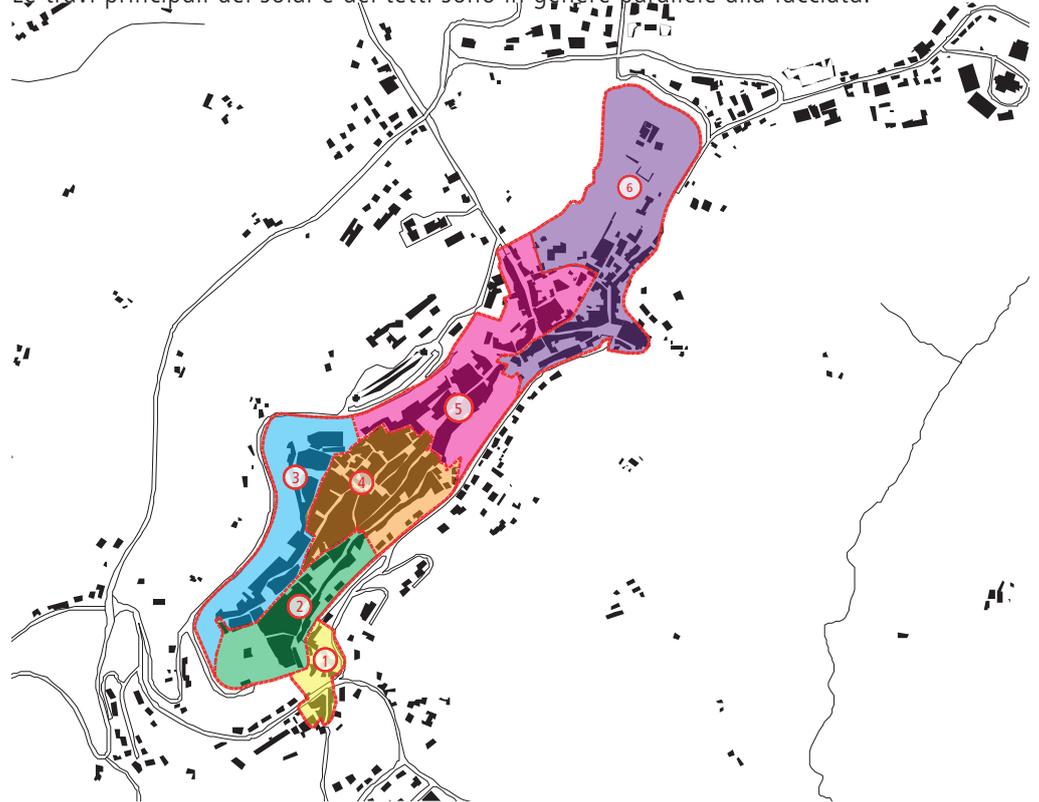


Fig. 8. Suddivisione del Centro Storico in zone omogenee a livello tipologico e morfologico

ZONA 2

Questa zona corrisponde a quello che era il terziere di Muralto. Qui, intorno ad alcuni edifici caratterizzanti (la Rocca dei Borgia, l'area oggi occupata dai licei e l'albergo dei Duchi), l'edificato minore si sviluppò tra orti e cortili costituito da botteghe artigiane con tipologia in linea su "lotto gotico".

L'impianto morfologico attuale suggerisce che la Rocca Borgesca con il Convento delle Benedettine di San Salvatore (XVI sec.) e il Convento e Chiesa di S. Elisabetta (XIV sec.) abbiano generato due percorsi matrice costituiti a monte da Via Pieragostino, Largo Feliciangeli e Via Varino Favorino e a valle da Via Morrotto e Via Costanza da Varano, congiunti in Largo Pierbenedetti.

Ai margini del "percorso matrice" si sono disposti nei secoli gli edifici privati occupando, con uno sviluppo per lo più ortogonale, lo stretto spazio tra le mura e la strada.

Le tipologie di questa zona denotano uno sviluppo piuttosto caotico fatto di successivi ammodernamenti, infatti è costituita da un insieme disomogeneo di edifici realizzati con strutture e tipologie edilizie diverse. La maggior parte è costituita da edifici da 2 a 4 piani con struttura portante in muratura (blocchi di arenaria con ricorsi in laterizio, solai e copertura in legno o c.a.), ma sono da segnalare edifici volumetricamente consistenti realizzati con struttura portante in c.a. o mista.

Lo schema strutturale per gli edifici in muratura è quello caratteristico della tipologia a

schiera con cellule delle dimensioni tra 4 a 6 m. sul fronte strada e 10-12 m. in profondità. Generalmente l'orizzontamento è costituito da solai in legno con orditura principale, secondaria e pannelle; negli edifici oggetto di ristrutturazione sono stati sostituiti i solai in legno con solai in c.a.

ZONA 3

La zona 3 si snoda lungo il tracciato delle mura storiche, nella parte sud-occidentale del Centro storico. Esse sono delimitate a nord dal Piazzale Nazario Sauro, dal quale si accede alla Porta, e a sud dal Piazzale della Vittoria, confinante con la Rocca.

L'area comprende anch'essa gran parte del terziere Muralto.

Tra gli edifici pubblici sono numerose le importanti testimonianze di diverse epoche storiche: l'ex chiesa di S. Francesco, con la sua struttura romanico-gotica, rappresenta un esempio di architettura del periodo medievale di particolare pregio; al XV secolo appartiene anche il palazzo Riccioni, il quale, pur essendo stato notevolmente rimaneggiato nel corso del tempo, conserva ancora, nel cortile, preziose tracce dell'organismo originario; nel 1503 fu realizzata la Rocca del Valentino, su disegno di Lodovico Clodio, rafforzata poi da Giovanni Maria Da Varano, restaurata da Guidobaldo Della Rovere, poi dai Farnese e dalla Chiesa; esempi barocchi sono la chiesa di S. Filippo, terminata nel 1735, e S. Maria in Via, iniziata nel 1639 da Andrea Sacchi, con alta facciata in cotto a due ordini.

Tra gli edifici dell'ex-ospedale emerge per valore storico quello la cui costruzione risale al 1300 mentre gli altri sono di epoca più recente; Nel '900 si è assistito alla sostituzione di cospicue parti di tessuto per far luogo, prevalentemente, ad edifici pubblici. In tal modo sono stati realizzati l'ampliamento dell'ex-ospedale in Via Muralto e gli edifici universitari di Via Scalzino.

Sostituzioni di tessuto edilizio residenziale di un certo rilievo si sono avute anche lungo la Via Lili e sul Piazzale della Vittoria.

La zona è caratterizzata dalla presenza di importanti palazzi privati che derivano, in alcuni casi dall'accorpamento di più edifici, e si alternano alle preesistenti tipologie medioevali. Essi si caratterizzano per essere alti quattro o cinque piani; per scale voltate ed articolate, per i "piani nobili", spesso strutturati in grandi ambienti con volte di mattoni in foglio o in camorcanna, in alcuni casi affrescate.

L'edilizia minuta del tessuto medioevale presenta invece una tipologia caratterizzata da ambienti decisamente più modesti.

ZONA 4

Questa area occupa una vasta zona triangolare del cuore dell'antica Camerino rappresenta una zona omogenea dal punto di vista urbanistico e morfologico; essa è delimitata a nord-est dalla Piazza Cavour e dal fianco medioevale del quadriportico "Varano" del Palazzo Ducale; a sud-est dalla cinta muraria e dal Parco delle Mura; a sud-ovest dal quartiere del vecchio ospedale e dalla Chiesa di S. Maria in Via; a nord ovest dagli antichi tracciati delle Vie Vergelli e Bongiovanni.

L'area è caratterizzata da un supporto pianeggiante nella parte centrale (detta "la piana"), e da un forte declivio del terreno verso l'arco sud-est, in direzione della cinta muraria, e

sud-ovest. Essa giace su uno sperone roccioso in pietra arenaria, costituitosi verso la fine dell'epoca miocenica, che, a causa della sua friabilità, si presenta ricca di grotte, caverne, gallerie naturali.

La "forma" pressoché definitiva del tessuto planimetrico si consolida dopo le distruzioni apportate dal sacco svevo (1259) e dal terremoto del 1279.

Con la ripresa dell'agricoltura, il ripopolamento dell'abitato e la zona si infittisce di tipologie medioevali a schiera o a doppia schiera orientate in senso ortogonale agli assi viari e all'Arengo, delimitando una vasta area centrale.

Trasversalmente alle vie ed agli spazi pubblici il tessuto medioevale si viene caratterizzando dai vicoli, una ramificata serie di passaggi pedonali, alcuni in forte pendio, che ancor oggi conservano i toponimi delle corporazioni che vi risiedevano.

Il Ghetto ebraico costituisce un'eccezione a questo impianto regolare; la sua costruzione si sviluppa presumibilmente in due fasi: una prima (1343) caratterizzata da un'edilizia a due o tre piani che si affaccia su strette e tortuose vie (che creano, con il loro andamento irregolare, piccole piazze e spazi fra loro collegati; ed un secondo nucleo che sarà delimitato dalla Via Bongiovanni: sono edifici in linea o a schiera alcuni dei quali, in seguito, oggetto di radicali trasformazioni. La struttura dei nuclei medioevali si definisce durante la signoria di Giulio Cesare Da Varano, quando, resi sicuri i confini del Ducato, i Varano poterono dedicarsi alla costruzione della città.

Dal punto di vista viario occorre sottolineare lo sdoppiamento dell'asse longitudinale nelle due nuove strade avvolgenti prossime alla cinta muraria: la Via Favorino e le Vie Vergelli e Bongiovanni e il delinarsi della Via Seneca oggi Via Ugo Betti posta fra l'edilizia a schiera che si sta realizzando sulla cinta muraria alle spalle di Via Favorino.

Dopo il sisma del 1799 un'ennesima trasformazione riguarderà nuovamente la struttura tipologica degli edifici medioevali e la creazione di nuove tipologie nella forma del Palazzo derivanti dall'accorpamento di più unità abitative medioevali o, in altri casi, la semplice demolizione con sostituzione di nuove strutture funzionali: singoli edifici medioevali vengono accorpati a formare nuovi palazzi tramite l'introduzione di nuovi corpi scala con il fine di collegare i diversi livelli; vengono realizzati androni d'accesso spesso voltati, in alcuni casi passanti a collegare la strada con la corte retrostante o, addirittura, di collegamento fra due strade e le facciate degli edifici vengono riparate con l'inserimento di parti in laterizio, rinnovate totalmente e in alcuni casi appoggiate ai partiti murari medioevali e rifinite in laterizio o intonaco. Va sottolineato come questa trasformazione non sia stata accompagnata da un accurato consolidamento murario: le nuove facciate mostrano connessioni precarie con i maschi murari retrostanti, ovviate dal frequente ricorso alle catene mentre ai piani terreni è rilevante, l'intervento di ristrutturazione col fine di creare botteghe e negozi con il risultato di un grave indebolimento alla base dei setti murari e conseguente vulnerabilità degli edifici, operazione in seguito aggravata a causa della creazione, ovunque fosse accessibile ai veicoli, di autorimesse.

Gli interventi novecenteschi sono essenzialmente interventi di sostituzione del tessuto edilizio medioevale.

ZONA 5

La zona comprende la parte nord-est del Centro fino al margine orientale dell'antica cinta muraria (attualmente segnato dalle Vie F. Filzi e Ridolfini), e la parte settentrionale dell'addizione dell'antico Borgo S. Venanzo.

Questa parte, relativamente meno compatta e densa di quelle più baricentrali, contiene al suo interno alcuni dei manufatti edilizi più importanti della città - i suoi monumenti consolidati - oggi in gran parte di proprietà di enti religiosi o pubblici e in particolare dell'Ateneo di Camerino, mentre l'edilizia minore è presente in percentuale ridotta.

La zona comprende le edificazioni di bordo alle Vie Ridolfini e Venanzi, fino alla porta Boncompagni, e De Medici con le vaste aree di competenza retrostanti le strade, antichi giardini ed orti ancora parzialmente conservati come tali, ed è caratterizzata dalla preponderante presenza degli antichi conventi del S. Domenico, di S. Caterina e delle Carmelitane. Quest'area è stata oggetto nel tempo dei più rilevanti processi di trasformazione urbana, dapprima con la già citata annessione tardo-trecentesca dei borghi orientali extra-moenia, poi per effetto degli inserimenti dei grandi complessi arcivescovili e ducali, (Palazzo Arcivescovile, Duomo, Palazzo Ducale), infine per interventi di sostituzione ottocentesca tra i quali vanno annoverati alcuni palazzetti tra i più pregevoli di Camerino come ad esempio Palazzo Battibocca, che domina lo scoscendimento orientale dell'antica cerchia muraria.

Le cellule delle case a schiera hanno dimensioni variabili dai 4 ai 6 m. di fronte e dai 10 ai 15 m di profondità e in alcuni casi sono accorpate in un'unica unità immobiliare. Le case mostrano in genere una sola parete su strada e l'altra sull'orto o giardino interno. Le cellule accostate hanno muri di confine comuni, tuttavia le unità tipologiche non corrispondono sempre ad un'unità abitativa, per opera di fusioni o frazionamenti che hanno generato intersezioni sia verticali, sia orizzontali. La maggior parte di tali edifici è stata costruita in blocchi di pietra arenaria sbazzata con ricorsi in laterizio, e in alcuni casi è ricoperta d'intonaco in cattivo stato di conservazione. Lo spessore dei muri in genere è di 50/60 cm alla prima elevazione e di 45 cm. alla seconda e terza. I solai sono prevalentemente costituiti da travi in legno di grosso spessore, tessuti parallelamente alle facciate esterne. Le coperture generalmente sono formate da un'orditura di travi principali e da correnti secondari a due falde o, nelle case ad angolo o isolate, a padiglione.

ZONA 6

La parte orientale di Camerino a partire dal salto di quota al di sotto di Porta Giulia, si snoda secondo due direttrici principali: la prima da Piazza Costanti discende bruscamente a nord verso Porta Buoncompagni, l'altra, con minore pendenza, conduce a piazza San Venanzo lungo via Antinori e quindi esce dal Borgo attraverso l'Arco Vannucci e via Farnese. Tra queste due strade corre via Ansovino Medici che, con dislivelli ancora più dolci, porta ai monasteri ed al cimitero. I percorsi-matrice di questa zona presentano a livello inferiore e superiore raddoppiamenti di minore importanza, con i quali sono collegati attraverso vicoli stretti e spesso a forte pendenza, non transitabili o difficilmente

percorribili dal traffico veicolare.

Gli assi principali della parte sud sono caratterizzati da quinte di edifici che vanno perdendo di importanza e di scala con l'aumentare della distanza dal centro urbano. Le costruzioni su queste vie, con poche eccezioni, presentano ai piani terreni attività terziarie in genere di modesta entità ed importanza. In questi ultimi duecento anni poco è cambiato nell'assetto urbanistico e edilizio di questa parte della città, come si può facilmente evincere dal raffronto degli attuali fogli catastali con quelli della prima e dell'ultima parte del secolo scorso. I blocchi di isolati hanno subito in sostanza solo variazioni dovute a microinterventi di ammodernamento su singoli edifici che complessivamente non hanno stravolto la qualità costruttiva ed ambientale del tessuto.

Indagini sullo stato delle murature camerti

Alla luce di tutte le informazioni ricavate dall'evoluzione storico-morfologica del paragrafo precedente si evince certamente che lo stato della muratura, elemento fondamentale a stabilire la vulnerabilità dell'intero apparato storico, sia quanto mai eterogeneo perché frutto delle variegata vicissitudini e trasformazioni edilizie. Volendo azzardare una datazione delle attuali strutture murarie presenti a Camerino, si può affermare l'elevata probabilità che l'impianto urbano sia nella maggior parte corrispondente a quello originale. Attraverso il confronto delle poche planimetrie storiche risalenti non precedenti al 1545, con quelle ipotizzate dagli studiosi in tempi più recenti si è riscontrata una minima, quasi nulla, trasformazione dell'impianto originale, salvo nei casi di espansione urbana ed occupazione della campagna circostante.

Con questo non si intende affermare la "perfetta" coincidenza dell'impianto murario antico con quello attuale, ma è facilmente ipotizzabile che le strutture murarie sono in gran parte quelle presenti già nel 1545 in considerazione di come avveniva il processo di evoluzione-modifica del costruito.

Per raggiungere un maggiore livello di conoscenza a riguardo un passaggio fondamentale nell'analisi dello stato attuale degli edifici è rappresentato dalla caratterizzazione storico-tipologica dei campioni di muratura. Il campionamento è stato effettuato nelle zone basse degli edifici senza intonaco. Sono stati analizzati in totale 44 campioni e per ciascuno è stata redatta una scheda di analisi i cui i contenuti possono essere riassunti in:

Parte 1 - Localizzazione e identificazione della muratura

Parte 2 - Rilievo della tipologia del muro:

- a. geometria del pannello;
- b. caratterizzazione dei materiali del pannello e della sezione;
- c. caratteristiche della malta di allettamento.

Parte 3 - Osservazioni qualitative e parametri meccanici (IQM) (Borri e De Maria, 2019). I risultati ottenuti per le azioni ortogonali sono stati riportati in fig. 9.

Infine, è stata effettuata una datazione dei campioni raccolti principalmente basata su un'analisi diacronica effettuata incrociando mappe storiche e le ricostruzioni sopra descritte dell'evoluzione degli edifici. Sono riportate le tipologie murarie ricorrenti per ogni periodo storico nella figura 10 (Petrucci et al, 2022).



Fig. 10. Ipotesi sulla datazione dei campioni murari

Pericolosità Per poter valutare approfonditamente la pericolosità sismica di un'area è fondamentale conoscere la storia dei terremoti avvenuti in un determinato periodo e in uno specifico luogo. A occuparsi di questo compito, è la sismologia storica che, attraverso lo studio di manufatti (cronache, diari, atti amministrativi, ecc), accumula dati e informazioni utili che ci rendono in grado di ricostruire le storie sismiche di alcune delle principali città italiane. Entrando nel merito della città di Camerino, grazie a documenti quali il "Catalogo dei forti terremoti in Italia dal 461 a. C. al 1990" (Boschi et al., 1997) e la relazione "Gli eventi sismici del settembre-ottobre 1997 nelle regioni delle Marche e dell'Umbria" (Rapporto GLIS, 1997), possiamo senza dubbio collocarla all'interno di un'area ad alto rischio sismico. I numerosi terremoti, verificatisi nel corso dei secoli, sono la prova che corrobora queste classificazioni.

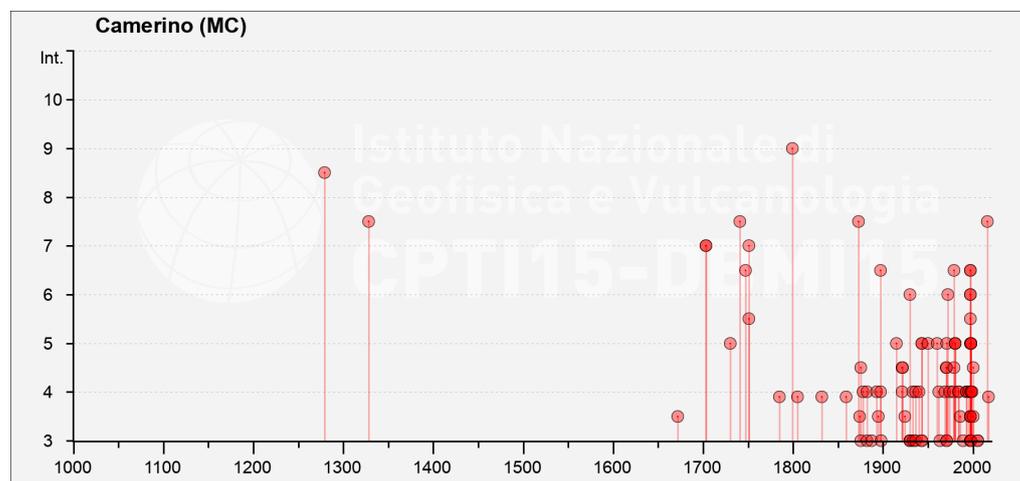


Fig. 11. Sismicità storica del comune di Camerino (https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/place/IT_51588)

I due eventi sismici di maggiore interesse sono: il terremoto del 30 aprile 1279 e quello del 28 luglio 1799.

Per il terremoto del 1799, probabilmente causato dalla rottura di una porzione di crosta

fra San Ginesio e Castelraimondo o a una profondità inferiore ai 15km o inferiore ai 20-25 km², con un'intensità massima valutata intorno al IX-X grado e VIII-IX nei pressi di Camerino. La relazione tecnica sui danni, a opera dell'architetto Andrea Vici su incarico del Comune, costituisce un resoconto scritto di notevole rilevanza storica e culturale, preziosissimo in quanto testimonianza diretta degli effetti del terremoto e dello stato d'essere degli edifici cittadini.

Estremamente utile si rivela essere, inoltre, la Tesi di Laurea del Dott. Giuseppe Capponi, nella quale egli ha come fine quello di ricostruire il danno diffuso generato dall'evento sismico in questione, ottenendo da qui la perizia dei danni del sisma del 1799.

Dai risultati di questa ricerca, possiamo stabilire che le zone più gravemente danneggiate, sono quelle nelle vicinanze della rocca (lato sud-ovest) e relative al terziario di Sossanta (a nord del duomo); a seguire la zona ad ovest del centro storico (Pizza Marchetti e vie confinanti); e la parte centrale (Corso V. Emanuele, Piazza Garibaldi, Via Lili, ecc).

A complemento del lavoro svolto da Capponi, si aggiungono informazioni presenti nella bozza del Piano di Recupero post sisma 1997-98 in cui si erano definiti i danni agli edifici del centro storico a seguito del suddetto sisma. Si riportano tali informazioni in Fig. 12.



Fig. 12. Danni sisma 1799 (sinistra), elaborazione propria basata sui dati della Tesi di Laurea del dott. Giuseppe Capponi ; Danni sisma 1997-98, elaborazione propria basata sui dati del Piano di Recupero (non adottato)

Geologicamente, la suddivisione morfologica di Camerino (aree montuose che circondano una depressione collinare) si rispecchia nella composizione litologica dei terreni e della loro struttura. Abbiamo, infatti, gli elementi laterali, più elevati in termini di altitudine, costituiti prevalentemente da sedimenti calcarei, in minima parte calcarei-argillosi, databili al Mesozoico. La zona centrale, con altitudine inferiore, presenta sedimenti argillosi-calcarei, argillosi, arenacei, sabbiosi o ghiaiosi, databili al Terziario o Quaternario. Si riportano, ad un primo livello informativo, gli stralci della carta geologica della regione Marche e del Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) (Fig. 13)

2 La prima ipotesi, rispetto alla seconda che prevede una profondità più elevata, è ritenuta la più probabile

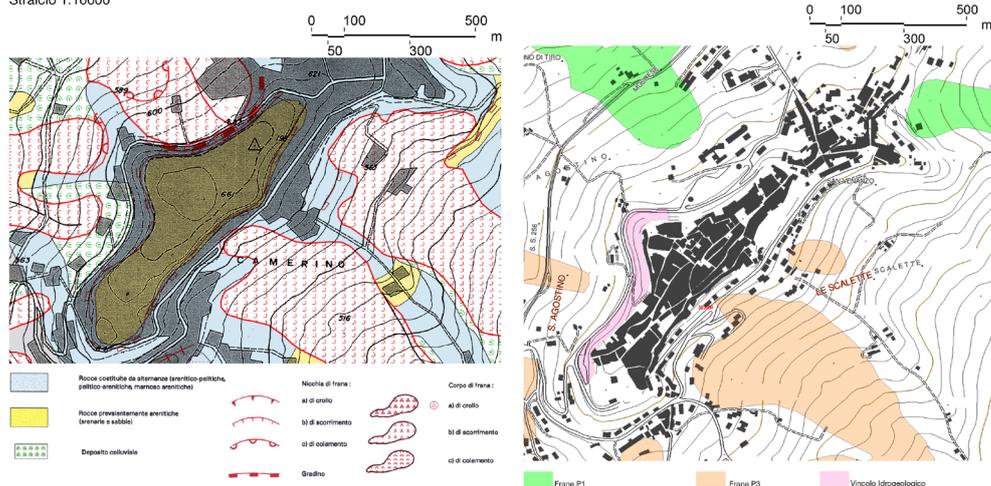


Fig. 13. Stralcio della Carta Geologica Regione Marche (dx) e del PAI (sx)

Il centro storico di Camerino si sviluppa essenzialmente su una formazione arenacea. Intorno al centro storico ci sono molti smottamenti, condizione frequente per tutti comuni marchigiani morfologicamente collocati in collina. Molte delle frane che vediamo oggi si sono recentemente riattivate per motivi antropici in quanto sono legate alla trasformazione dell'uso del suolo.

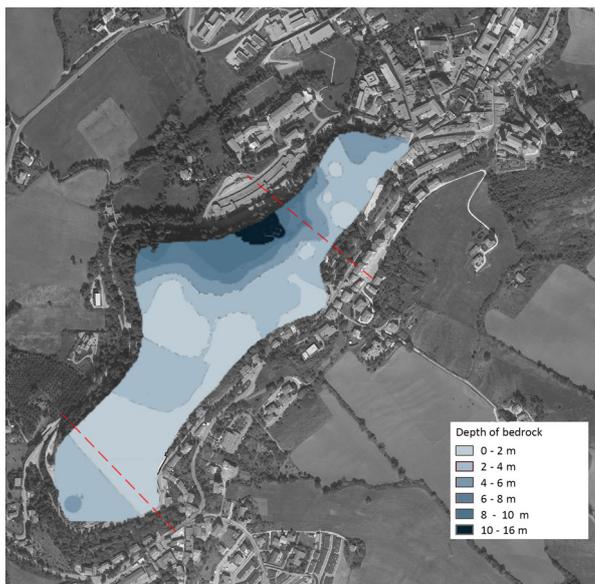


Fig. 14. Profondità del substrato arenaceo di Camerino

La pericolosità sismica geomorfologica è connessa alla diversa risposta sismica del substrato roccioso su cui è costruito il centro storico. Formazioni geologiche diverse e/o gravemente fratturate o la presenza di sedimenti densi non consolidati possono generare fenomeni di amplificazione delle onde sismiche o, in generale, diversi picchi di accelerazione durante i terremoti. In Fig.14 è possibile osservare come il rilievo arenaceo sia caratterizzato da depositi di copertura molto spessi,

in punti del settore settentrionale anche superiori a 10m. Sempre in fig. 14 le linee rosse indicano due zone di passaggio: queste anomalie potrebbero indicare la presenza di una o due faglie, o comunque due zone deboli in cui il substrato è più profondo e c'è una netta distinzione tra le parti.

Quello che possiamo aspettarci dall'indagine sui danni è che gli edifici che si trovano nel substrato roccioso più profondo dovrebbero essere i più danneggiati. Danni molto significativi dovrebbero essere riscontrati anche in gli edifici posti lungo i bordi della

placca arenacea, dove si registra l'amplificazione sismica dovuta a fenomeni associati all'effetto morfologico connesso alla presenza di ripide scarpate.

Per ciò che concerne il contesto sismogenetico, il punto di interesse si colloca nella zona pedeappenninica ai piedi del complesso orografico dei Monti Sibillini. Una zona nella quale si individua il confine fra il regime occidentale tirrenico, quello orientale adriatico e l'inizio dell'approfondimento del piano di subduzione.

Dagli studi analizzati (Monachesi et al., 2014) si evince che la pericolosità sismica è uniforme e con un livello medio-elevato, predisponendo il territorio a una frequente attività sismica di entità limitata, con la possibilità, anche se con minore probabilità, del verificarsi di terremoti con elevata magnitudo a carattere distruttivo. In termini probabilistici la "pericolosità sismica" definita come "lo scuotimento del suolo atteso in un sito a causa di un terremoto" rientra in una forbice tra i 30 o 50 anni.

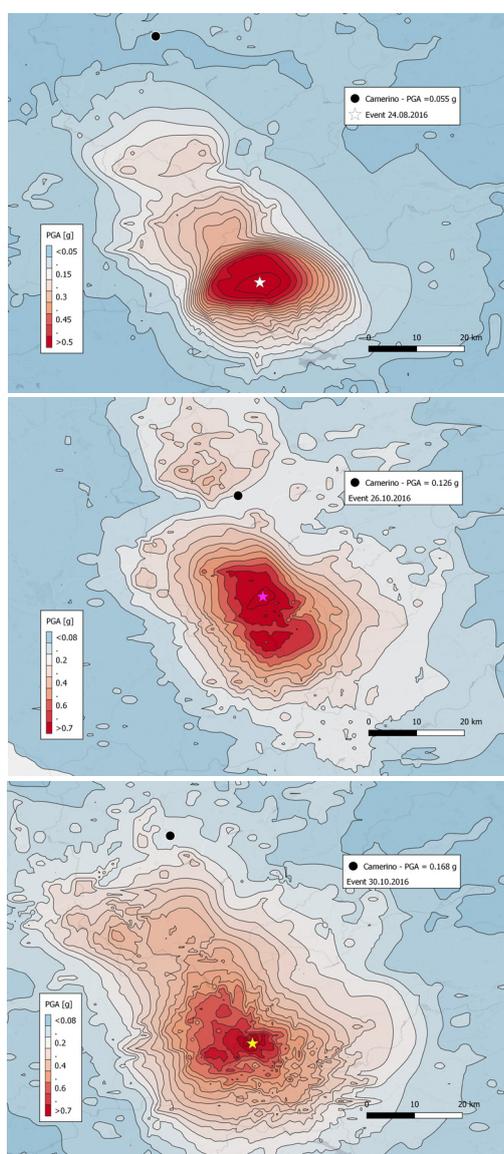


Fig. 15. Shakemaps dei tre eventi principali del sisma 2016-2017

Come approfondimento successivo, sono state rielaborate le mappe di scuotimento relative alla sismicità recente. È stata simulata la sequenza sismica avvenuta nel 2016 in Centro Italia iniziata il 24 agosto con Mw=6. La quale causò 299 morti e importanti perdite economiche dovute ai danni agli edifici. L'epicentro era a 1 km W da Accumoli, e le Peak Ground Accelerations (PGA) registrate vicino all'epicentro erano di circa 0,45 g. Un secondo evento forte caratterizzato da Mw=5.9 si è verificato il 26 ottobre a 3 km da Visso, estendendo l'area sismogenetica attivata verso NO. Quattro giorni dopo, il 30 ottobre, si è verificato un terzo terremoto con Mw=6.5 a 4 km a NE da Norcia. Durante quest'ultimo shock principale, la PGA massima registrata vicino all'epicentro è stato di circa 0,48 g. Inoltre, l'area è stata interessata da circa 6500 scosse di assestamento con Mw compreso tra 2,3 e 5,5, avvenute tra agosto 2016 e gennaio 2017.

La Figura 15 mostra le shakemaps dei tre eventi principali, con riferimento all'abitato di Camerino riportando la distribuzione della PGA e il loro sviluppo. Queste shakemaps sono state ottenute gestendo i dati sismici forniti dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV. Shake maps data)

attraverso il software QGIS Opensource GIS (QGIS. Development Team 2015). Il valore di PGA elaborato dall'INGV è riferito a terreni rigidi caratterizzati da velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s ed è stimato mediante leggi empiriche di attenuazione a partire dagli scuotimenti registrati nelle stazioni accelerometriche distribuite sul territorio. Va notato che la PGA stimata dall'INGV non include possibili amplificazioni da scuotimento locali dovute alle condizioni geologiche.

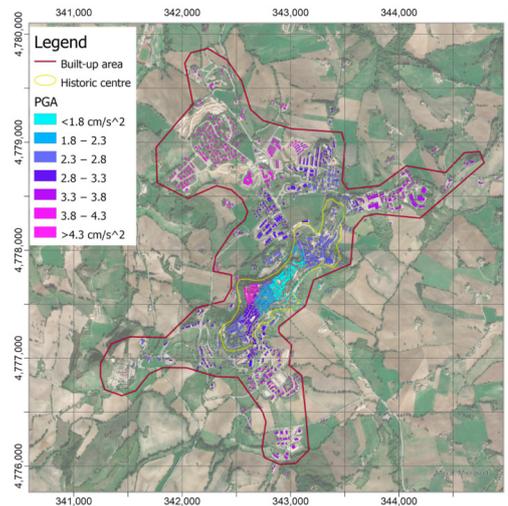


Fig. 16. PGA (in cm/s^2) assegnati agli edifici dell'abitato di Camerino (Costanzo et al., 2021)

Le mappe di scuotimento delle scosse principali in termini di PGA sono mostrate nella Figura 15 con riferimento alla posizione dell'epicentro e dell'abitato di Camerino.

Si riporta, infine, in Fig. 16, la mappa derivante dallo studio fatto da Costanzo et al., 2021, nell'ambito del progetto europeo ARCH, in cui sono state riportate le PGA assegnate ai singoli edifici ottenuti attraverso il join spaziale degli edifici e la shakemap ottenuta dall'interpolazione dei dati ottenuti attraverso una rete di accelerometri localizzati nel centro storico di Camerino e riferiti alla scossa

del 18 aprile 2021³ con ML 3.3 ed epicentro a Fiordimonte (MC), situato 13 km a sud di Camerino.

Tale informazione è stata utilizzata per definire dei fattori di amplificazione che hanno permesso di differenziare la PGA all'interno del centro storico stesso.

Infine sono stati implementati nel database i dati relativi alle schede di 1° livello di rilevamento danno, pronto intervento e agibilità per edifici ordinari nell'emergenza post sismica (AeDES 07/2013). Da cui, in un primo approccio informativo, possono essere desunti i dati riguardanti l'agibilità delle singole Unità Strutturali (US) e i danneggiamenti relativi alle singole componenti costruttive (Fig 17).

³ (<http://cnt.rm.ingv.it/en/event/26473301>, accessed on 3 November 2021)

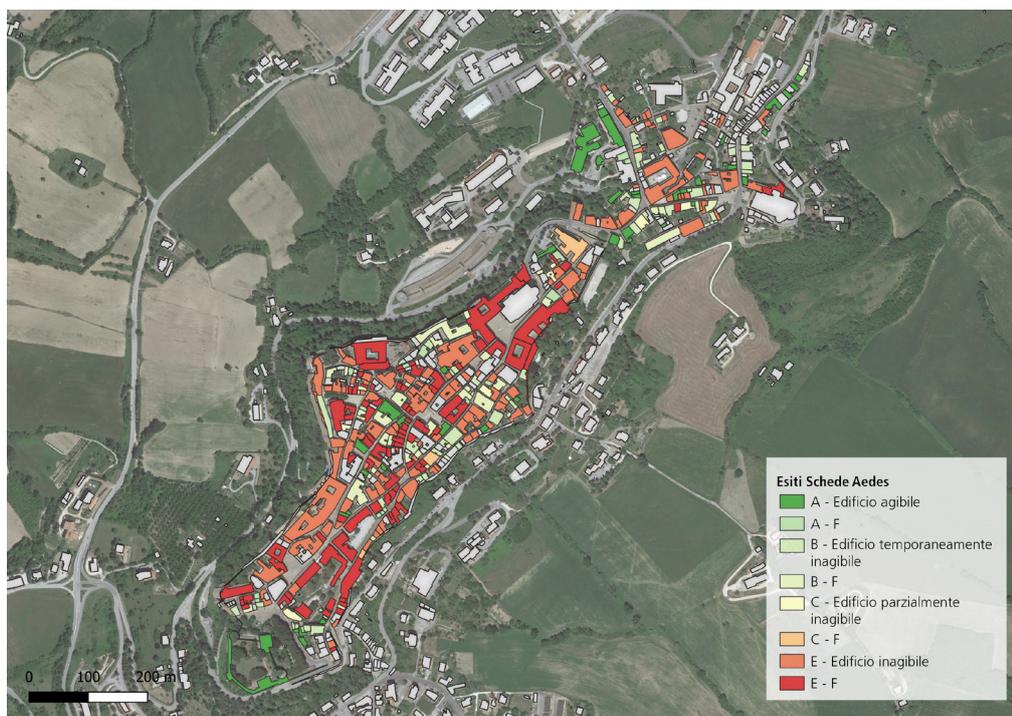


Fig. 17. Esiti di agibilità delle schede AeDES di Camerino

Esposizione Nella valutazione dell'esposizione è stata fatta una distinzione tra i parametri quantitativi e qualitativi che per Camerino assumono una delicata importanza.

Per i primi si hanno:

- n. di occupanti per edificio
- presenza di elementi identitari del patrimonio storico
- presenza di edifici collabenti
- destinazione d'uso degli edifici
- spazi aperti
- aree di aggregazione sociale
- edifici vincolati o con caratteristiche di pregio

Tali elementi sono stati raccolti sulla base dei dati già raccolti nel database.

Per gli elementi qualitativi, nello specifico i valori intangibili, oltre alla presenza o meno di edifici vincolati, sono stati somministrati alla popolazione dei questionari che hanno permesso di estrapolare le informazioni necessarie per effettuare le successive valutazioni, in quanto la complessità del centro storico richiedeva dal punto di vista storico-artistico e sociale la partecipazione degli abitanti, nonché di esperti.

VALORI INTANGIBILI

Sono stati selezionati i beni architettonici significativi che hanno subito ingenti danni a causa del terremoto: si tratta di beni architettonici appartenenti a diverse epoche storiche, che presentano valori materiali e immateriali per la collettività e in alcuni casi contengono anche beni mobili di elevato valore. I questionari possono fornire informazioni sui valori

sociali e storico-artistici espressi da questi beni significativi, che possono poi essere estesi agli altri edifici del comune di Camerino per avere una mappa generale dei valori espressi sui beni culturali locali.

Il questionario proposto riguarda alcuni beni singoli ma che, pur rappresentando esempi di edifici minori, hanno un significato particolare per l'intera comunità.

Social Value

Lo scopo di questo questionario applicato al distretto di Camerino è quello di fornire uno strumento operativo per acquisire questo tipo di informazioni che andranno poi inserite nel framework operativo. Questi nuovi dati integreranno quelli già esistenti sul valore storico e artistico dell'immobile per consentire una più completa valutazione del valore del patrimonio culturale.

n.	QUESTION	MACRO-CRITERION	SUB-CRITERION	WEIGHT %
1	To what extent do you think that the following assets have a significant historical or artistic value, based on your personal knowledge and sensitivity?	PERCEIVED HISTORICAL VALUE	Value of knowledge	15
2	How important do you think these goods are <u>to you</u> from a symbolic, emotional or devotional point of view?	CULTURAL, SYMBOLIC, EMOTIONAL OR DEVOTIONAL VALUE	Value for the community	10
3	How important do you think these goods are <u>to the community</u> inhabiting the place, from a symbolic, emotional, or devotional point of view?		Personal perception value	10
4	How much do you think these cultural goods represent the identity of the place?		Identity value	10
5	How important is it to transmit this symbolic, emotional or devotional value (question 2/3) to the next generations?		Identity value	5
6	To what extent do you think the following cultural assets could be an adequate location to host cultural events?	SOCIAL VALUE	Social value	5
7	How important is it to organize cultural events in these locations in order to make them a cultural reference points for the city and surrounding region?		Interest value	10
8	To what extent would you like the following goods to be promoted by actions enhancing the knowledge of them at national and international level?		Expectation value	10
9	How important is it to organize recreational events in these places to make them reference points for the city and surrounding region?	RECREATIONAL VALUE AND MORE	Recreational value	10
10	How much can these goods represent a resource for sustainable tourism?		Resource value	15

Fig. 18. Pesi relativi a ciascuna domanda del questionario

L'indagine mira a fornire informazioni su un insieme di argomenti generali, indicati come macro-criteri, e informazioni più specifiche per ciascun argomento (sotto-criteri). Per ogni

critério si ottengono opinioni ponendo una domanda alle persone e proponendo una serie di possibili risposte (approccio a scelta multipla).

Il questionario del *Social Value* si compone di dieci domande riguardanti un elenco di beni culturali rilevanti precedentemente individuati. L'intervistato può assegnare un valore da 0 a 4 (es. "molto alto" = 4, "alto" = 3, "medio" = 2, "basso" = 1, "non significativo" = 0) per ogni bene considerato. La risposta "non so" indica che nessuna risposta è possibile in caso di assenza di opinione o mancanza di conoscenza del bene.

Le domande che sono state poste alla comunità in merito ai valori sociali sono riportate nella figura 18.

Le risposte raccolte sono state elaborate tenendo conto delle informazioni relative agli intervistati (sesso, età, fascia di reddito mensile, nazionalità, occupazione, livello di istruzione)

I dati raccolti forniranno un indice, che è ottenuto da una somma ponderata di risposte normalizzate.

Il punteggio di ciascuna risposta è diviso per 4, variando nell'intervallo [0,1], e l'indice finale si ottiene considerando i pesi riportati in Figura 18.

I risultati del questionario sono mostrati in Figura 19.

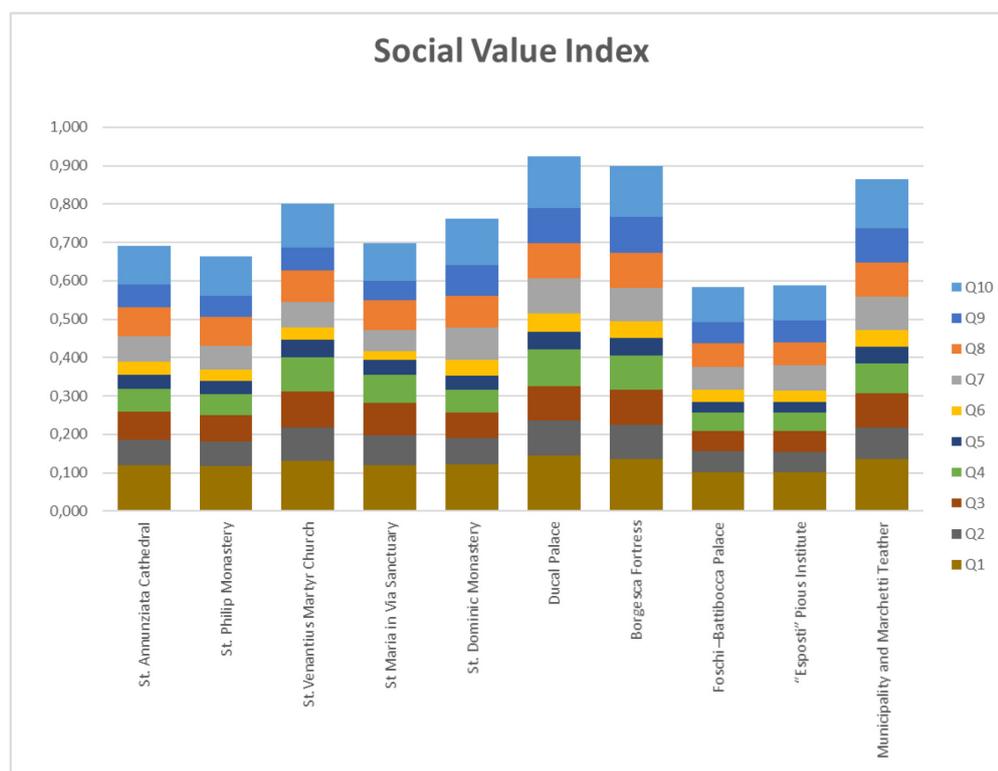


Fig. 19. Risultati del questionario relativo al Social Value compilato dai cittadini di Camerino

I risultati sono poi stati estesi sull'intero centro storico in relazione agli edifici rilevanti, ai percorsi principali e ai luoghi di associazione. Il risultato è riportato in figura 20.



Fig. 20. Mappa del Social Value estesa a tutto il centro storico di Camerino.

Artistic Value

L'Indice di Valore Artistico è proposto per diverse tipologie di beni culturali tra cui chiese, palazzi, fortezze, musei, ma anche beni naturali. L'eterogeneità degli asset richiede un approccio molto semplice e flessibile, utile per applicazioni generali nei vari casi studio. Il riconoscimento del "valore artistico" di un bene culturale non può che derivare da una valutazione operata dalla comunità di esperti particolarmente competenti sia nello specifico ramo artistico sia nelle correnti socio-culturali di cui il bene è espressione così come designato dal Decreto legislativo 22 gennaio 2004, n. 42 che sostiene che il riconoscimento del "valore artistico" di un bene culturale può derivare solo da una valutazione operata dalla comunità di esperti.

Per questi motivi il questionario non è anonimo e gli intervistati sono selezionati in anticipo.

Il questionario è strutturato come segue:

- comprende 9 domande chiuse a scelta multipla [A-I];
- le risposte dei singoli campi vengono ridimensionate per variare nell'intervallo;
- per completare la risposta, viene inserita una casella di commento/spiegazione su ciascuna risposta.

Il test è composto dalle valutazioni sui criteri riportati nella Fig. 21 poste a un campione significativo di esperti che hanno collaborato all'interno del progetto ARCH

I dati raccolti sono utilizzati per fornire informazioni sintetiche sul valore storico-artistico

di ciascun bene, valutando un indice ottenuto da una sommatoria ponderata di risposte. Una proposta per i pesi è riportata in Fig. 21. E le risposte dei singoli campi vengono ridimensionate per variare nell'intervallo [0,1].

Asset: XXX	CRITERIA	WEIGHT%
	A. Role of the context	5
	B. Realization Period	15
	C. Transformation level	10
	D. State of Conservation	15
	E. Current Use	10
	F. Documentation/Divulgateion	5
	G. Uniqueness	10
	H. Artistic value of unmovable components	15
	I. Artistic value of movable components	15

Fig. 21. Pesi e criteri utilizzati per la definizione del Cultural Value

I risultati del questionario sono riportati in Fig. 22 e in Fig. 23 viene mostrata una mappa degli esiti estesa all'intero centro storico di Camerino.

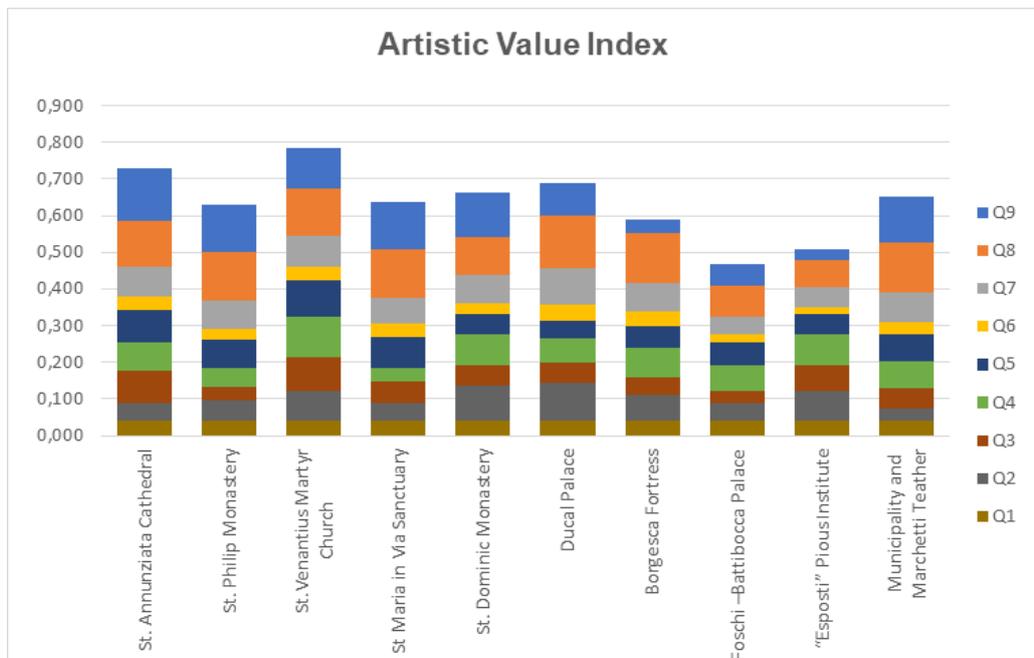


Fig. 22. Indice del Valore Artistico con i punteggi delle diverse domande

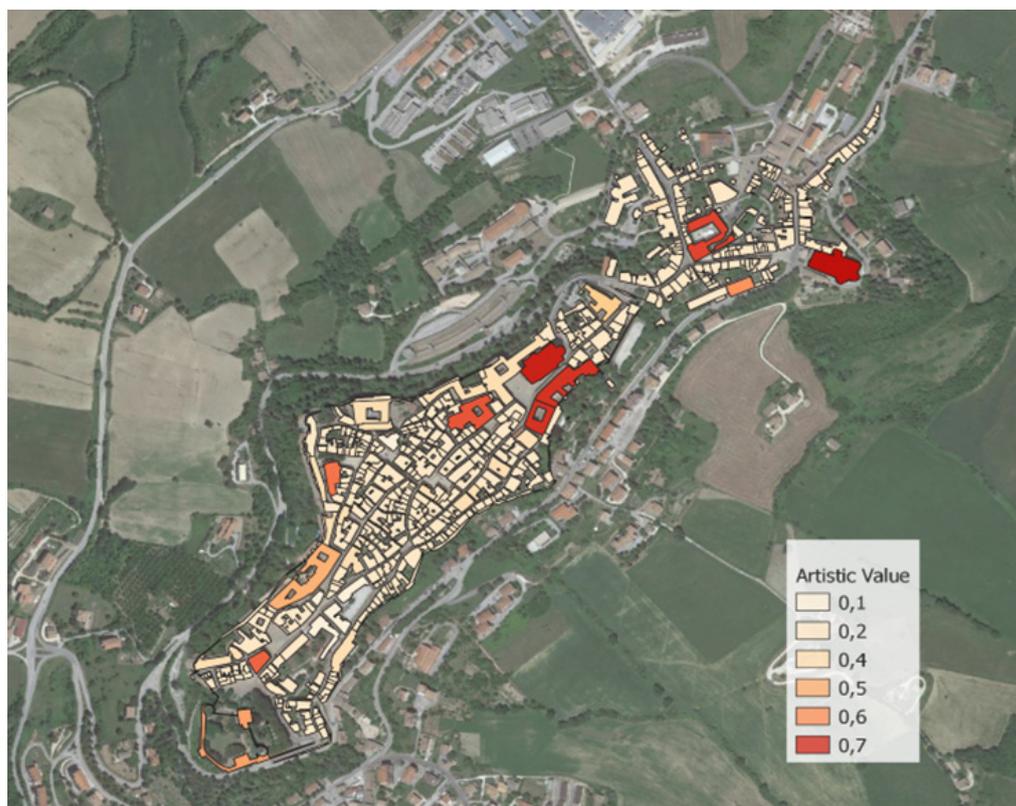


Fig. 23. Pianta del centro storico di Camerino con le aree dove per ogni edificio è indicato l'Indice di Valore Artistico. Alcune aree sono più significative di altre e coincidono con quelle soggette a Vincoli di Tutela da parte della Soprintendenza per i beni architettonici e paesaggistici della Regione Marche.

5.3 Vulnerability assessment

Per la valutazione della vulnerabilità sismica degli edifici in aggregato sono state applicate due metodologie semplificate tra i metodi descritti in letteratura. La prima metodologia applicata è quella teorizzata da Giovinazzi e Lagomarsino (2006), riadattata da Polese et. al (2020). Partendo da dati censuari e tenendo conto della tipologia muraria prevalente o del tipo di sistema portante orizzontale è possibile attribuire l'indice di vulnerabilità iniziale. Il valore iniziale di relativo ad un generico edificio viene modificato tenendo conto dei dati raccolti nel database GIS (Fig.24).

La seconda metodologia è, invece, quella sperimentata da Formisano e si basa sulla scheda di rilevamento originariamente introdotta da Benedetti e Petri (1984), che propone la valutazione della vulnerabilità sismica di edifici isolati. I risultati che si ottengono con questa analisi di tipo speditivo consentono, in particolare, di effettuare una classificazione del patrimonio edilizio di un determinato territorio secondo una scala relativa di vulnerabilità. Le due metodologie sono state esaurientemente descritte nel capitolo 4 e in questo paragrafo si riportano solamente i risultati ottenuti sempre attraverso la piattaforma Qgis (Fig 25).

I due indici di vulnerabilità sono stati poi utilizzati per la definizione degli scenari di danno come descritto nel paragrafo successivo.

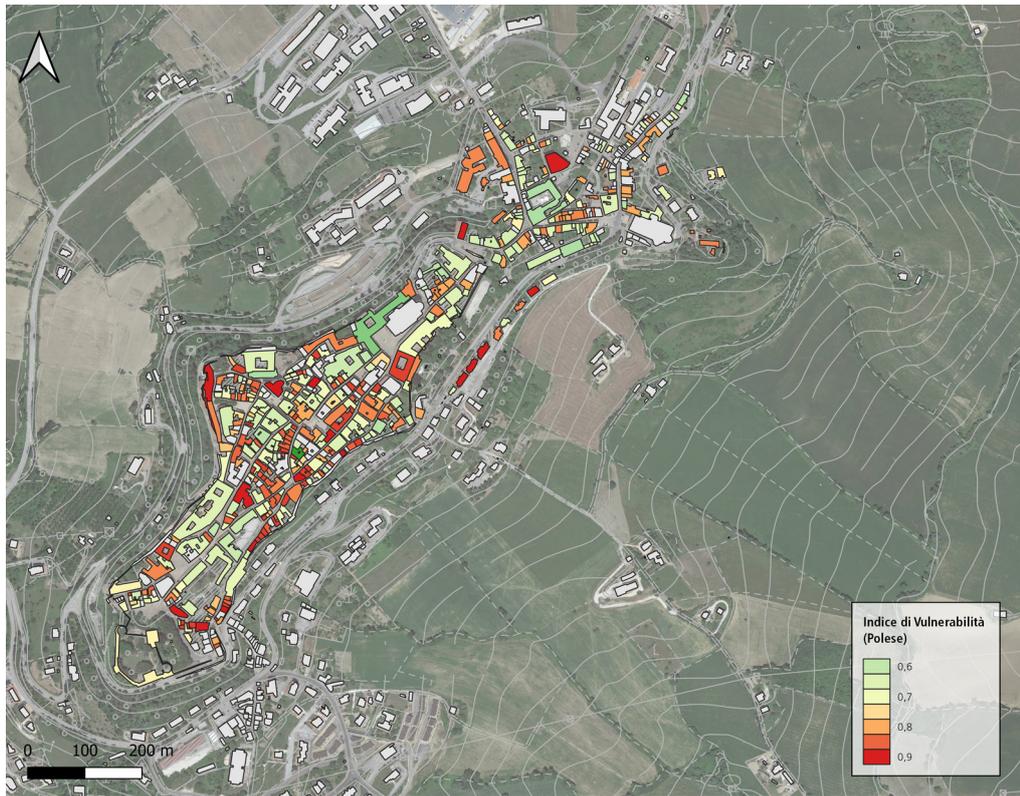


Fig. 24. Indice di Vulnerabilità calcolato secondo il metodo teorizzato da Giovinnazzi Lagormarsino (2004) e riadattato da Polese et al. (2020)

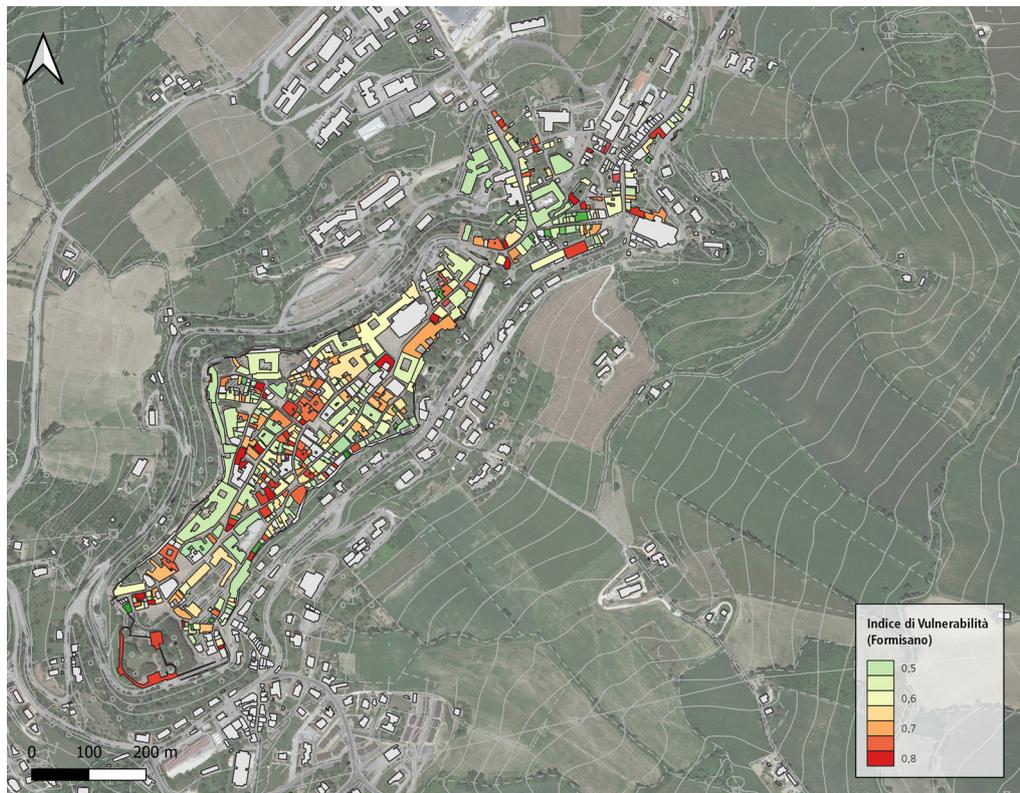


Fig. 25. Indice di Vulnerabilità calcolato secondo il metodo teorizzato da Formisano (2010)

5.4 Definizione degli scenari di danno

La correlazione tra il danno atteso e l'input sismico (paragrafo 6.2) è espressa in termini di curve di vulnerabilità dipendenti dalla vulnerabilità valutata, descritte da una funzione analitica chiusa come visto nel paragrafo 4.4. Le figure 26 e 27 mostrano la distribuzione del danno atteso, raggruppato in 5 intervalli, per il centro storico di Camerino considerando l'evento del 30 ottobre 2016.

Tale correlazione è stata valutata utilizzando come Input sia l'indice di Vulnerabilità espresso attraverso la metodologia riadattata da Polese et al. (2020), che quello ottenuto attraverso la metodologia sperimentata da Formisano (2010).

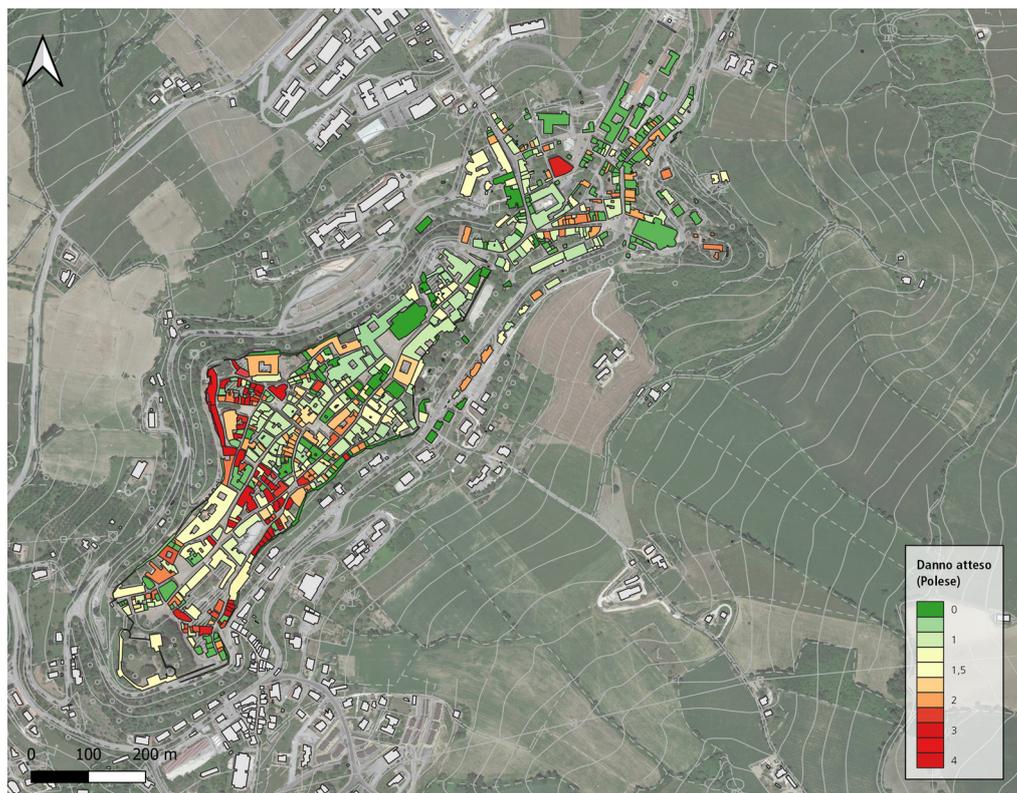


Fig. 26. Danno atteso calcolato secondo il metodo Polese et al. (2020)

Danno rilevato Partendo dai dati osservati dalle schede AeDES, e in particolare il rilevamento del danno (Sezione 4), raccolti dopo il sisma del 2016, si è calcolato il danno osservato a partire dalla metodologia individuata nel framework descritto nel capitolo 4. La definizione del danno osservato consente di fare un confronto con il danno atteso calcolato secondo le due diverse metodologie per comprendere quale sia la più affidabile per lo specifico caso studio. Si noti, tuttavia, che i risultati derivanti dal danno osservato si basano sulla compilazione delle schede AeDES che, talvolta, possono avere una certa variabilità data dal giudizio del singolo ispettore. Inoltre, essendo queste metodologie empiriche, sono tarate su specifici casi e potrebbe essere utile utilizzare questi dati per calibrarle sul singolo centro storico. Si riporta di seguito la mappa del danno osservato (Fig. 28)

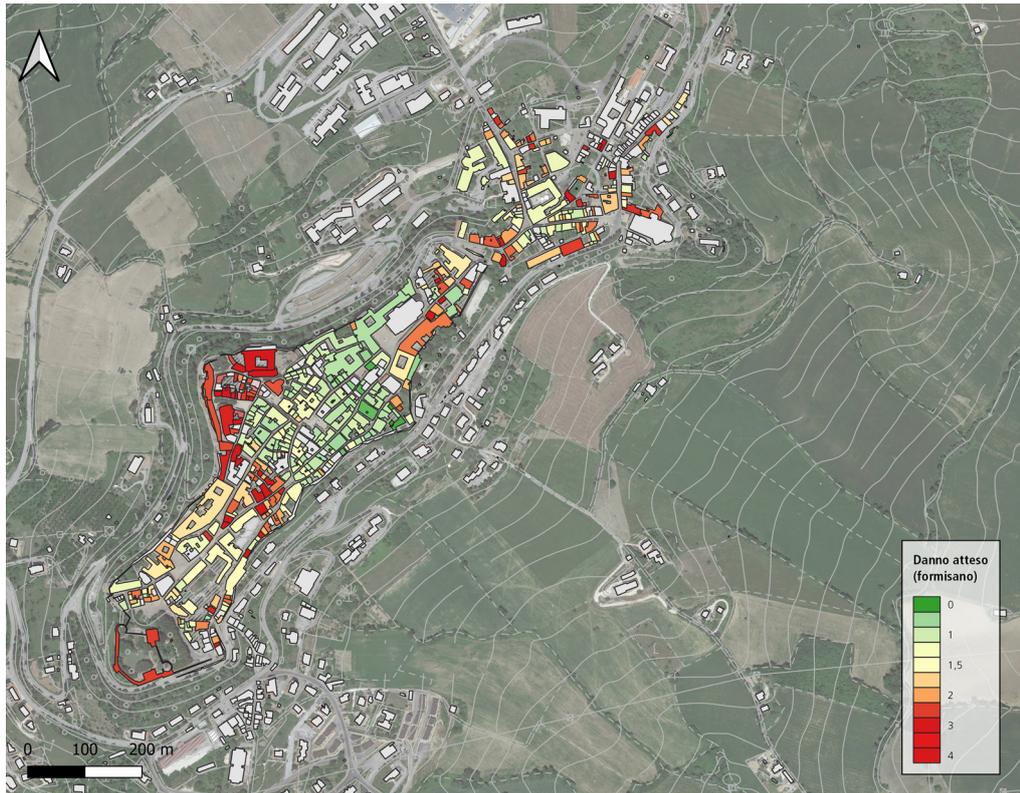


Fig. 27. Danno atteso calcolato secondo indice di Vulnerabilità Formisano (2021)

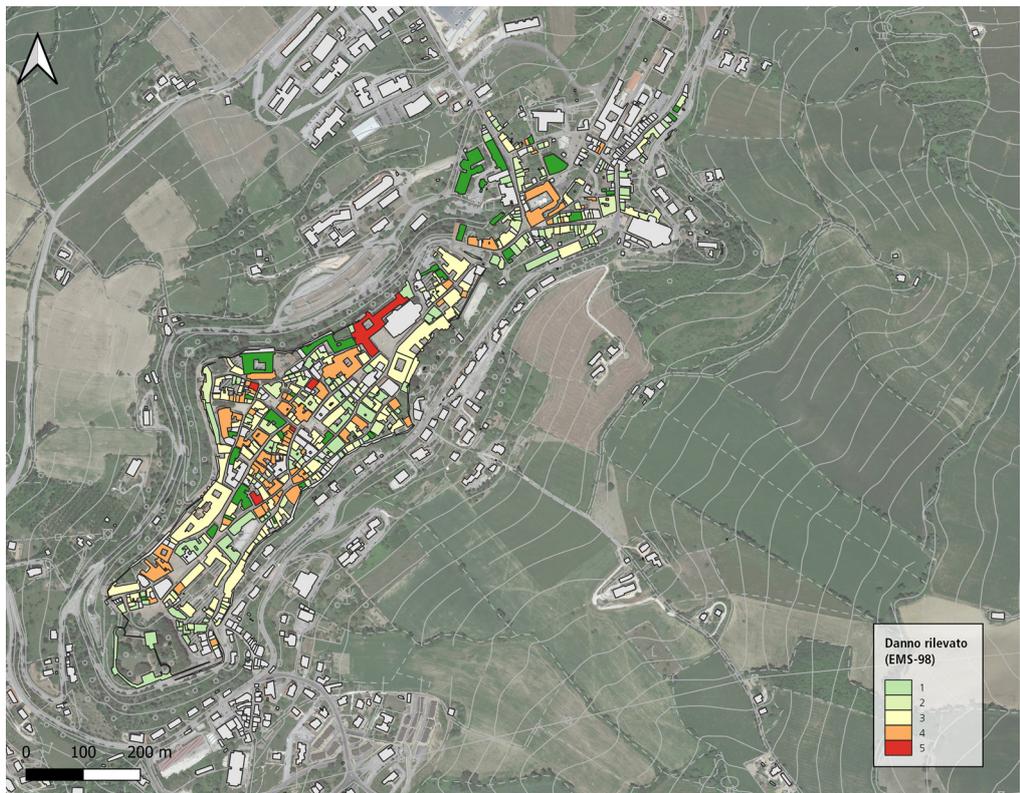


Fig. 28. Danno rilevato post sisma 2016. Il danno in questione riguarda esclusivamente le strutture verticali.

5.5 Valutazione delle perdite economiche e sociali

Le mappe dei danni combinano pericolosità e vulnerabilità sismica. Aggiungendo informazioni su esposizione, come il numero di edifici, la ricostruzione o altri costi e il numero di persone, è possibile produrre mappe di rischio che rappresentino graficamente le perdite e gli indicatori di impatto, come morti, feriti, perdite economiche e impatto sulla fruibilità del patrimonio edilizio.

Sulla base dei dati già in possesso ottenuti principalmente dalla raccolta delle schede AeDES e relativi a tipologia costruttiva, area totale dei piani e popolazione residente, è stato dunque applicata la metodologia descritta nel capitolo 4 per il calcolo dell'esposizione attraverso la valutazione delle perdite attese dovute ad un sisma. Si sono calcolate pertanto le perdite economiche, le perdite di vite umane e l'impatto (Fig. 29).

Cost of repair minimum set (€)	Fatalities	Injuries	Usable buildings	Not usable buildings (short time)	Not usable buildings (long time)	Collapsed buildings
132.341.985	208	980	25,6	20	37,4	3

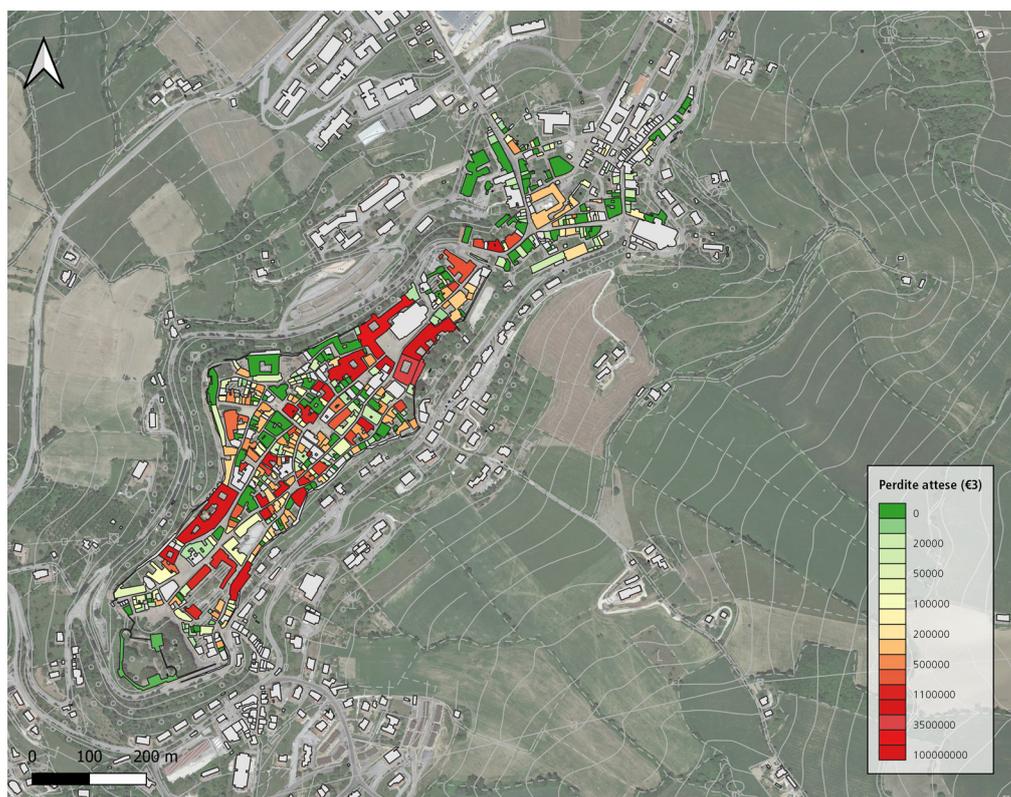


Fig. 29. Perdite attese in termini di perdite economiche

5.6 Urban resilience assessment per Camerino

Infine, è stata applicata la strategia finale per la valutazione della resilienza così come è stata teorizzata nel capitolo 4.

Attraverso un approccio matriciale si sono coniugati tutti i dati raccolti e le elaborazioni effettuate per la gestione del rischio, fino ad ottenere una Matrice delle Priorità volta ad ottimizzare la gestione del processo di recupero e della pianificazione preventiva.

Per una lettura più immediata si sono riportati direttamente i dati su mappa come mostrato in fig. 30.

Ciò che si nota immediatamente è come la priorità più alta sia assegnata agli edifici che hanno contemporaneamente un certo valore storico-culturale e un valore sociale e aggregativo all'interno del centro storico. Sono gli stessi edifici che sono stati scelti nel questionario somministrato alla cittadinanza e agli esperti in quanto di una certa rilevanza storico-culturale e sociale e, talvolta, di maggiore vulnerabilità strutturale. Gli altri edifici, via via con priorità decrescenti risultano essere, come ci si aspetta, quelli con un danno atteso maggiore a parità di importanza. Gli edifici che risultano più da tutelare sono quelli che tutt'ora mantengono quei caratteri identitari che rischiano di andare distrutti, così come assoluta priorità spetta agli edifici abitati che presentano una maggiore vulnerabilità strutturale.



Fig. 30. Mappa delle priorità del Centro Sotirco di Camerino.

5.7 Osservazione degli esiti

L'esito finale della sperimentazione sul caso studio di Camerino è risultato abbastanza soddisfacente. In primo luogo, il livello di conoscenza III ci permette di avere risultati affidabili e piuttosto controllabili, seppur mantenendo un certo grado di incertezza. La quantità di informazioni è stata sufficiente per applicare due tra i metodi di indagine della vulnerabilità e del danno atteso scelti. Il danno atteso, tuttavia, non è perfettamente coerente con il danno osservato dopo il sisma del 2016. In entrambi i casi, infatti, il danno atteso sembra essere sovrastimato nei punti in cui fattori di amplificazione dell'accelerazione sismica sono più alti e sottostimati nelle altre zone. Questo può dipendere in primis dall'incertezza derivante dalla compilazione delle schede AeDES, le quali, essendo compilate spesso da tecnici diversi che operano secondo la propria sensibilità e preparazione, potrebbero aver dato luogo ad un insieme di dati non omogeneo; in secondo luogo, dalla mancanza di dati specifici sul singolo aggregato o sulla singola unità strutturale. Inoltre si dovrebbe pensare, come sviluppo futuro, di scegliere il metodo più rispondente al danno effettivo e calibrarlo sul singolo caso studio come è già stato sperimentato da Romis et al. 2021. Non si considera inoltre la possibilità che ci siano stati interventi dopo il terremoto del 1997-98 che possono essere stati migliorativi o talvolta peggiorativi (es. cordoli in CLS su edifici con muratura di scarsa qualità).

Tuttavia, avendo come obiettivo finale la costruzione di una matrice di priorità, che possa fare da strumento di supporto all'amministrazione, queste elaborazioni hanno dato uno strumento facilmente accessibile e implementabile che ha consentito una mappatura completa dell'edificato.

Queste informazioni, raccolte ed elaborate tramite piattaforma Qgis, sono state infine facilmente implementate in un webGIS per la valutazione del rischio sismico e della resilienza per fornire ai decisori gli strumenti per valutare, a livello locale gli scenari di impatto e danno indotti dai terremoti attraverso un web Decision Support System.

6 Il centro storico di Vezzano nelle Marche

168	6.1	Vezzano e il suo territorio
169	6.2	Selezione e calibrazione dei dati
181	6.3	Vulnerability assessment
183	6.4	La definizione degli scenari di danno
184	6.5	Valutazione delle perdite economiche e sociali
186	6.6	Urban Resilience Assessment per Vezzano
187	6.7	Osservazione degli esiti

6 Il centro storico di Vezzano nelle Marche

Il secondo caso studio scelto è Vezzano, una piccolissima frazione di Arquata del Tronto in provincia di Ascoli Piceno.

Vezzano si differenzia molto da Camerino sia per dimensioni che per ruolo territoriale. Inoltre, mentre Camerino si colloca nell'insieme dei centri storici con morfologia allungata, Vezzano ha la tipica forma circolare schiacciata/ellittica e compatta, molto ricorrente nelle Marche meridionali.

Il caso studio, già a partire dalla situazione pre-sisma, presentava elevate criticità di carattere territoriale e di carattere demografico in un contesto in cui i caratteri tipologici e tradizionali si sono mantenuti nel tempo grazie alla scarsità di interventi dovuti probabilmente all'esiguo numero di abitanti.

A seguito del sisma non ci sono stati danni molto gravi: la maggior parte dei danni significativi si è verificata su quegli edifici che già si trovavano in pessime condizioni per abbandono e mancanza di manutenzione.

Considerate le piccole dimensioni del caso studio si è deciso di raggiungere un Livello di Conoscenza pari a II, considerando talvolta qualche approfondimento specifico qualora ritenuto necessario per la completezza dell'applicazione.

6.1 Vezzano e il suo territorio

Vezzano è un centro storico minore situato nel comune di Arquata del Tronto, in un territorio da sempre baricentro degli scambi commerciali e politici, grazie alla sua collocazione strategica sull'antica via Salaria.

Dell'origine di Arquata non si hanno notizie certe: centro di antichissime origini, pare sia stata fondata da un folto nucleo di Sabini che, tra il sec. X e il sec. VI a.C., passarono attraverso l'alta vallata del fiume Tronto e, per voto di primavera sacra (voto vere sacro), si stabilirono su queste terre.

Questa terra di confine è l'unico Comune d'Europa diviso tra due Parchi Nazionali: del Gran Sasso e Monti della Laga nella parte sud-orientale e dei Monti Sibillini in quella nord-occidentale (Galiè e Vecchioni, 2006).

Il toponimo Arquata deriva dal latino "arx" (rocca, fortezza): da qualsiasi punto della vallata si volga lo sguardo verso Arquata, infatti, la sua Rocca si impone con austera centralità; la posizione strategica permetteva il dominio e il controllo della Salaria dalla quale in passato dipartivano importanti tragitti verso Fermo, Norcia, Porto d'Ascoli, L'Aquila e Roma, collegando così il Mar Adriatico al Mar Tirreno. La presenza stessa di tale fortezza, le cui origini risalgono al XIII° secolo, testimoniano l'importanza rivestita dall'abitato durante tutto il Medioevo.

E proprio nel corso dei "secoli bui", con la caduta e la successiva disgregazione dell'Impero Romano d'Occidente, il territorio di Arquata fu conteso ferocemente tra le città di Norcia, Ascoli e Spoleto. In realtà le guerre per la conquista di Arquata si protrassero ben oltre, fino alla Restaurazione, quando, nel 1832, fu incorporata alla delegazione di Ascoli Piceno (Paci, 2014).

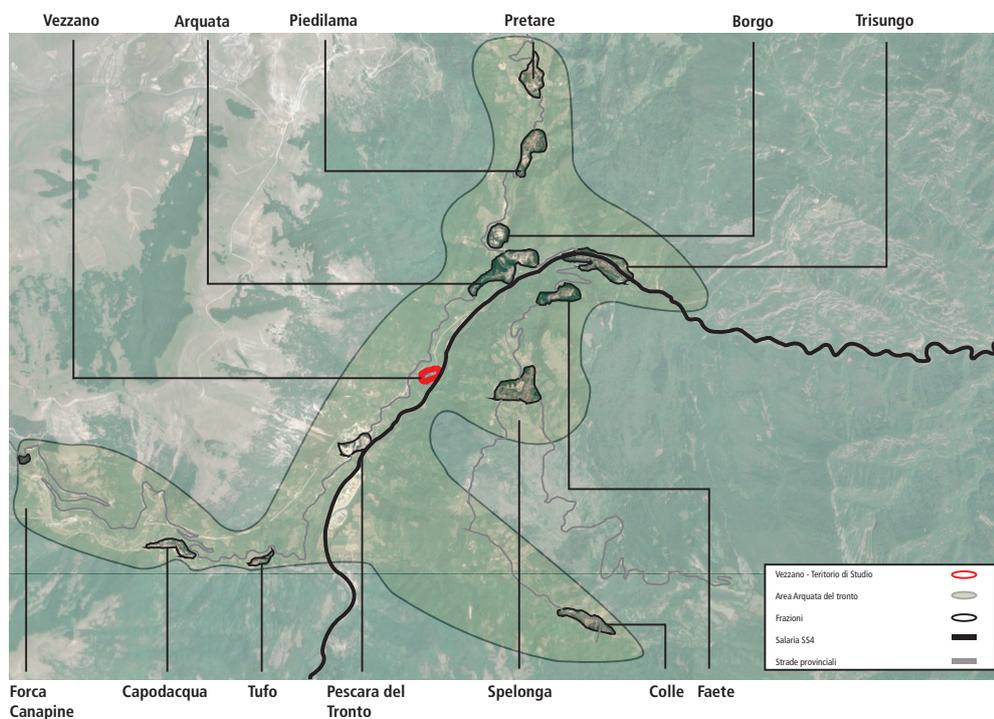


Fig. 1. Inquadramento territoriale del centro storico di Vezzano in relazione alle altre frazioni di Arquata del Tronto

Il comune di Arquata del Tronto si suddivide in 13 frazioni (Fig. 1), ciascuna delle quali si contraddistingue per caratteristiche differenti a seconda delle rispettive ubicazioni e delle diverse epoche di sviluppo: il sistema arcaico dei percorsi di crinale diede vita all'antropizzazione del territorio attraverso nuclei di promontorio (es. Arquata capoluogo) ai cui si accosta il sistema dei percorsi di mezzacosta che collegano tutti gli insediamenti sorti sulle pendici dei due sistemi montuosi. Tra questa tipologia di insediamenti, collocato sul versante nord, si trova la frazione di Vezzano, la cui nascita è connessa al tracciato della Salaria che, fino agli inizi dell'Ottocento, si collocava in posizione più elevata rispetto al bacino del Tronto (Brunori e Zampilli, 2021).

Vezzano, in linea con le altre frazioni di Arquata, si presenta come un insediamento aperto, privo di cinta muraria e con caratteri tipologici legati alla vocazione agropastorale dell'area, in cui le case isolate sono scarse, se non del tutto assenti, prediligendo l'insediamento di tipo aggregativo. Fino al 1881 la Salaria attraversava longitudinalmente l'insediamento, quando poi fu scartato a monte con la creazione del percorso di mezzacosta che collegava tutti gli insediamenti alle pendici dei Sibillini e successivamente a valle con la realizzazione dell'odierna Salaria. L'abitato di Vezzano ha subito danni di media entità in seguito al sisma 2016-17 che hanno portato alla demolizione di buona parte del costruito di espansione disposto sulla parte più a valle della mezzacosta e di una porzione dell'isolato prospiciente la Chiesa di Santa Caterina. L'edilizia di base rimanente presenta danni diffusi ma crolli solo parziali che non pregiudicano la possibilità di operare con interventi di restauro scongiurando la necessità di ulteriori demolizioni.

6.2 Selezione e calibrazione dei dati

Per il centro storico di Vezzano, il Livello Conoscitivo raggiunto è il livello 2. La fase di acquisizione e selezione dei dati si pone ad un grado di difficoltà medio basso in quanto la reperibilità dei dati è risultata piuttosto immediata.

Le informazioni di carattere principale sono state acquisite attraverso gli strumenti di pianificazione vigenti, i dati già disponibili in rete (es. Vincoli in rete, ISTAT etc.) e ricerche di archivio per l'acquisizione delle mappe storiche¹. Le informazioni di carattere approfondito, invece, sono state acquisite attraverso:

- Studi di microzonazione sismica di III livello
- Schede AeDES (Baggio et al. 2007) per il rilevamento del danno post sismico. Implementazione di un database georeferenziato apposito per la raccolta dei dati provenienti da suddette schede.
- Linee guida per il recupero e la ricostruzione dei centri storici del Comune di Arquata del Tronto²
- Ulteriori rielaborazioni effettuate sui singoli aggregati e sui paramenti murari (Appendice

¹ Consultabili online attraverso il catalogo online dell'Archivio di Stato di Roma (<http://www.imago.archiviodistatoroma.beniculturali.it/serie.html>)

² Le linee guida sono state elaborate grazie ad una collaborazione tra il Dipartimento di Architettura dell'Università Roma Tre, la Scuola di Architettura dell'Università di Camerino e l'Ufficio Tecnico del Comune di Arquata del Tronto

A2).

Si descrivono, di seguito, in forma sintetica tutti i dati raccolti e rielaborati per la frazione di Vezzano, suddivisi per le sei aree tematiche individuate per lo specifico livello di conoscenza e da cui sono state desunte le successive rielaborazioni rispondenti al framework descritto nel capitolo 4 di questa tesi. Tutti i dati corrispondenti al livello conoscitivo sono stati raccolti attraverso un database Access e gestiti attraverso il software Qgis, come riportato nella descrizione del capitolo 4.

Localizzazione Il borgo di Vezzano è posto ad una altitudine di 645 m.l.m. ed è raggiungibile da una strada che si dirama direttamente dalla SS. Salaria, da cui dista alcune centinaia di metri. E' posta in prossimità di un bosco e vicino ad una piccola sorgente d'acqua; tale posizione era stata prescelta fin dalla sua fondazione medievale in relazione alle dirette necessità di sostentamento degli abitanti.

Come accennato nel precedente paragrafo, Vezzano è un piccolo insediamento di mezzacosta che sorge alle pendici dei Sibillini e sviluppato in stretta connessione con l'antico percorso della via Salaria, si presume sia quindi di origine piuttosto antica seppur di datazione incerta.

Il sistema viario su cui si colloca Vezzano è in stretto collegamento, appunto, con la Salaria. In fig 2 si nota chiaramente (in grigio) qual era il tracciato dell'antica Salaria che, al tempo del catasto ottocentesco, serviva longitudinalmente il costruito come unico percorso di penetrazione e connetteva i tessuti urbani sorti sulle due sponde dell'affluente del Tronto tramite un ponticello. Con la realizzazione dell'arteria moderna l'antico tracciato ha perso la sua importanza ed il torrente è stato interrato. A seguito di questi interventi si è modificata la percezione spaziale dell'intero abitato che adesso viene raggiunto con un percorso che lo seziona trasversalmente ricalcando quello che prima era il letto del torrente. A partire dall'arteria principale si diramano tutte le strade comunali secondarie che collegano, attraverso percorsi di mezzacosta, le altre frazioni di Arquata dello stesso versante. In prossimità si nota la presenza di un'altra arteria importante, ovvero la strada statale 685 delle Tre Valli Umbre, nata negli anni '70 per collegare Val Tiberina, Valnerina e la provincia di Ascoli Piceno, passando per la Valle Umbra in corrispondenza di Spoleto. Dall'osservazione su scala territoriale, inoltre, risulta evidente la preponderante componente naturale che caratterizza l'edificato (Bucciarelli, 1982). In fig. 2 (al centro) è rappresentata la rete fluviale costituita dai torrenti che si vanno ad immettere nel fiume Tronto, mentre a destra è rappresentata la morfologia territoriale di carattere prettamente montano.

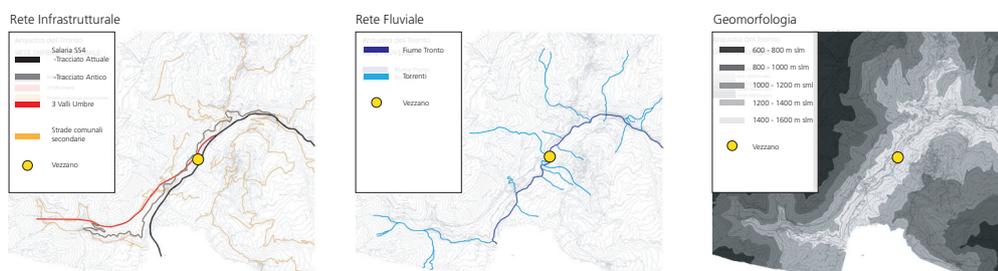


Fig. 2. Inquadramento Vezzano - Elaborazione Alessandro Sebastiani

Dagli studi morfologici effettuati da Brunori e Zampilli (2021) emergono ancora chiaramente riconoscibili i segni delle antiche corti disposti perpendicolarmente al percorso matrice (Fig. 3) nella parte più a valle dell'insediamento, ed il tessuto delle case a schiera sorte sul margine occidentale.

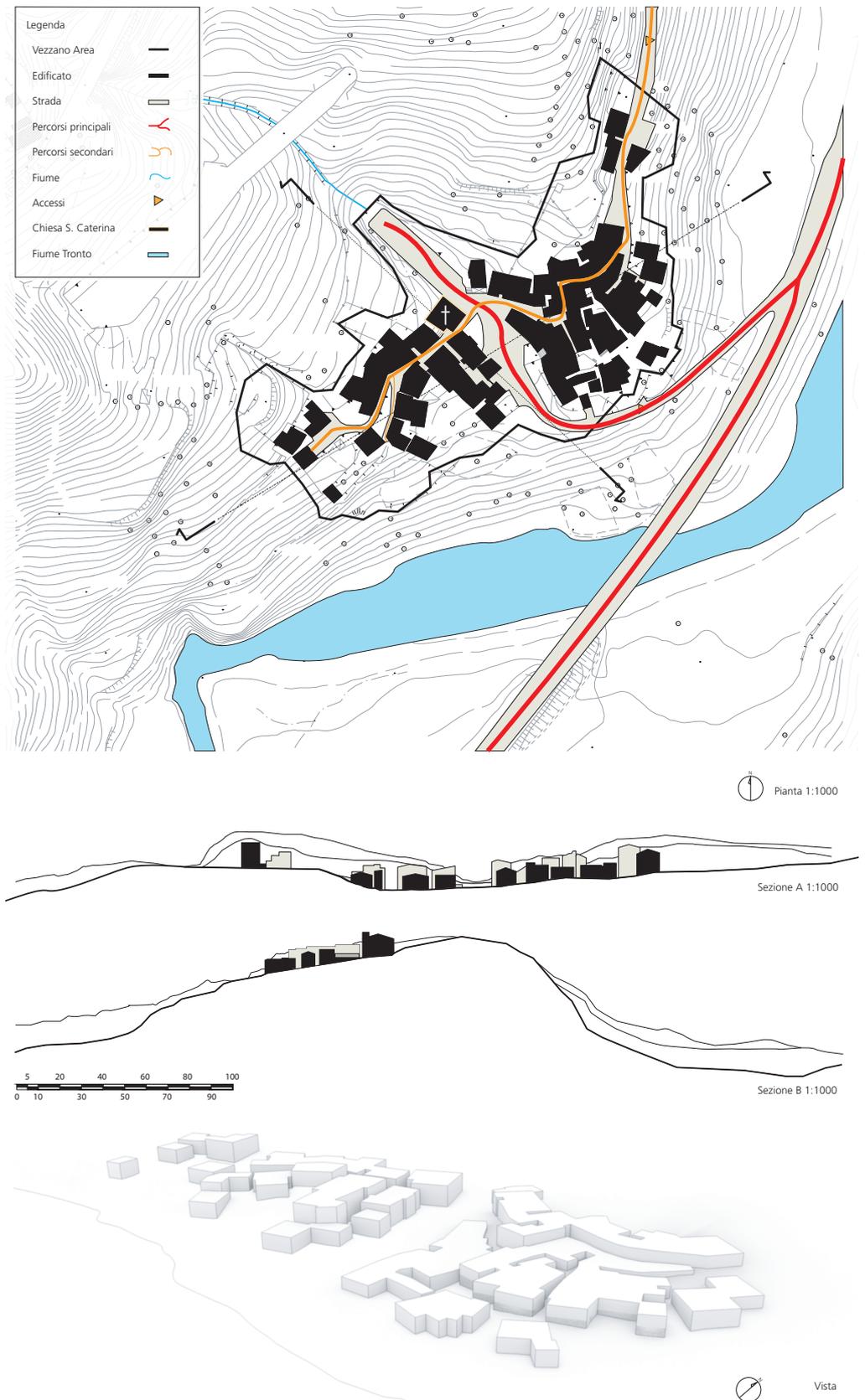


Fig. 3. Inquadramento Vezzano. Sezione. 3D - Elaborazione Alessandro Sebastiani

L'analisi dell'evoluzione storica è stata effettuata in prima istanza sulle carte storiche reperibili per tutta la municipalità di Arquata del Tronto. Riferendoci a Vezzano sono presenti due rappresentazioni del Catasto Gregoriano: una del 1820-30, e un successivo aggiornamento del 1881 (Fig. 4). Già in queste carte si notano gli avvicendamenti territoriali sopra descritti: la rappresentazione del primo Catasto storico, quello Pio-Gregoriano databile 1820 circa (Fig. 4, sx), mostra un'articolazione del centro secondo due distinti agglomerati, divisi dal corso di un affluente del fiume Tronto, oggi tombato. Nel successivo aggiornamento catastale del 1881 (Fig. 4, dx) non si evidenziano sostanziali differenze; è visibile la saturazione di alcuni lotti, soprattutto nella parte occidentale che assume un peso più rilevante anche per la presenza della chiesa di S. Caterina. La parte orientale tende a perdere importanza: gli edifici avanzano leggermente verso il fronte strada con un'ulteriore porzione di costruito, realizzata attraverso magisteri poveri, sia per i materiali impiegati che per le modalità di posa in opera (Canuti et al., 2019).

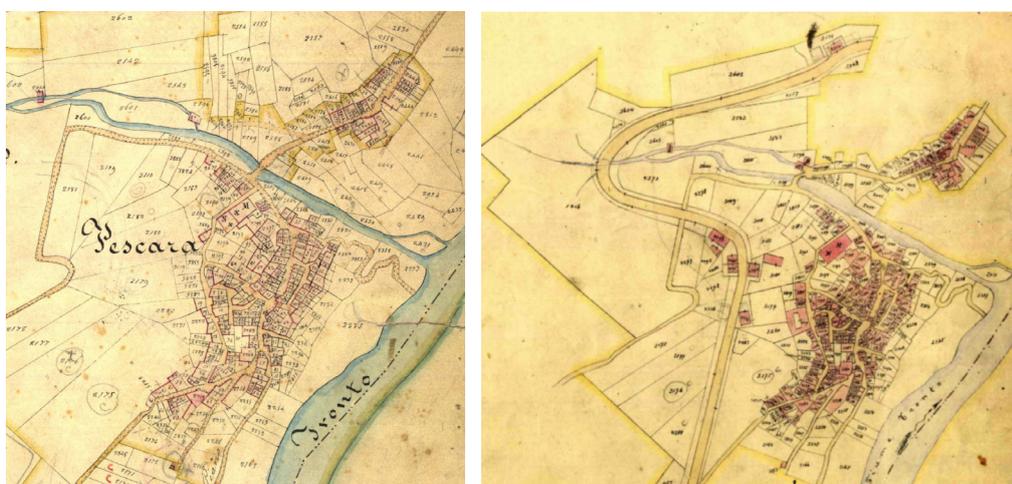


Fig. 4. Catasto Gregoriano 1820 (sx) e successivo Catasto Gregoriano 1881 (dx)

Di fatto, le caratteristiche tipiche dell'edilizia storica di Vezzano risultano ancora molto visibili, fattore da imputarsi all'isolamento geografico e alle caratteristiche socio-economiche di quest'area, improntata su un'economia agro-silvo-pastorale che condiziona fortemente l'uso del costruito. Dal XV secolo ad oggi l'economia che regola quest'area non è cambiata di molto per cui il patrimonio edilizio minori non ha subito forti stravolgimenti dettati dalla modernità.

In Fig 5 è rappresentata l'evoluzione dell'edificato dai primi del 1800 ad oggi. Si nota come l'edificato della frazione di Vezzano sia essenzialmente quello storico, fatto di edifici pluripiano e di qualche collabente posto alla periferia del costruito. Risulta evidente come le trasformazioni avvenute sono quelle tipiche dell'edilizia di base (cfr capitolo 2), per cui siamo di fronte ad avvicendamenti dettati dalle esigenze del singolo proprietario e che quindi, attraverso varie fasi di accrescimento e saturazione degli spazi, soddisfaceva le proprie necessità abitative.

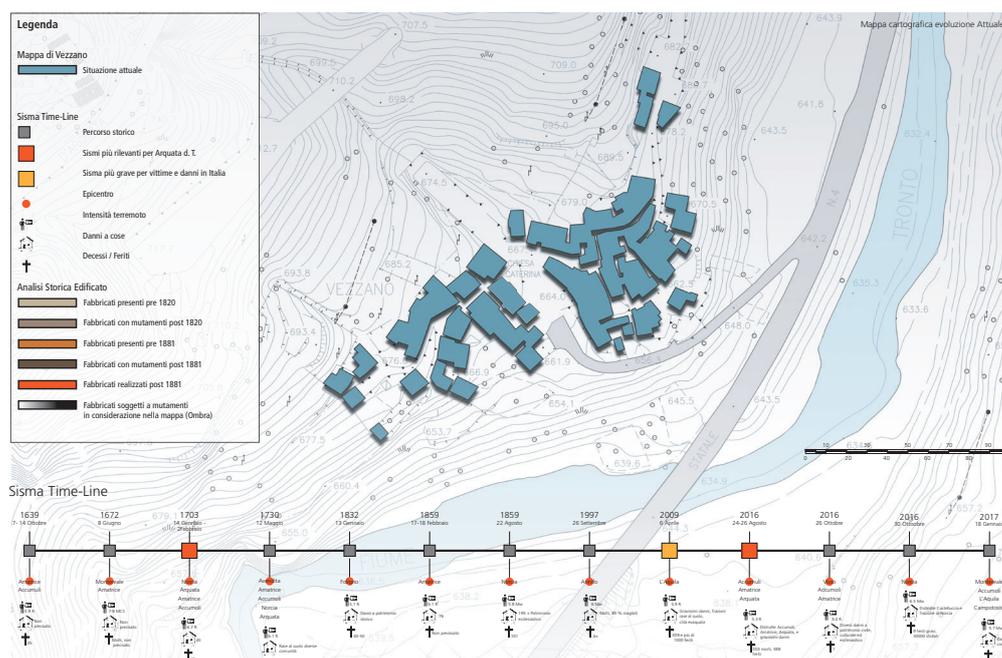
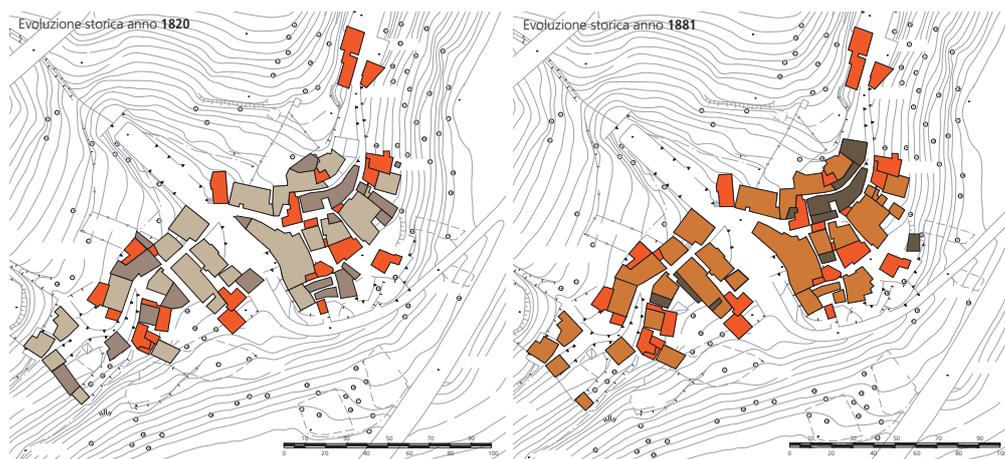


Fig. 5. Evoluzione storica dell'edificato dai primi dell'800 ad oggi. Elaborazione Alessandro Sebastiani

Analisi tipologiche

Un aspetto rilevante nell'affrontare lo studio di un centro storico è rappresentato dall'analisi storica, precedentemente descritta e da quella costruttiva, mediante la quale è possibile individuare le specificità dei manufatti, in termini di trasformazioni temporali, materiali e attraverso l'evoluzione delle tecniche costruttive.

Il territorio comunale di Arquata del Tronto è caratterizzato da un'edilizia minore piuttosto minuta, riconducibile a schemi elementari ed ancora fortemente legata alla cultura costruttiva tradizionale che, nonostante le manomissioni tardo novecentesche, è ancora ben visibile in tutto il patrimonio edilizio dell'area³.

La maggior parte delle abitazioni di Vezzano mantiene un carattere marcatamente unifamiliare (o plurifamiliare), prevalgono, dunque, i tipi a profferlo e a schiera in tutte le

³ Brunori e Zampilli Op. Cit. Pag. 131

loro varianti sincroniche e diacroniche.

Le principali caratteristiche degli edifici del nucleo di Vezzano sono:

- presenza negli isolati di porzioni non coeve, dovute a successive aggregazioni di unità abitative e conseguenti discontinuità;
- sviluppo su più livelli degli edifici che compongono gli isolati per seguire l'orografia del pendio, con conseguente sfalsamento degli orizzontamenti tra corpi adiacenti;
- complessità degli isolati composti da edifici irregolari sia in altezza che in pianta;
- aperture praticate in epoche successive, irregolari nella loro distribuzione (spesso prossime alle angolate), con conseguente indebolimento della muratura d'ambito;
- interventi di consolidamento, con inserimento di cordoli in c.a. passanti, in concomitanza alla sostituzione dei tradizionali orizzontamenti lignei con solai e coperture in latero-cemento, spesso invasivi e non omogenei su porzioni di isolato (Canuti et al.).

Parlando di tessuto aggregativo, si ritrova a Vezzano una lettura piuttosto evidente dei processi di formazione e trasformazione che permette di definire il sistema di successivi accrescimenti degli edifici al fine di riconoscere il grado di interazione strutturale soprattutto in caso di evento sismico.

I tessuti aggregativi tipici (Brunori e Zampilli, 2021) di Vezzano sono (Fig. 6):

- Tessuti sorti per intasamento di antichi recinti di case-corte, la cui caratteristica principale è la presenza di un percorso di pertinenza interno, perpendicolare a quello matrice, sul quale si prospettano tutti gli edifici che progressivamente si sono addossati agli edifici preesistenti andando ad intasare la corte;
- Tessuti di case a schiera a margine del percorso, formati da cellule (circa 5 m x 10 m) disposte ortogonalmente al percorso a formare fronti continui caratterizzati da una forte serialità e i cui corpi di accrescimento occupano l'area di pertinenza retrostante che viene progressivamente intasata.



Fig. 6. Lettura dei caratteri strutturanti dell'insediamento

Tali aspetti, oltre a costituire elementi intrinseci di propensione al danno sismico e di incremento della vulnerabilità, implicano la necessità di un approfondimento delle conoscenze dei fabbricati. Uno degli aspetti più rilevanti è l'individuazione delle caratteristiche delle murature che si presentano particolarmente irregolari (Fig. 7). Le aperture sono caratterizzate in prevalenza da architravi e stipiti in pietra arenaria; sono meno frequenti gli architravi in legno. Spesso le aperture realizzate in epoche successive al primo impianto presentano riprese laterali e piattabande in mattoni.

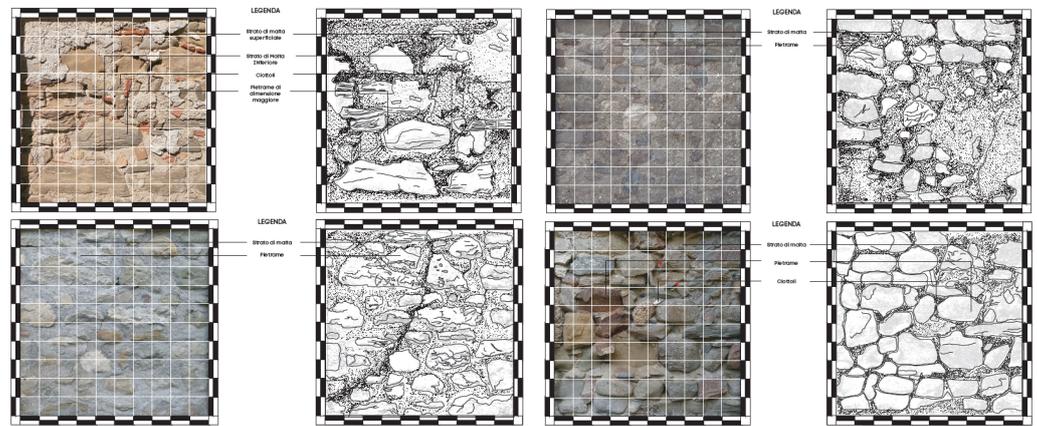


Fig. 7. Campioni di muratura del centro storico di Vezzano

Nel complesso si può rilevare che le murature della frazione di Vezzano, come quelle degli altri centri dell'arquatano, sono realizzate secondo magisteri costruttivi poveri, lontani dal rispetto della regola dell'arte, con indici di qualità muraria (IQM) molto scadenti, tali da costituire fattori di vulnerabilità locale. Dall'analisi, si evince che circa il 70% degli edifici hanno un indice di qualità muraria medio-basso ($2.5 \leq IQM < 5.0$), circa il 25% hanno indice medio-alto ($5.0 \leq IQM < 7.5$) e circa il 5% ha indice alto ($IQM \geq 7.5$).

Nel presente paragrafo si riportano a livello urbano i risultati delle indagini sui paramenti



Fig. 8. Tipologia di muratura riscontrata nel centro storico di Vezzano

murari (Fig. 8).

Pericolosità Il primo passo per la definizione della pericolosità sismica è la conoscenza dei dati macrosismici presenti nel Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani la cui ultima versione è il CPTI15 (Rovida et al. 2022) messo a disposizione dall'INGV; all'interno del catalogo possono essere selezionati gli eventi di maggior rilevanza che hanno interessato una determinata località. Nel caso del Comune di Arquata del Tronto sono stati quindi estrapolati i principali terremoti (intensità macrosismica > 4) avvertiti sia nel capoluogo che nelle zone limitrofe, riportando la data dell'evento, l'area epicentrale, l'intensità nella zona dell'epicentro (I_0), la magnitudo (MW) e l'intensità rilevata nel capoluogo (I_s). In fig. 9 si evidenzia che le massime intensità registrate nel Comune di Arquata del Tronto precedentemente al sisma del 24 agosto 2016, risultano pari al 9° grado della scala MCS per l'evento verificatosi nell'area umbro-reatina nel 1703, e 7°- 8° grado della scala MCS per gli eventi del 1730 con epicentro in Valnerina e del 1943 con epicentro nell'area Marche meridionali - Abruzzo.

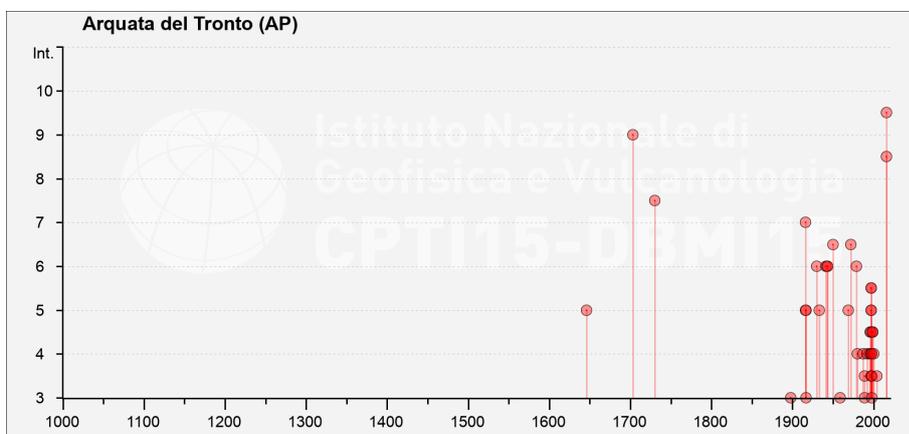


Fig. 9. Terremoti storici del comune di Arquata del Tronto (fonte: INGV)

Per la caratterizzazione del sito si è fatto riferimento in primo luogo alle studi territoriali già esistenti quali, carta geologica regionale (Fig 10) e Piano Assetto Idrogeologico (PAI) (Fig 11).

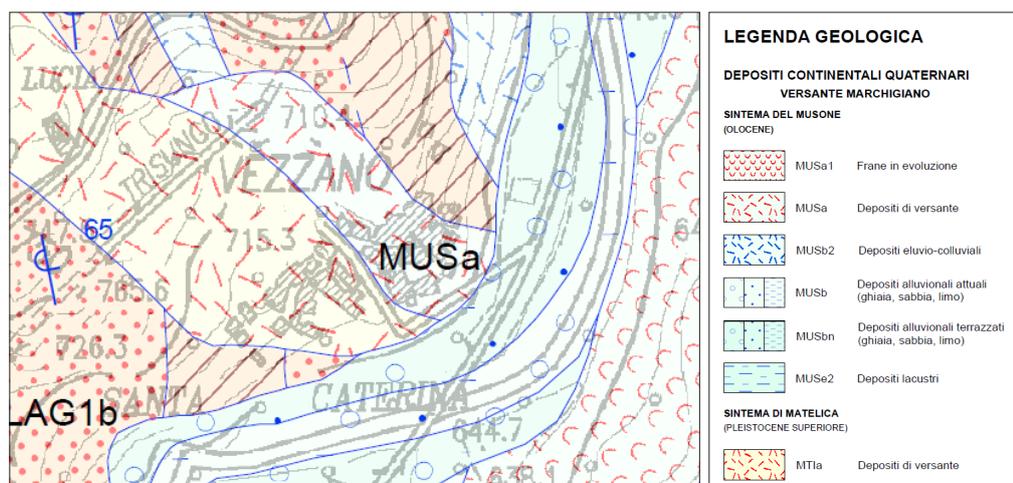


Fig. 10. Stralcio della carta geologica regionale

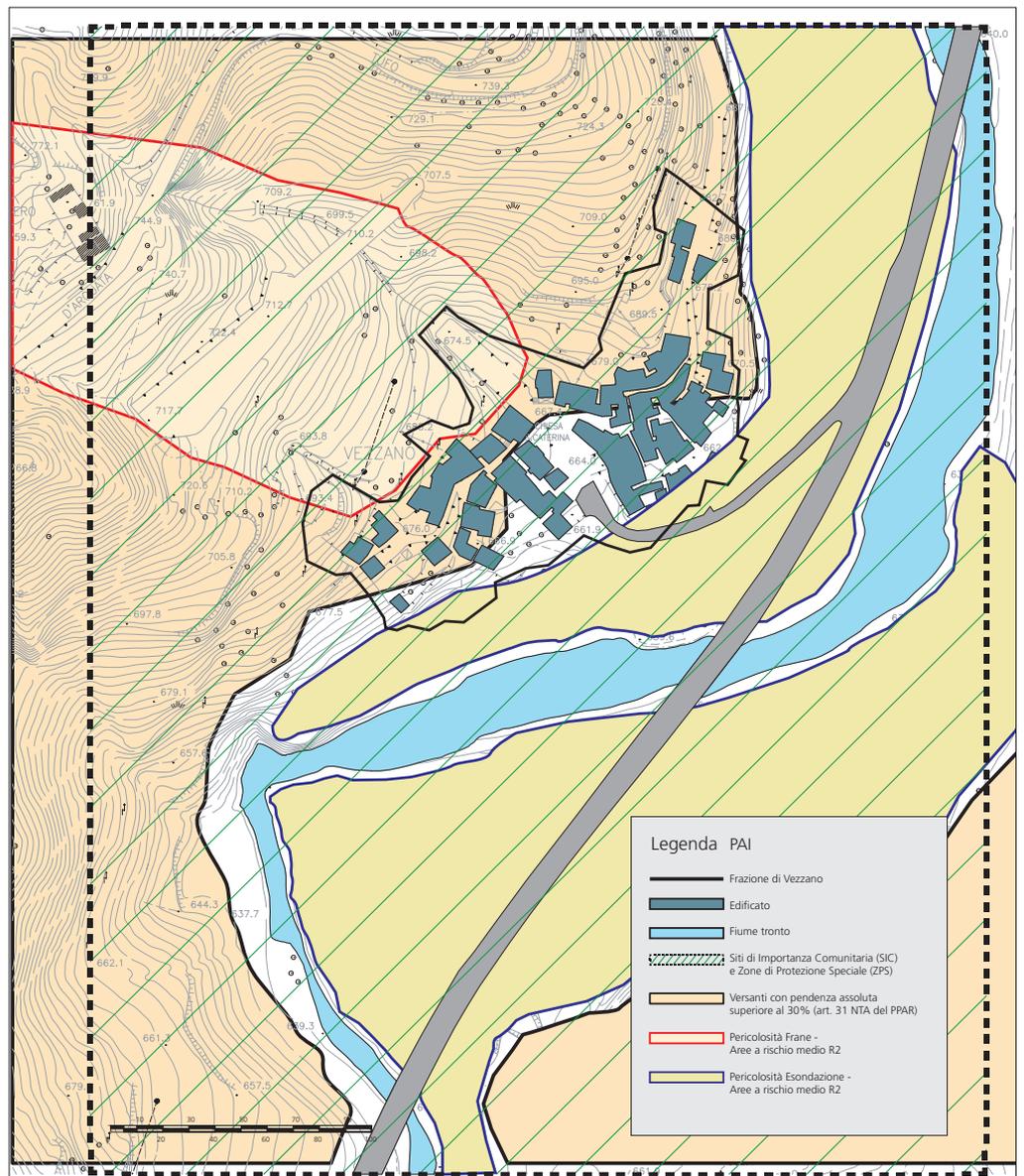


Fig. 11. Cartografia PAI - Piano di assetto idrogeologico 30/04/2001 - Legge del 18/05/1989

A questo primo livello di conoscenza è stato aggiunto un tassello importante dopo il sisma 2016 in quanto a seguito dell'ordinanza n. 24⁴ del 12 maggio 2017 sono stati disposti dei fondi rivolti ai comuni del cratere sismico per la redazione di studi di microzonazione sismica. Il comune di Arquata del Tronto, dunque, essendo stato tra i comuni più colpiti dal sisma, si è dotato della Microzonazione Sismica di III livello (Fig. 12) corredata di Relazione Tecnica Illustrativa e di cartografie tematiche riferite a specifiche Macroaree, definite in funzione dei danneggiamenti subiti dal tessuto urbano e sulla base dei precedenti studi di MS di Livello I, comprendendo quindi sia il Capoluogo Arquata del

⁴ Ordinanza n. 24 del 12 maggio 2017 del Commissario Straordinario per la ricostruzione. Assegnazione dei finanziamenti per gli studi di microzonazione sismica di III livello ai Comuni interessati dagli eventi sismici verificatisi a far data dal 24 agosto 2016 e proroga di termini di cui all'ordinanza n. 13 del 9 gennaio 2017

Tronto che le principali frazioni del territorio comunale, inclusa Vezzano. In particolare lo studio di microzonazione ha previsto la ridefinizione delle MOPS (Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica) e la realizzazione delle Carte di Microzonazione sismica di livello 3 con l'indicazione dei corrispondenti fattori di amplificazione.

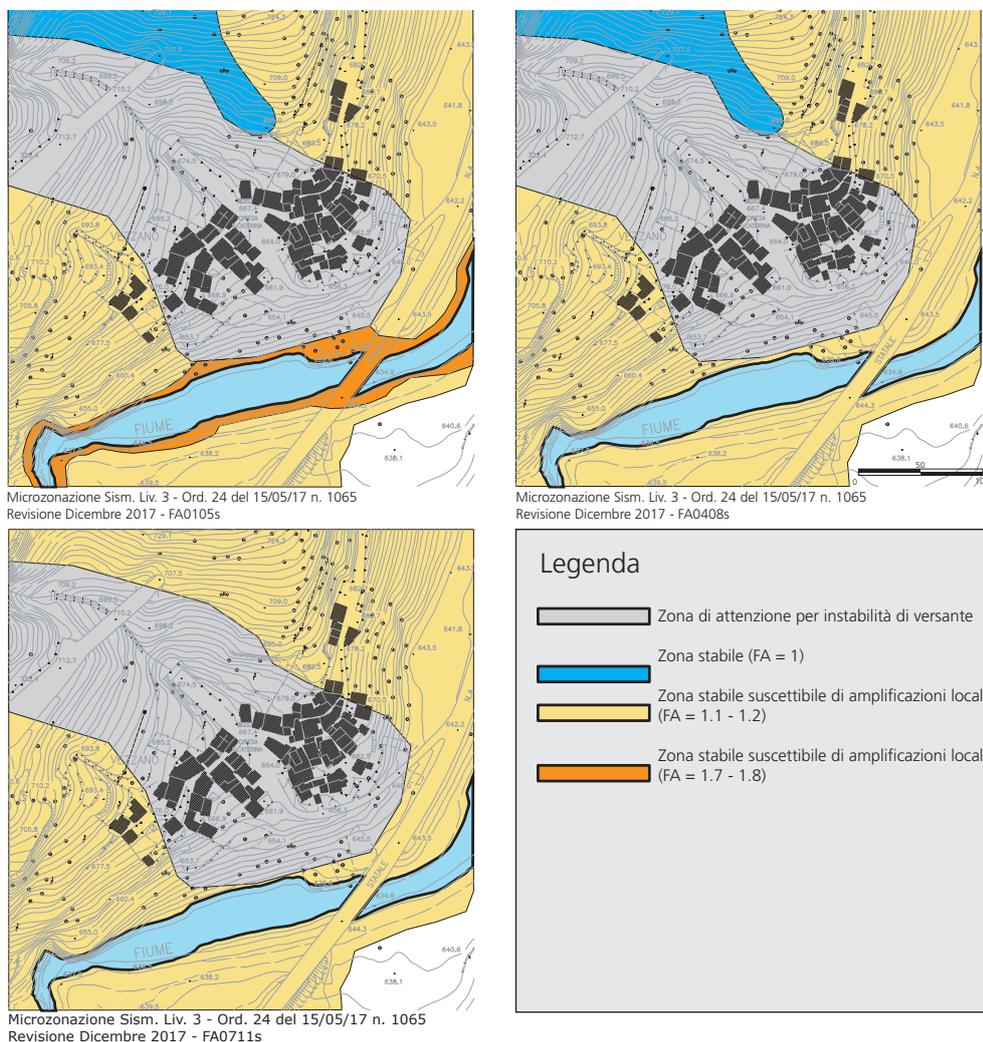


Fig. 12. Microzonazione sismica di III livello - Ord. 24 del 15/05/2017 n. 1065

Come approfondimento successivo, sono state rielaborate le mappe di scuotimento relative ai sismicità recente. Le principali scosse che hanno colpito il territorio Arquatano sono quelle precedentemente descritte nel capitolo 2: il sisma del 24 agosto 2016 con magnitudo Mw 6.0 in cui i comuni più vicini all'epicentro sono stati quelli di Accumoli e Amatrice (in provincia di Rieti) e di Arquata del Tronto; due scosse del 26 ottobre alle ore 17.10 e alle 19.18, rispettivamente di magnitudo ML 5.4 e 5.9 con epicentri distanti pochi chilometri l'uno dall'altro, rispettivamente nei comuni di Castelsantangelo sul Nera e di Ussita, in provincia di Macerata; il sisma del 30 ottobre di magnitudo MW 6.5 avvenuto a 5.5 km da Norcia.

Le mappe di scuotimento delle scosse principali in termini di PGA sono mostrate nella Figura 13 con riferimento alla posizione dell'epicentro e dell'abitato di Vezzano. Le mappe, ottenute da dati di post-elaborazione forniti dall'Istituto Nazionale Italiano di Geofisica e Vulcanologia (INGV) attraverso il software QGIS, sono state calcolate assumendo che l'intensità dello scuotimento al suolo in ciascuna posizione sia distribuita lognormalmente, combinando le misure strumentali delle accelerazioni con informazioni sulla geologia locale, sulla localizzazione dei terremoti e sulla magnitudo (dati INGV Shakemap) Si precisa che le misure delle PGA valutate dall'INGV non considerano le amplificazioni specifiche dovute agli effetti del sito.

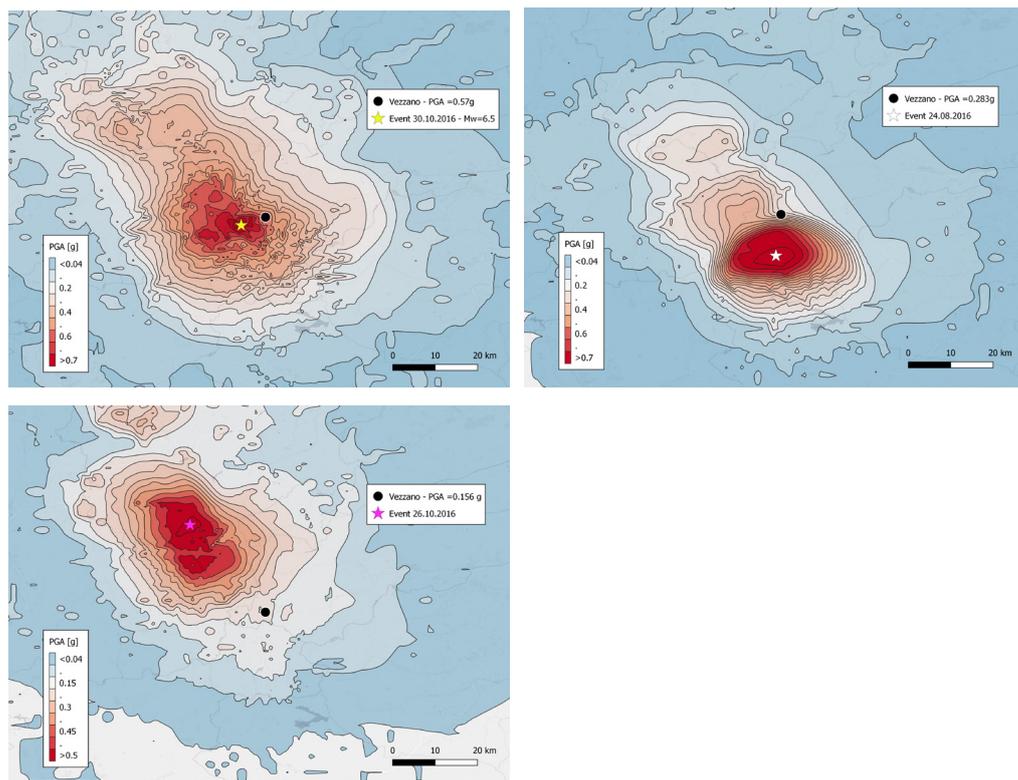


Fig. 13. Mappe di scuotimento per le scosse del 24 agosto, 26 e 30 ottobre in relazione alla posizione del centro storico di Vezzano

Infine, come per Camerino, sono stati implementati nel database i dati relativi alle schede di 1° livello di rilevamento danno, pronto intervento e agibilità per edifici ordinari nell'emergenza post sismica (AeDES 07/2013). Da cui, in un primo approccio informativo, possono essere desunti i dati riguardanti l'agibilità delle singole Unità Strutturali (US) e i danneggiamenti relativi alle singole componenti costruttive (Fig 14).



Fig. 14. Esiti delle schede AeDES post sisma 2016

Esposizione Gli elementi che caratterizzano l'esposizione di Vezzano sono stati catalogati e suddivisi secondo la metodologia descritta nel capitolo 4.

Tra i caratteri legati all'esposizione sono stati catalogati (Fig 15):

- n. di occupanti per edificio
- presenza di elementi identitari del patrimonio storico
- presenza di edifici collabenti
- destinazione d'uso degli edifici
- spazi aperti
- aree di aggregazione sociale
- edifici vincolati o con caratteristiche di pregio

Dal database che raccoglie i dati sulle schede AeDES, in prima istanza, si denota che erano presenti, a Vezzano, prima degli eventi sismici che hanno poi devastato il territorio, complessivamente 38 edifici, dei quali solo 36 utilizzati. Di questi ultimi, 36 erano adibiti a edilizia residenziale, 0 erano invece destinati a uso produttivo, commerciale o altro. Dei 36 edifici adibiti a edilizia residenziale, 34 edifici sono stati costruiti in muratura portante, 0 in cemento armato e 2 utilizzando altri materiali, quali acciaio, legno o altro. Degli edifici costruiti a scopo residenziale, 6 erano in ottimo stato, 24 in buono stato, 6 in uno stato mediocre e 0 in stato pessimo.

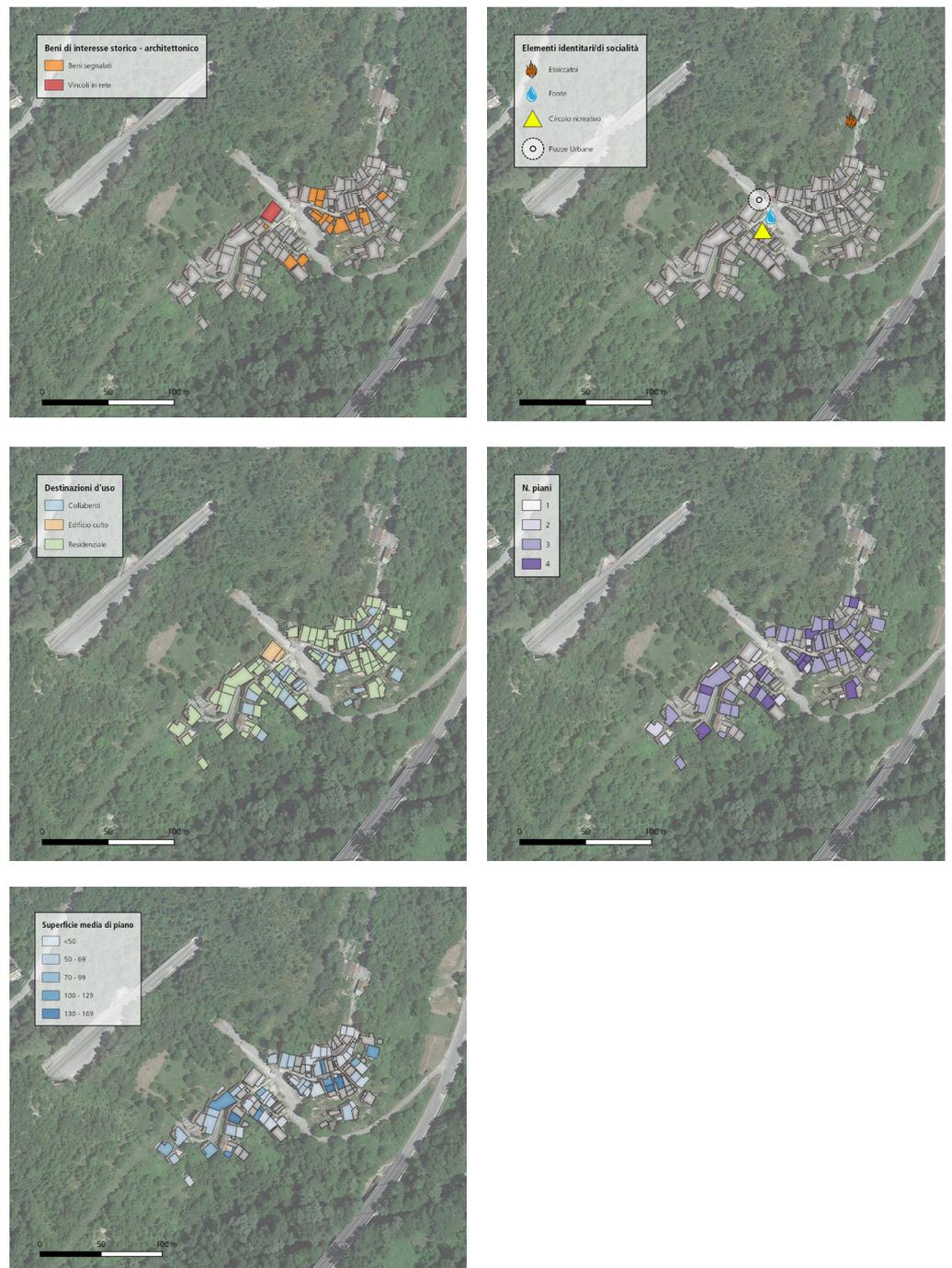


Fig. 15. Rappresentazione grafica attraverso Qgis dei caratteri legati all'esposizione, partendo dall'alto: Beni vincolati e segnalati; emergenze architettoniche; destinazioni d'uso; numero di piani; superficie media di piano.

6.3 Vulnerability assessment

Per la valutazione della vulnerabilità sismica degli edifici in aggregato sono state applicate due metodologie semplificate tra i metodi descritti in letteratura. La prima metodologia applicata è quella teorizzata da Giovinazzi e Lagomarsino (2006), riadattata da Polese et. al (2020). La seconda metodologia è, invece, quella sperimentata da Formisano e si

basa sulla scheda di rilevamento originariamente introdotta da Benedetti e Petrini (1984), che propone la valutazione della vulnerabilità sismica di edifici isolati. I risultati che si ottengono con questa analisi di tipo speditivo consentono, in particolare, di effettuare una classificazione del patrimonio edilizio di un determinato territorio secondo una scala relativa di vulnerabilità. Le due metodologie sono state esaurientemente descritte nel capitolo 4 e in questo paragrafo si riportano solamente i risultati ottenuti sempre attraverso la piattaforma Qgis (Fig 16-17).

I due indici di vulnerabilità sono stati poi utilizzati per la definizione degli scenari di danno come descritto nel paragrafo successivo.



Fig. 16. Indice di vulnerabilità secondo metodologia Risk UE (Giovinazzi Lagomarsino riadattata da Polese et al. (2020)



Fig. 17. Indice di vulnerabilità secondo metodologia Formisano (2010)

6.4 La definizione degli scenari di danno

Danno atteso

La correlazione tra il danno atteso (paragrafo 6.2) e l'input sismico è espressa in termini di curve di vulnerabilità dipendenti dalla vulnerabilità valutata, descritte da una funzione analitica chiusa come visto nel Par. 4.4. Le figure 18 e 19 mostrano la distribuzione del danno atteso, raggruppato in 5 intervalli, per il centro storico di Vezzano considerando l'evento del 30 ottobre 2016.

Tale correlazione è stata valutata utilizzando come Input sia l'indice di Vulnerabilità espresso attraverso la metodologia riadattata da Polese et al. (2020), che quello ottenuto attraverso la metodologia sperimentata da Formisano (2010).



Fig. 18. Danno atteso attraverso Indice di Vulnerabilità calcolato secondo il metodo Polese et al. (2020)



Fig. 19. Danno atteso tramite Indice di Vulnerabilità calcolato secondo il metodo Formisano (2010)

Danno rilevato Partendo dai dati osservati dalle schede AeDES, e in particolare il rilevamento del danno (Sezione 4), raccolti dopo il sisma del 2016, si è calcolato il danno osservato a partire dalla metodologia individuata nel framework descritto nel capitolo 4. La definizione del danno osservato consente di fare un confronto con il danno atteso calcolato secondo le due diverse metodologie per comprendere quale sia la più affidabile per lo specifico caso studio. Si noti, tuttavia, che i risultati derivanti dal danno osservato si basano sulla compilazione delle schede AeDES che, talvolta, possono avere una certa variabilità data dal giudizio del singolo ispettore. Inoltre, essendo queste metodologie empiriche, sono tarate su specifici casi e potrebbe essere utile utilizzare questi dati per calibrarle sul singolo centro storico. Si riporta di seguito la mappa del danno osservato (Fig. 20)

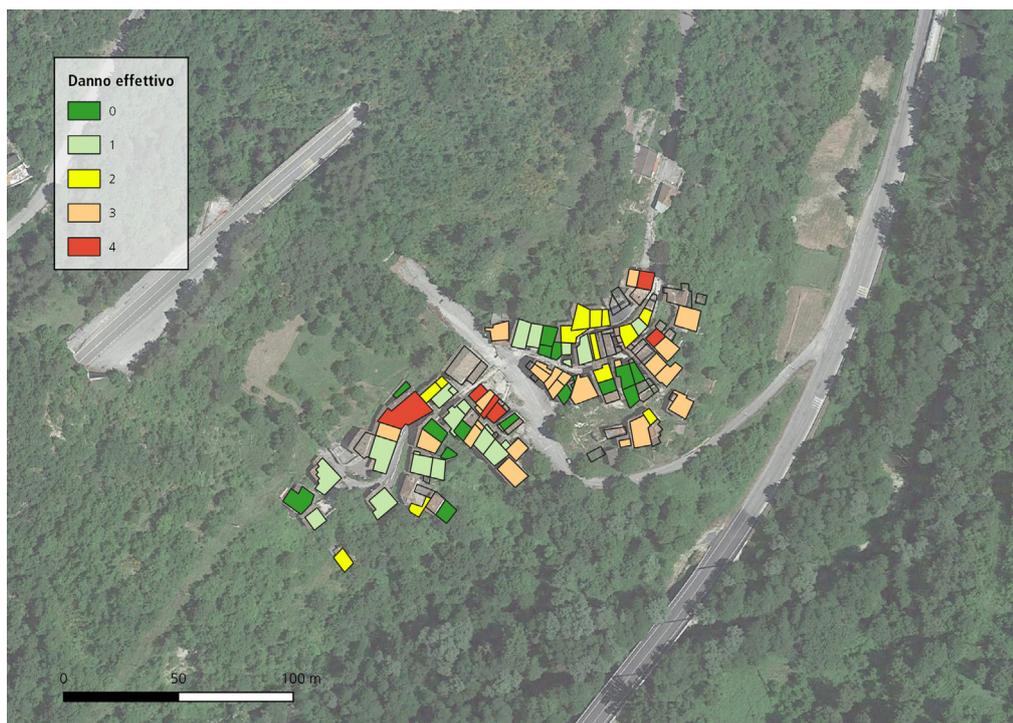


Fig. 20. Danno osservato a partire dal danno descritto dalle schede AeDES

6.5 Valutazione delle perdite economiche e sociali

Come descritto nel capitolo 3, le mappe dei danni combinano pericolosità sismica e vulnerabilità. Aggiungendo le informazioni sull'esposizione, è possibile produrre mappe di rischio che rappresentino graficamente le perdite e indicatori di impatto, ed, infine, andare a definire la matrice delle priorità.

Per calcolare le perdite economiche, con riferimento alla procedura già precedentemente descritta, nel caso di Vezzano, è stato considerato un costo ricostruzione pari a 1350 €/mq (Borzi et al., 2021) per costruzioni in muratura ordinaria, valore poi moltiplicato per la percentuale riferita al livello di danno e per la superficie totale dell'US. Tuttavia, essendo presenti molti edifici collabenti alla data del sisma, si può considerare questa cifra non rappresentativa dell'effettivo costo di ricostruzione. In questi casi, si è fatto riferimento

alla regolamentazione dettata dall'Ordinanza n. 90 del 24 gennaio 2020 in relazione all'ammissibilità a contributo degli edifici collabenti: «L'edificio collabente, per essere ammesso a contributo deve soddisfare le seguenti condizioni:

- presenza di vincolo diretto, notificato prima del 24 agosto 2016 o per il quale a quella data era già stato avviato il procedimento ufficiale di apposizione del vincolo presso l'Ente di tutela, ovvero per quanto riguarda gli edifici pubblici, anche se non formalmente dichiarati dall'art.12 del D. Lgs.42/2004 e smi, la cui esecuzione risalga ad oltre settanta anni, essi risultino sottoposti ope legis alle disposizioni di tutela del Codice dei beni culturali e del paesaggio, parte II, fino a che non sia stata effettuata la procedura di verifica dell'interesse culturale (art. 12 Codice dei beni culturali e del paesaggio)». Per gli interventi sugli edifici ridotti allo stato di rudere, di cui sopra, «è concesso un contributo non superiore a 250 €/mq, senza maggiorazioni, onnicomprensivo di ogni onere relativo a lavori e spese tecniche, al netto di IVA». Per tali edifici, dunque (limitatamente agli edifici vincolati o di interesse culturale), è stata considerato il costo definito dall'ordinanza.

Cost of repair minimum set (€)	Fatalities	Injuries	Usable buildings	Not usable buildings (short time)	Not usable buildings (long time)	Collapsed buildings
5.885.615	0	0	12	18,8	29,2	3

Si riportano di seguito i risultati delle elaborazioni effettuate attraverso il software Qgis in termini di costi di riparazione in quanto dalla tabella precedente si ritiene sia il risultato più rilevante in termini di perdite da riportare su mappa (Fig 21).

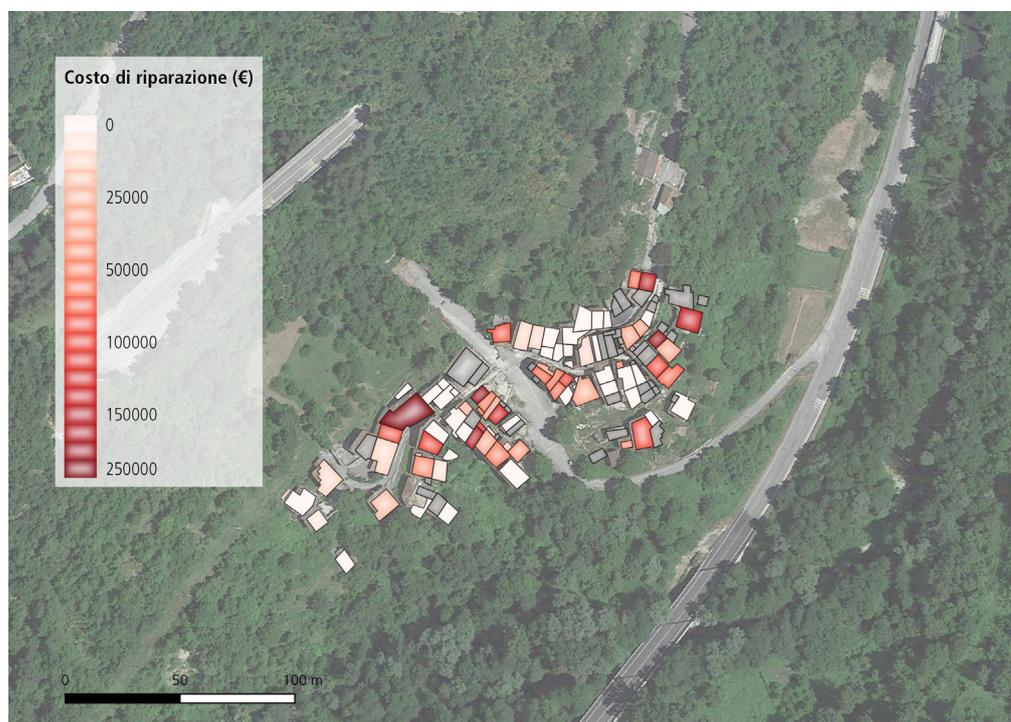


Fig. 21. Perdite attese in termini di costi di riparazione sulla singola US. Elaborazione Qgis

6.6 Urban resilience assessment per Vezzano

Infine, è stata applicata la strategia finale per la valutazione della resilienza così come è stata teorizzata nel capitolo 4.

Attraverso un approccio matriciale si sono coniugati tutti i dati raccolti e le elaborazioni effettuate per la gestione del rischio, fino ad ottenere una Matrice delle Priorità volta ad ottimizzare la gestione del processo di recupero e della pianificazione preventiva.

Il risultato di questa elaborazione è riportato in figura 22. La matrice è distinta in 4 quadranti da cui si può desumere in maniera decrescente quali sono le priorità da definire sia in fase di prevenzione che in fase di recupero.

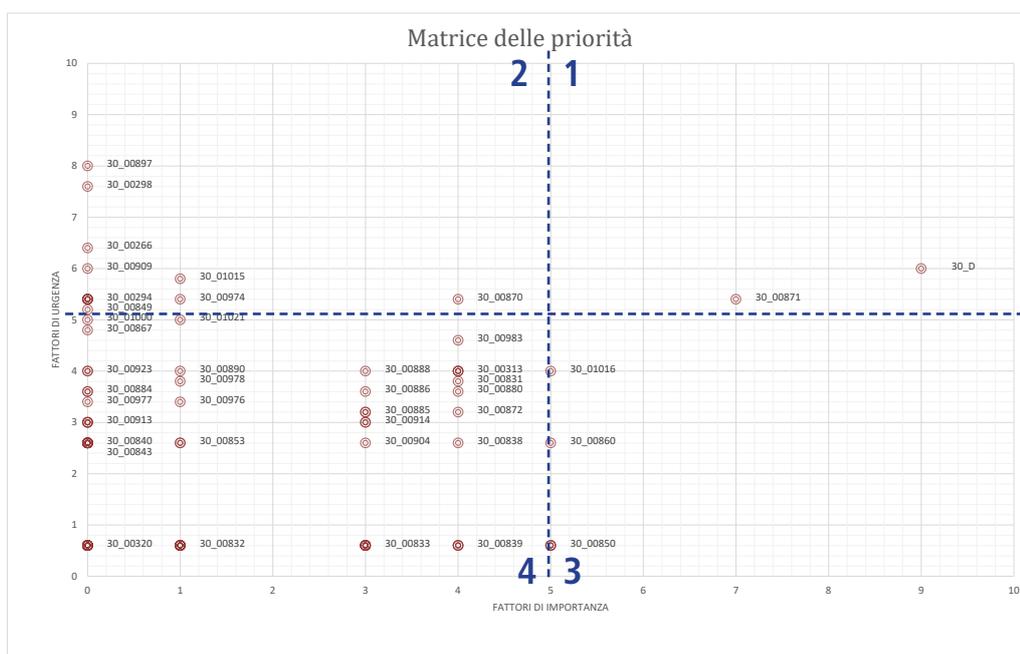


Fig. 22. Matrice delle priorità per US degli aggregati del centro storico di Vezzano

Per una lettura più immediata si sono riportati i dati su mappa come mostrato in fig. 23. Ciò che si nota immediatamente è come la priorità più alta sia assegnata alla chiesa, luogo certamente di una certa rilevanza storico-culturale e sociale e di maggiore vulnerabilità strutturale. Gli altri edifici, via via con priorità decrescenti risultano essere, come ci si aspetta, quelli con un danno atteso maggiore a parità di importanza. Come si può notare facilmente dalla matrice, la maggior parte degli edifici si trova nel quarto quadrante. Il risultato è in linea con quello che ci si aspetterebbe da un centro storico minore, con relativamente poche emergenze architettoniche e solamente 18 abitanti. Gli edifici che risultano più da tutelare sono quelli che tutt'ora mantengono quei caratteri identitari che rischiano di andare distrutti, così come assoluta priorità spetta agli edifici ancora abitati.

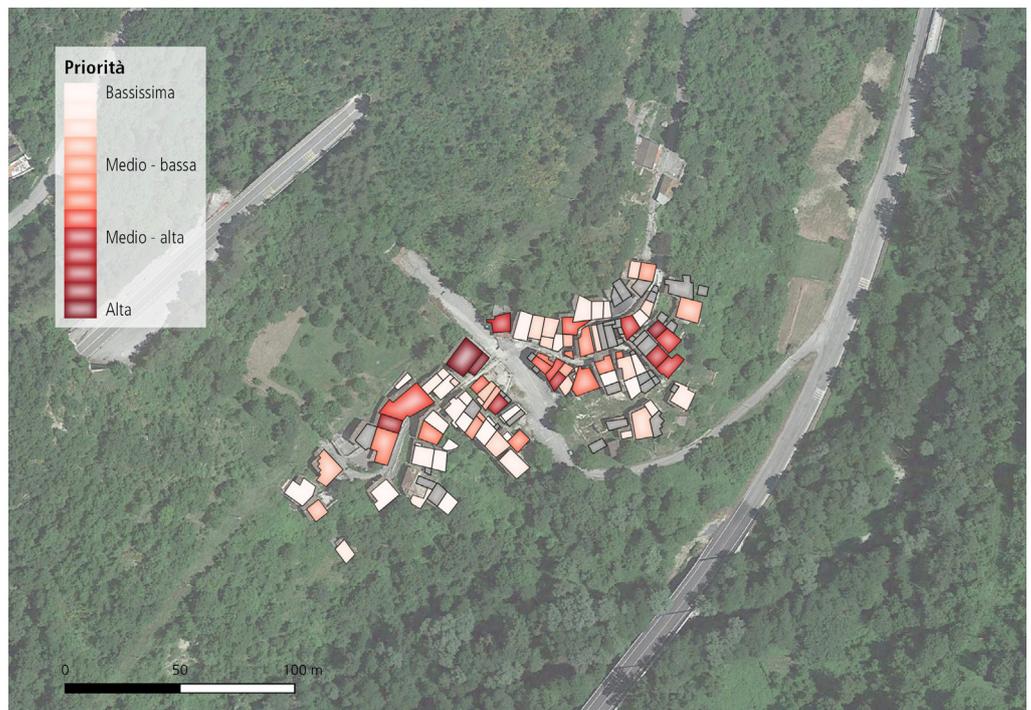


Fig. 23. Mappa delle priorità del centro storico di Vezzano

6.7 Osservazione degli esiti

L'esito finale della sperimentazione sul caso studio di Vezzano appare abbastanza soddisfacente. La quantità di informazioni, seppur ad un livello di conoscenza II è stata sufficiente per applicare due tra i metodi di indagine della vulnerabilità e del danno atteso scelti. Il danno atteso, tuttavia, non è perfettamente coerente con il danno osservato dopo il sisma del 2016. In entrambi i casi, infatti il danno atteso sembra essere sovrastimato rispetto a quello avvenuto nella realtà. Questo può dipendere in primis dall'incertezza derivante dalla compilazione delle schede AeDES, le quali, essendo compilate spesso da tecnici diversi che operano secondo la propria sensibilità e preparazione, potrebbero aver dato luogo ad un insieme di dati non omogeneo. In secondo luogo, come già specificato precedentemente, questi metodi, essendo empirici, se non rispondenti, dovrebbero essere calibrati sul singolo caso studio per ottenere un metodo sviluppato ad hoc sul centro storico di Vezzano.

Tuttavia, avendo come obiettivo finale la costruzione di una matrice di priorità, che possa fare da strumento di supporto all'amministrazione, queste elaborazioni hanno dato modo di ottenere una mappatura completa dell'edificato, che consente di ottenere uno strumento facilmente accessibile e implementabile.

Queste informazioni, raccolte ed elaborate tramite piattaforma Qgis, sono state infine facilmente implementate in un webGIS (Fig.24) per la valutazione del rischio sismico e della resilienza per fornire ai decisori gli strumenti per valutare, a livello locale gli scenari di impatto e danno indotti dai terremoti attraverso un sistema di supporto alle decisioni basato sul web Decision Support System.

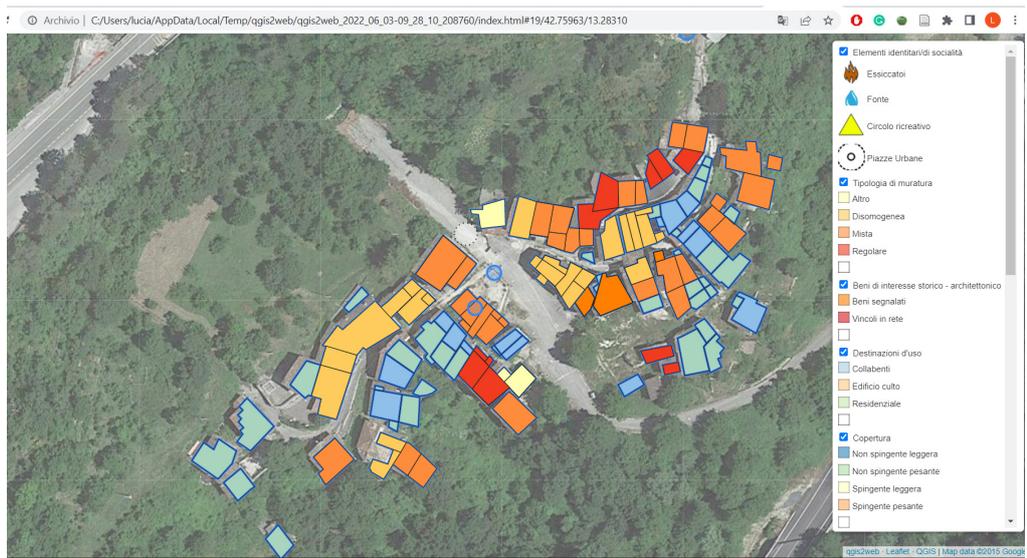


Fig. 24. Decision Support Sistem (DSS) per l'analisi del rischio sismico e della resilienza del Centro Storico di Vezzano

7 La verifica del metodo attraverso un caso europeo

Il centro storico di Lisbona

194	7.1	Lisbona: morfologia urbana e caratteri tipologici
194	7.2	Selezione e calibrazione dei dati
205	7.3	Vulnerability assessment per il centro storico di Lisbona
206	7.4	Definizione degli scenari di danno
208	7.5	Valutazione delle perdite economiche e sociali
208	7.6	Urban Resilience Assessment per Lisbona
209	7.7	Osservazione degli esiti

7 La verifica del metodo attraverso un caso europeo

Il centro storico di Lisbona

In questo capitolo si andrà ad analizzare un terzo caso studio, non strettamente legato al territorio italiano né quello marchigiano.

Avendo già sperimentato la metodologia su due centri storici marchigiani sufficientemente diversificati tra di loro, l'obiettivo di questo capitolo è di capire se l'applicazione del framework operativo possa essere funzionale anche per casi studio esteri che abbiano stratificazioni evolutive storiche e conformazione morfologica e strutturale simili.

L'obiettivo è stato, dunque, quello di ampliare l'orizzonte della ricerca, non soffermandoci sull'aspetto limitato di una realtà regionale ma di attribuire una applicazione quanto più vasta possibile.

In linea generale, quando si parla di metodi speditivi per la valutazione della vulnerabilità dei centri storici in muratura, in particolare dei metodi empirici che sono quelli trattati in questa tesi, si ritrova in letteratura le stesse metodologie applicate su geografie totalmente differenti (Brando et al., 2021; Vicente et al. 2011) e sufficientemente efficaci. Per questa ragione la scelta di un caso studio europeo in qualche modo affine alle caratteristiche dei centri storici marchigiani è sembrata in linea con l'intento della ricerca.

Il caso studio scelto è il centro storico di Lisbona. Lo studio applicato è frutto di un periodo di visiting nella capitale europea durato circa 6 mesi presso la facoltà di ingegneria Civile dell'Istituto Superior Técnico, sotto la supervisione della professoressa Rita Bento.

L'applicazione sul caso studio lisboeta ha cercato di seguire le stesse fasi descritte nel capitolo 4, calibrando il framework a seconda dei dati disponibili. La più grande differenza

è stata quella di non avere un sisma di riferimento per cui si è scelto di confrontare due differenti metodologie speditive per il calcolo della vulnerabilità e del danno atteso. Sono stati poi applicati i diversi step del framework andando a fare delle piccole calibrazioni ogni qual volta i dati a disposizione o raccolti lo richiedessero.

7.1 Lisbona e il suo territorio

Lisbona è la capitale e la principale città del Portogallo e conta una popolazione di circa 505.526 abitanti all'interno dei suoi confini amministrativi, e circa 3 milioni nella sua area metropolitana. Situata sull'estremità occidentale della penisola iberica, presso l'estuario del fiume Tago, è geograficamente la capitale (nonché la zona geografica) più occidentale dell'Europa continentale. Le due sponde del fiume sono collegate da due grandi ponti: il ponte 25 aprile, inaugurato nel 1966, e il ponte Vasco de Gama lungo 17,2 km, inaugurato il 29 Marzo 1998.

La città sorge su 7 colli: São Jorge, São Vicente, Sant'Ana, Santo André, Chagas, Santa Catarina, São Roque.

L'Area Metropolitana di Lisbona (MAL) è composta da 18 comuni e 211 municipi, con una superficie totale di 2957,5 km² e una densità di popolazione di circa 950 abitanti/km² (Statistics Portugal, 2012).

Lo stock di edifici in muratura nel MAL è di circa il 35% ed è utilizzato principalmente per scopi residenziali (Statistics Portugal, 2012).

In questa regione, sono generalmente identificate quattro tipologie principali di edifici in muratura:

- (i) *Pre-Pombalino*, costruito prima del 1755, caratterizzato da geometria eterogenea e irregolare e opere murarie di scarsa qualità;
- (ii) *Pombalino*, eretto dopo il terremoto del 1755 e caratterizzato da geometria regolare e dall'introduzione di un insieme di accorgimenti progettati per migliorare le prestazioni sismiche;
- iii) *Gaioleiro*, costruito tra il 1870 e il 1930, che rappresenta un downgrade della costruzione e la progressiva scomparsa dei concetti sismici precedentemente implementati;
- (iv) *Placa*, costruito tra il 1930 e il 1960, rappresenta l'introduzione del cemento armato nella costruzione portoghese, in particolare è caratterizzato dalla sostituzione dei solai in legno, comuni nelle precedenti tipologie, con solai di cemento. Inoltre, vale anche la pena sottolineare che nessun impatto del terremoto è stato considerato nella loro progettazione in quanto il Primo Codice per Sicurezza degli edifici contro i terremoti (RSCCS, 1958) è stato introdotto solo nel 1958.

7.2 Selezione e calibrazione dei dati

Considerate le dimensioni del caso, la quantità di dati da trattare e la complessità, si è scelto di raggiungere un livello di conoscenza 1 per il centro storico di Lisbona.

I dati utilizzati in questo studio includono: le impronte degli edifici, la rete stradale e le curve di livello forniti dal Comune di Lisbona, alla scala 1/1000 (sistema di coordinate

Hayford-Gauss, datum 73); sono state ottenute inoltre le informazioni sulle proprietà edilizie raccolte dagli archivi comunali di Lisbona, che si concentrano principalmente sulle proprietà geometriche e sui dati relativi alla tipologia dei materiali applicati in ciascun edificio. La mancanza di dati prima del 1951, anno dell'approvazione del Regulamento Geral das Edificações Urbanas (RGEU), ha ostacolato la raccolta di informazioni, spesso assenti, tuttavia, attraverso la piattaforma digitale *Lisboa aberta*¹ sono state reperite informazioni già georeferenziate e importabili su piattaforma GIS riguardanti elementi come la datazione degli edifici, lo stato di conservazione, il numero di piani, la tipologia.

Localizzazione

L'area del centro storico di Lisbona studiata in questo contesto comprende l'area della Baixa, ovvero la parte bassa della città, i quartieri di Bairro Alto e Chiado ad ovest e Alfama ad est (Fig 1).



Fig. 1. Area di studio e relative zone della città

La parte della Baixa è stata completamente ricostruita dopo il terremoto del 1755 (Carlos et al., 2015) ed è prettamente composta da edifici che comprendono attività commerciali al piano terra e con funzione residenziale ai piani superiori, in alcuni casi si conservano ancora le storiche aziende familiari e gli interni dei primi negozi.

Nonostante la componente residenziale sia in calo, la città continua ad essere un centro di cultura e commercio. I nomi delle strade riflettono, infatti, i tipi di commercio, artigianato o negozi che tradizionalmente le occupava (Rua dos Correeiros, Rua dos Fanqueiros, Rua dos Sapateiros). Spazi commerciali, comprese librerie, barbieri, sarti, negozi di tè e ristoranti sono spesso situati nelle vie principali.

¹ LISBOA ABERTA. URL <https://lisboaaberta.cm-lisboa.pt/index.php/pt/> (accessed 05/07/2022).

Lo Chiado è uno dei quartieri più tradizionali e caratteristici della città di Lisbona. Si trova tra il Bairro Alto e la Baixa e si sviluppa attorno alla sua piazza principale, il Largo do Chiado. Dal punto di vista amministrativo, il suo territorio ricade integralmente nella freguesia di Santa Maria Maior. In questa zona si riunivano gli intellettuali portoghesi della fine del XIX e dell'inizio del XX secolo. Il 25 agosto 1988 un incendio, cominciato in Rua do Carmo e velocemente propagatosi in Rua Garrett e in altre vie, distrusse un totale di diciotto palazzi del Chiado. In termini di superficie di città danneggiata e numero di palazzi distrutti, l'incendio del Chiado viene considerato il peggior disastro che abbia colpito la città dal terremoto del 1755. I lavori di ricostruzione, oggi completati, che hanno consentito di recuperare l'aspetto originale degli edifici danneggiati, furono diretti dall'architetto Álvaro Siza.

L'Alfama è il più antico quartiere di Lisbona e si dispiega sul pendio racchiuso tra il Castello di São Jorge ed il fiume Tago. Il suo nome viene dall'arabo Al-hamma, che significa "fontane" o "bagni".

Durante il periodo della dominazione araba, l'Alfama rappresentava l'intera città, che solo in seguito si sviluppò verso ovest dando vita al quartiere della Baixa. Il grande terremoto del 1755 non distrusse il quartiere (anche grazie alla sua posizione elevata che la protesse dal maremoto), che mantenne il suo antico carattere di pittoresco labirinto di vicoli e piazzette. Questo quartiere è quello che mantiene le caratteristiche più antiche della città insieme al Bairro Alto il quale, sviluppatosi con l'espansione urbana di Lisbona sul finire del XV secolo, è stato solo marginalmente danneggiato dal terremoto del 1755 e non è stato interessato da significativi interventi di costruzione nel corso del XX secolo per cui contiene un importante patrimonio storico-architettonico.

Si nota da subito, che il campione scelto è piuttosto vario e a seconda della localizzazione e del quartiere le caratteristiche edilizie sono piuttosto diverse. Tuttavia, il centro storico di Lisbona ha una identità storica molto forte, la cui conservazione attiva ha un immenso valore economico per Lisbona e Portogallo, visto il notevole fatturato economico generato dal turismo.

Evoluzione storica Il patrimonio abitativo portoghese, in particolare quello di Lisbona, ha subito grandi trasformazioni nel corso dei secoli fino al giorno d'oggi.

Sulla base dell'osservazione della cartografia e dell'iconografia disponibili (Fig. 2) riguardo Lisbona prima del terremoto del 1755, si può notare che la struttura urbanistica della parte centrale della città è rimasta invariata dal XVI secolo.

Il tessuto urbano corrisponde a un insieme di diverse strutture giustapposte: la zona che sorge sulle pendici orientali e occidentali della *Colina do Castelo* (Alfama e Mouraria), ha caratteristiche che possono avvicinarla a quelle osservate nelle città moresche per questo si presentano come organismi semplici e poco differenziati a livello funzionale, con un tessuto molto denso e irregolare. Essendo una città senza continuità, in cui lo spazio privato attraversa lo spazio pubblico, le chiese sono viste come punti centrali e nevralgici che generano lo spazio circostante. Questa tipologia si espanse poi durante il XII e XIII secolo verso la città bassa, con una struttura identica ma non più così chiusa.



Fig. 2. Cartografia attuale della Baixa di Lisbona con datazione dei singoli edifici(sx); Cartografia storica della ricostruzione post sisma del 1755 (dx)

La parte più occidentale della città storica (Carmo e Chiado) ha, invece, una struttura urbanistica regolare, cosa che accadrà su larga scala nel XVI secolo anche nel Bairro Alto. Questo cambiamento coincide forse con la genesi di un'autorità comunale più organizzata e interessata al controllo e alla crescita dell'assetto urbano della città.

Si pensa, inoltre, che le zone di Bairro Alto, Santa Catarina e Madragoa possano essere il risultato di operazioni svolte da grandi proprietari terrieri che ne definirono la lottizzazione. A ovest, i quartieri di Bairro Alto, Bica, Calçada do Combro, Poço dos Negros, Madragoa, sono risultati dall'espansione della città successiva o contemporanea al XVI secolo: presentavano una suddivisione regolare a forma di isolato, composti solitamente da lotti stretti e allungati. Questa struttura diventa compatta man mano che si densifica.

Con il terremoto del 1 novembre 1755, la maggior parte degli edifici esistenti a Lisbona furono distrutti o gravemente danneggiati. Al momento del terremoto Lisbona aveva una popolazione di circa 100.000 abitanti e una superficie di 350 ettari. Dopo il terremoto circa 17.000 delle 20.000 case esistenti furono distrutte o rese inabitabili, oltre a un gran numero di palazzi, conventi e chiese, molti dei quali furono demoliti e ricostruiti successivamente in altri luoghi previsti nel piano di ricostruzione della Baixa. La nuova pianificazione del tessuto urbano fu una delle strategie messe in atto dall'allora presidente del Consiglio, il marchese di Pombal.

Analisi tipologiche

Al fine di stabilire una chiara e sintetica evoluzione delle tipologie edilizie si può affermare che gli edifici in muratura costituiscono una percentuale importante del patrimonio edilizio della città. Data l'evoluzione nel tempo delle pratiche costruttive negli edifici in muratura, è possibile rilevare variazioni non solo in termini di architettura e tipologie costruttive ma anche in termini di progettazione strutturale (Bernardo et al., 2021). Tali differenze determinano variazioni significative della resistenza sismica delle diverse tipologie edilizie individuate. Tra le tipologie di edifici in muratura costruiti dopo il 1755 si possono distinguere tre fasi: edifici "Pombalini", "Gaioleiro" e "Placa". La differenziazione tra le tipologie edilizie citate si basa non solo sull'epoca di realizzazione, ma essenzialmente sulla presenza o meno di elementi strutturali in legno (Poletti et al., 2015). È, dunque,

possibile stabilire una suddivisione in termini di tipologie edilizie, in base alle loro caratteristiche strutturali, direttamente legate all'epoca di costruzione, e alle tecnologie costruttive utilizzate (Fig. 3):



Fig. 3. Tipologia edilizia degli edifici oggetto di studio

- **Edifici con struttura in muratura di tipo "Pre-Pombalina" (ante 1775)**

Sono considerati parte integrante di questa categoria gli edifici che hanno resistito in tutto o in parte al grande terremoto del 1755 e che si sono conservati nel tempo fino ad oggi. Questa categoria comprende edifici di interesse storico, anche se molti sono in cattive condizioni.

Questa tipologia di edifici era costituita da due, tre o al massimo quattro piani, generalmente con soffitti molto bassi, alta densità di pareti e poche aperture verso l'esterno.

I pavimenti dei piani terra erano generalmente costituiti da lastre di pietra calcarea. Per quanto riguarda i solai dei piani superiori, era più comune l'utilizzo di solai in legno.

Le strutture verticali potevano essere di tre tipologie: in muratura di pietra regolare (*cantaria*), muratura ordinaria (*alvenaria*) o tramezzi (*tabique*). La differenziazione si basa sul tipo di materiale utilizzato nella sua costruzione e sul relativo processo di costruzione.

La *cantaria* è senza dubbio considerata la soluzione di più alta qualità, poiché, in generale, la sua costruzione presentava costi superiori. In questo senso, questa soluzione costruttiva era molto comune negli edifici come palazzi, monumenti e chiese.

La muratura ordinaria (*alvenaria*) era generalmente piuttosto povera e veniva utilizzata per le abitazioni comuni. È costituita da blocchi irregolari di pietra di medie dimensioni e mattoni o pezzi di laterizio collegati tra loro da una malta di calce e sabbia, intonacati e

dipinti con calce e pigmenti naturali.

Le coperture erano costituite da una struttura portante in legno, ricoperta nella sua parte superiore da un tavolato su cui era poggiato il manto. Gli edifici di questo periodo non disponevano di servizi igienici, e l'accesso alla strada pubblica avveniva nel modo più diretto possibile, e senza vestibolo all'ingresso. Generalmente le scale occupavano un'area ridotta, essendo poste a ridosso della facciata principale. Quando possibile, si è sfruttata la pendenza del terreno perpendicolare alla strada per accedere ai piani superiori, situazione facilmente individuabile negli edifici che hanno due ingressi (non livellati): uno dalla strada antistante e l'altro dalla strada sul retro.

Edifici con struttura in muratura di tipo "Pombalino" (1775-1880)

Il periodo pombalino arriva con il processo di ricostruzione della città di Lisbona, gravemente danneggiata dal terremoto del 1755. Questo sisma fu talmente devastante che l'intero centro storico, la Baixa, fu distrutto. Per questa ragione si avvertì la pressante necessità di costruire in modo più sicuro per evitare futuri disastri.

Da questo caos emerse la figura del Marchese di Pombal, il quale mette in atto in poco tempo un piano urbanistico di ricostruzione basato sulla tecnica costruttiva della "Gaiola Pombalina", dando vita alla prima grande ricostruzione della storia con metodi antisismici. (Opes et al; 2014)

Il piano pombalino è caratterizzato da coerenza, omogeneità ed equilibrio basati su un tracciato degli assi stradali a struttura reticolata e regolare e nell'uniformità degli edifici progettati, sia in termini di prospetti che in termini di compartimentazione interna.

Gli elementi progettuali che sono serviti come base per la ricostruzione pombalina, progettati principalmente dagli architetti Eugénio dos Santos, Carlos Mardel e Reinaldo Manuel, hanno definito la geometria delle facciate degli isolati lungo le strade e le piazze, le altezze dei davanzali degli edifici, la tipica disposizione in sezione e il dettaglio standard per i tetti, i muri tagliafuoco e le fognature.

La *Gaiola* (Gabbia) è costituita da un insieme di travi piane, chiamate *frontais*, collegate agli angoli da barre verticali che appartengono ai muri ortogonali. La connessione tra le mura frontali ortogonali attraverso comuni barre verticali in legno forma una trave tridimensionale capace di resistere alle forze in qualsiasi direzione. In generale lo spazio compreso tra le barre di legno dei muri frontali è riempito con muratura di scarsa qualità e le superfici sono coperte di materiale di finitura, quindi la *gaiola* non è generalmente visibile. Solitamente la *gaiola* si sviluppa al di sopra del piano terra e nelle mura interne (Costa et al. 2014), .

Le facciate e i muri tra gli edifici adiacenti sono generalmente costruiti con muratura ordinaria in pietrame, con alcune eccezioni di muratura di migliore qualità alle angolate e in alcuni pilastri e muri del piano terra. Il loro spessore può variare e oscilla tra i 60 cm e i 90 cm nella maggior parte dei casi. Le travi che collegano le colonne delle facciate sono dello stesso spessore delle colonne ai piani inferiori.

Alcuni muri interni, con la sola funzione divisoria, chiamati *tabiques*, sono fatti di uno o 2 file di tavole o piccole barre di legno, sono più sottili dei muri frontali e hanno molta meno resistenza ai carichi orizzontali. I solai sono fatti di tavole legno (generalmente

spesse 2 cm) appoggiate su travetti perpendicolari (generalmente 10 x 20 cm) a loro volta appoggiati sulle pareti esterne e sui muri interni portanti. Negli edifici di maggiore qualità costruttiva, questi travetti sono continui da facciata a facciata, negli altri invece presentano delle discontinuità in corrispondenza dei muri interni. Secondo la regola dell'arte i travetti orizzontali dovevano essere bene agganciati attraverso ancoraggi metallici immersi nella muratura.

I solai del primo piano sono generalmente costituiti da archi e volte in muratura per due ragioni: (i) creare una barriera al fuoco in modo tale che non si propaghi ai piani superiori, (ii) evitare che l'umidità di risalita arrivi alla struttura lignea della Gaiola ai piani superiori.

Edifici con struttura in muratura di tipo "Gaiolero" (dal 1880 al 1930)

Il periodo tra il 1880 e il 1930 è stato fondamentalmente caratterizzato da una grande espansione della città, sia per la creazione di grandi aree urbane, sia per l'aumento dell'altezza degli edifici: con il nome di *gaioleiro* si intende tradurre la semplificazione e gli enormi cambiamenti in termini di impianti strutturali e costruttivi sugli edifici pombalini, che includevano l'aumento dell'altezza degli edifici i quali raggiunsero rapidamente i 5 o 6 piani e la distorsione della gabbia originaria, nella quale scompaiono alcuni elementi di solidarietà orizzontale delle pareti principali. Inoltre, vale la pena ricordare anche il fatto che la manodopera e i materiali utilizzati sono, nella maggior parte dei casi, di qualità inferiore rispetto a quelli utilizzati negli edifici caratteristici del periodo precedente. Le modifiche osservate hanno dato origine ad un'altra tipologia di edifici, totalmente diversa da quella del periodo pombalino, caratterizzata dall'assenza di continuità strutturale e tridimensionale, dove raramente si trovano soluzioni adeguate per il collegamento tra le strutture delle pareti di facciata, le pareti ortogonali e dei solai.

In sintesi, gli edifici con struttura in muratura del tipo "*gaioleiro*" sono costituiti generalmente da pareti in muratura raggruppabili in tre categorie: pareti principali, pareti in mattoni pieni e pareti divisorie interne. I primi sono generalmente realizzati con muratura di pietra irregolare, che va dalla pietra dura al calcare relativamente tenero comunemente usato nel sud del paese, malta con argilla, con spessori variabili tra 0,90 m al piano terra e 0,50 m all'ultimo piano e si trova sulle facciate principali e posteriori degli edifici. Le pareti in mattoni pieni resistenti hanno spessori compresi tra 0,15 e 0,30 m. Infine, le pareti divisorie interne hanno una bassa resistenza e uno spessore medio di 0,15 m. I pavimenti, invece, sono generalmente in legno, con struttura costituita da travetti appoggiati direttamente alle pareti e disposti nel senso della campata più piccola. Gli edifici del tipo *gaioleiro* furono costruiti fino al primo quarto del '900, quando venne definitivamente introdotto nelle costruzioni il cemento armato.

Edifici con struttura in muratura di tipo "Betao" o "Placa" (dal 1930)

Intorno al 1930 compare il cemento che, utilizzato nei solai pieni, sostituisce progressivamente i pavimenti in legno nelle cucine e nei bagni e negli elementi a sbalzo come i balconi fino ad arrivare agli interi solai (*Placa*).

Le travi in calcestruzzo armato iniziano ad essere utilizzate durante questo periodo di transizione a livello del soffitto del piano terra, principalmente per facilitare l'apertura di

spazi più ampi.

Le strutture in calcestruzzo armato integrale compaiono solo tra gli anni '30 (*Betao*) e '40, ma è solo nel 1950 che iniziano ad avere grande espressione. L'intero periodo, che si protrae fino alla metà degli anni '60, è caratterizzato da strutture a telaio in cemento armato tamponate da pareti in muratura doppia in laterizio e tramezzi interni, sempre in muratura a mezzo mattone. I solai sono costituiti da massicce lastre di cemento armato. Gli edifici in cemento armato di questo periodo, con un'altezza media da 6 a 8 piani e un ultimo piano incassato, hanno all'esterno un aspetto massiccio con pochissimo spazio riservato alle finestre.

Pericolosità

L'identificazione dell'impatto sismico dei terremoti più significativi verificatisi in Portogallo è stata considerata essenziale nello sviluppo della ricerca. La maggior parte degli eventi si è verificata nei secoli XVIII e XIX. Tuttavia, questa grande differenza numerica può essere correlata ad una maggiore disponibilità di fonti di registrazione, che, prima di questo periodo, era scarsa.

D'altra parte, il verificarsi del violento terremoto del 1755 suscitò paura, ma anche interesse per questo tipo di fenomeni, il quale portò alla documentazione di scosse minori, che probabilmente altrimenti non sarebbero state registrate.

Nel IV secolo d.C. si verificarono violenti terremoti, con magnitudo probabilmente intorno a 9,0 MS. Questi furono seguiti dai terremoti del diciottesimo secolo, in cui il terremoto del 1755 fu registrato con un massimo di 8,0 MS.

Da un'interpretazione complessiva della documentazione storica nazionale, il terremoto di Lisbona del 1755, il terremoto di Benavente del 1909, il terremoto dell'Algarve del 1969 e il terremoto delle Azzorre degli anni '80, nonostante le loro diverse circostanze, sono considerati gli eventi più rilevanti, il che è corroborato dalla quantità e qualità di documentazione disponibile. Spicca con grande evidenza l'anno 1909, ma valori altrettanto significativi si registrano negli anni 1983 e 1984, rispettivamente con 115 e 143 terremoti, e nel 1975 (116 eventi). Nel 1969 sono stati registrati 75 terremoti; e nel 1978 ci furono 71 scosse. Nel 1931, 1951, 1954, 1964 e 1969 si registrano terremoti con un livello di intensità massima superiore a 7. Il Terremoto di Benavente, nonostante le sue drammatiche conseguenze, ha registrato un'intensità molto inferiore (6.2).

Le informazioni che menzionano questi fenomeni, quando ne affrontano le conseguenze, si concentrano principalmente sulle vittime umane registrate. L'eccezione è il terremoto del 1755. In seguito al disastro, tutte le parrocchie portoghesi hanno dovuto inviare al primo ministro un rapporto scritto di tutti i danni avvenuti.

Per quanto riguarda le conseguenze dei terremoti nella cultura edilizia locale, a livello ufficiale, le autorità hanno cercato di regolamentare la ricostruzione, assicurando che nel processo di ricostruzione venissero aggiunte efficaci misure di rinforzo sismico. Ciò accadde durante la ricostruzione di Pombal nel 1755 (Mullin, 1992), in cui, le autorità portoghesi sono state pioniere nell'introduzione di sistemi rinforzati sismici regolamentati.

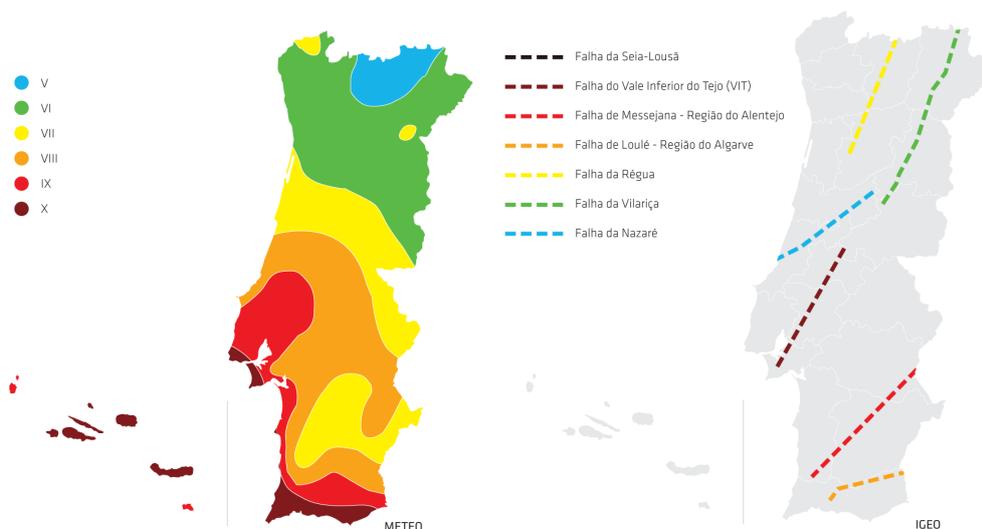


Fig. 4. Mappa delle intensità macrosismiche in Portogallo (SX). Principali Faglie in Portogallo (DX). Fonte: <https://esg.pt/seismic-v/sismicidade-historica-portugal/>

La regione di Lisbona e la regione dell'Algarve si trovano nella zona a più alto rischio sismico del continente portoghese. Da segnalare anche le regioni del Tagus Lezíria e della penisola di Setúbal, situate nella "Faglia della Bassa Valle del Tago", che presentano anch'esse un'elevata vulnerabilità sismica. Inoltre, la regione costiera dell'Alentejo, presenta una frequenza significativa di eventi sismici (Fig. 4).

Esposizione Gli elementi che caratterizzano l'esposizione di Lisbona sono stati catalogati secondo la metodologia descritta nel capitolo 4. In generale, trattandosi del livello di conoscenza I, non sono state fatte specifiche ricerche sul campo ma sono stati utilizzati studi esistenti (Martins et al., 2020; Guillard-Gonçalves et al., 2015) e i dati raccolti attraverso la piattaforma web-gis messa a disposizione dal comune di Lisbona (<https://lisboaaberta.cm-lisboa.pt/index.php/pt/>) e rielaborati attraverso sopralluoghi specifici.

I dati raccolti sono:

- Dati sul patrimonio vincolato e/o di interesse storico-artistico (Fig.5)
- esposizione del patrimonio non vincolato della Baixa Pombalina (Fig. 6)
- Siti archeologici
- Musei
- Superficie media di piano
- n. piani (Fig. 7)
- stato di conservazione (Fig. 8)

I dati ottenuti sono poi stati utilizzati per l'applicazione del framework. Se da un lato il caso studio di Lisbona risulta più complesso per dimensione e vicissitudini storiche, dall'altro il dover rapportarsi con una città di una certa importanza ha fatto sì che il reperimento dei dati per un livello di conoscenza base sia stato relativamente agile grazie alla presenza di numerosi studi pregressi e gestibili attraverso piattaforme informatiche

adeguate.



Fig. 5. Mappa che mostra l'esposizione del patrimonio di "Baixa Pombalina" e degli alloggi privati al rischio sismico (Fonte: adattato dal Comune di Lisbona, Piano regolatore municipale di Lisbona, 2012 e basato sul lavoro sul campo di Martins et al., 2020).

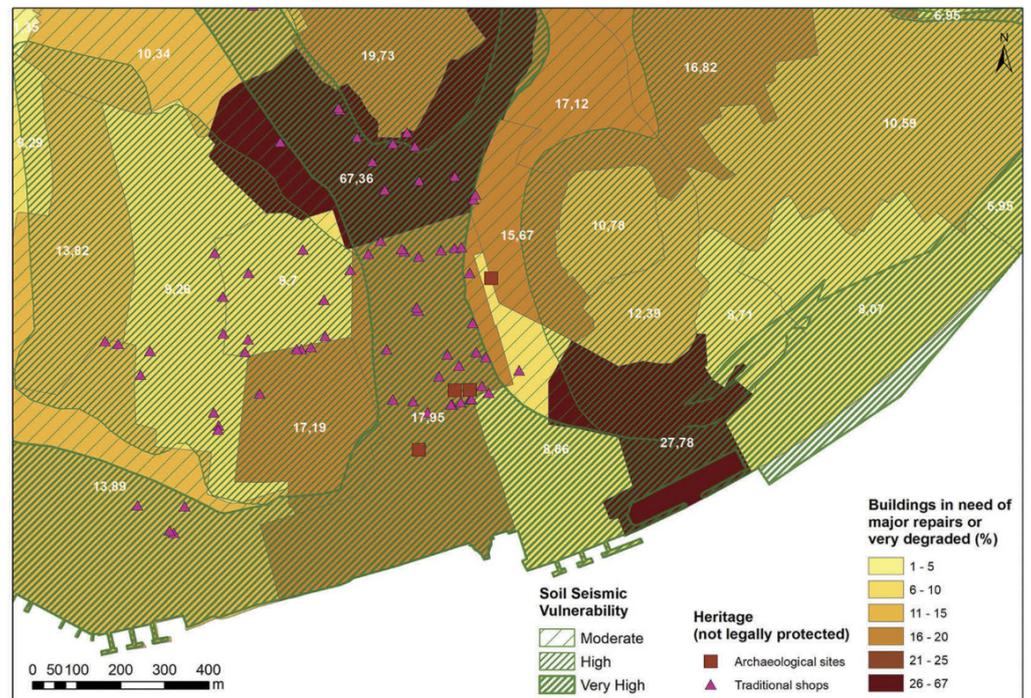


Fig. 6. Mappa che mostra l'esposizione del patrimonio non protetto della "Baixa Pombalina" e degli edifici che necessitano di importanti riparazioni o molto degradati a rischio sismico. Fonte: Martins et al., 2020)



Fig. 7. Numero di piani per gli edifici del centro storico di Lisbona (fonte: Camara Municipal de Lisboa)



Fig. 8. Stato di conservazione degli edifici del centro storico di Lisbona (fonte: Camara Municipal de Lisboa)

7.3 Vulnerability assessment per il centro storico di Lisbona

Per la valutazione della vulnerabilità sismica degli edifici del centro storico di Lisbona sono state eseguite due valutazioni semplificate: la prima riprende lo studio fatto da Catulo et al., 2017 sull'area della Baixa, il quale applica il metodo Vicente (2011). I dati presenti nello studio effettuato da Catulo sono stati aggiornati al 2022 e sono stati implementati raccogliendo informazioni anche sulle altre zone del centro storico. La valutazione di vulnerabilità sismica degli edifici è stata effettuata assegnando ad ogni edificio un indice di vulnerabilità (I_v), che si basa sulla somma ponderata di parametri specifici che influenzano la prestazione sismica. La versione corrente del metodo comprende un totale di quattordici parametri caratterizzati con un peso p_i compreso tra 0,25, per i parametri meno importanti, e 1,50, per i più importanti in termini di comportamento sismico. Ciascun parametro è quindi correlato a una delle quattro classi di vulnerabilità crescente: A = 0, B = 5, C = 20 e D = 50 a seconda delle caratteristiche intrinseche dell'edificio. L' I_v risulta dalla somma dei pesi di questi parametri. Per comodità, l'indice viene successivamente normalizzato nell'intervallo 0-100. Vale la pena sottolineare che la definizione di questi pesi è un'importante fonte di incertezza del metodo e dovrebbe essere validata sulla base di studi più dettagliati (es. risultati di indagini sui danni dopo un terremoto o analisi numeriche). Si riporta in figura 9 la mappatura dell'indice di Vulnerabilità ottenuto.



Fig. 9. Indice di Vulnerabilità calcolato secondo il metodo Vicente (2011)

Il secondo metodo applicato per la definizione dell'indice di Vulnerabilità è quello

riadattato da Polese et al. (2020) e già applicato per i due casi studio marchigiani. Si riporta in figura 10 i risultati ottenuti dall'applicazione.



Fig. 10. Indice di Vulnerabilità calcolato secondo il metodo Vicente (2011)

7.4 Definizione degli scenari di danno

Dall'indice di vulnerabilità (I_v) ottenuto per ogni edificio è quindi possibile determinare il danno atteso sugli edifici per un determinato livello di intensità sismica e generare curve di vulnerabilità e fragilità, che sono funzione dei diversi livelli di intensità sismica. La relazione tra l'indice di vulnerabilità (I_v) e la vulnerabilità macrosismica (V) è stata definita applicando il metodo dei minimi quadrati al valore di danno medio centrale ($D = 2,5$) di ciascun edificio, come suggerito in Vicente et al. (2011).

Infine, è stata ottenuta una correlazione tra questi due parametri:

$$V = 0.0068 \times I_v + 0.521$$

Pertanto, in questo caso, la vulnerabilità è espressa in termini di danno medio definito secondo l'equazione:

$$\mu_D = 2.5 + 3 \tanh \left(\frac{I_{EMS-98} + 6.25V - 12.7}{Q} \right)$$

A sua volta, l'intensità sismica (EMS98) è espressa in funzione della PGA attraverso l'equazione:

$$I_{EMS-98} = 5 + \frac{\ln(PGA) - \ln(0.03)}{\ln(1.8)}$$

L'indice di duttilità Q è assunto pari a 2,3. Il danno medio atteso è rappresentato in Fig. 11.



Fig. 11. Danno medio atteso (Vicente; 2011)

Si riporta, inoltre, il danno medio atteso calcolato secondo il metodo Polese et al. (2020), già applicato nei casi studio di Camerino e Vezzano (Fig. 12)



Fig. 12. Danno medio atteso (Polese et al, 2020)

7.5 Valutazione delle perdite economiche e sociali

Come descritto nel capitolo 3, le mappe dei danni combinano pericolosità sismica e vulnerabilità. Aggiungendo le informazioni sull'esposizione, è possibile produrre mappe di rischio che rappresentino graficamente le perdite e indicatori di impatto, ed, infine, andare a definire la matrice delle priorità.

Per calcolare le perdite economiche, con riferimento alla procedura già precedentemente descritta, nel caso di Lisbona è stato considerato un costo ricostruzione pari a 5000 €/mq, valore poi moltiplicato per la percentuale riferita al livello di danno e per la superficie totale dell'US.

Cost of repair (€)	Fatalities	Injuries	Usable buildings	Not usable buildings (short time)	Not usable buildings (long time)	Collapsed buildings
290.619.820	2	6	873,2	23,2	33	1

Si riportano di seguito i risultati delle elaborazioni effettuate attraverso il software Qgis in termini di costi di riparazione in quanto dalla tabella precedente si ritiene sia il risultato più rilevante in termini di perdite da riportare su mappa (Fig 13).



Fig. 13. Mappa che definisce le perdite in termini di costo per la città storica di Lisbona.

7.6 Urban resilience assessment per Lisbona

Infine, è stata applicata la strategia finale per la valutazione della resilienza così come è

stata teorizzata nel capitolo 4.

Attraverso un approccio matriciale si sono coniugati tutti i dati raccolti e le elaborazioni effettuate per la gestione del rischio, fino ad ottenere una Matrice delle Priorità volta ad ottimizzare la gestione del processo di recupero e della pianificazione preventiva.

Il risultato di questa elaborazione è riportato nella mappa in figura 14 in cui sono indicate in ordine crescente le priorità di azione sul patrimonio costruito.



Fig. 14. Mappa che definisce le priorità di intervento nel centro storico di Lisbona

7.7 Osservazione degli esiti

La metodologia seguita si rivela efficace a scala urbana, consentendo una facile identificazione degli edifici vulnerabili e la visualizzazione delle geometrie circostanti, favorendo l'interpretazione della distribuzione spaziale del fenomeno. La fornitura di un geodatabase quanto più completo possibile aiuta ingegneri e urbanisti a ottenere scenari sismici basati sullo spazio per valutare il danno sismico del patrimonio edilizio, segnalare perdite economiche e umane e pianificare risposte rapide. I due metodi utilizzati per la valutazione della vulnerabilità sismica sono piuttosto efficaci per dare una prima interpretazione del danno atteso, sebbene per un riscontro reale sarebbe utile approfondire e calibrare i due metodi. Ad un primo approccio, la metodologia sperimentata da Vicente sembrerebbe più adatta a descrivere il comportamento degli edifici pombalini, mentre quella sperimentata da Polese risulta essere più severa nella previsione di danno, ma, essendo quest'ultima di più rapida applicazione e considerando meno parametri, presenta un grado di incertezza maggiore seppure con lo stesso livello di conoscenza. Uno studio più dettagliato della vulnerabilità sismica degli edifici pombalini comporterà la raccolta di dati in situ in quanto la reale vulnerabilità sismica degli edifici oggi dipende

fortemente dagli interventi a cui sono stati sottoposti nel corso della loro vita. Questi erano solitamente associati all'introduzione di nuovi impianti (ad esempio tubazioni idriche, fognarie o gas), all'aumento del numero di piani o all'assenza di colonne o pareti in particolare al piano terra per creare spazi più ampi, l'introduzione di pareti strutturali in cemento armato per l'installazione degli ascensori e la sostituzione delle strutture originarie del tetto con strutture più pesanti. La maggior parte di tali modifiche è stata effettuata senza alcuna preoccupazione per la resistenza sismica degli edifici, facilitata da una lacuna legislativa e dall'inesistenza di norme tecniche applicabili ai lavori su vecchi edifici. Inoltre, la maggior parte di questi interventi strutturali non è ufficialmente censita e solo una completa ricognizione degli edifici di consentirebbe la loro individuazione. Infine, questo caso studio dà un contributo importante alla valutazione sismica su scala internazionale di questa tipologia di edifici in muratura e alla valutazione delle priorità di intervento e della resilienza a supporto della gestione e mitigazione del rischio sismico.

Riferimenti bibliografici

Capitolo 5

AA. VV., 1976. *Camerino, città e cultura*. Ed. G. Misici Falzi, Camerino, pp. 18-20.

Angeletti P. - Remiddi G, Le vicende urbane di Camerino nel Quattrocento, in *Il Quattrocento a Camerino, luce e prospettive nel cuore della Marca*, Milano, 2002, p.92.

Baggio, C, A. Bernardini, R. Colozza, R. Corazza, M. Della Bella, G. Di Pasquale, M. Dolce, A. Goretti, A. Martinelli, G. Orsini, F. Papa and G. Zuccaro, 2007. Field Manual for post-earthquake damage and safety assessment and short term countermeasures (AeDES), Ed.s Pinto AV, Taucer F, Translation from Italian: Rota, M. and A. Goretti, European Communities.

Borri A., De Maria A., (2019). Qualità muraria secondo il metodo IQM: aggiornamento alla Circolare esplicativa n.7 del 2019 (Structural 222 – marzo/aprile 2019).

Boschi E., Guidoboni E., Ferrari G., Valensise G. and Gasperini P. (eds.), 1997. *Catalogo dei forti terremoti in Italia dal 461 a.C. al 1990*, vol. 2. ING-SGA, Bologna, 644 pp.

Capponi G. (1992). Il terremoto del 28 luglio 1799: ricostruzione ed analisi dell'accaduto a Camerino. Tesi sperimentale di Laurea in sismologia storica, rilevamento geologico geomorfologico e geofisica. Relatore Prof Francesco Dramis – Correlatore Dott Giancarlo Monachesi.

Conti A., *Camerino e i suoi dintorni descritti ed illustrati da...*, Camerino, 1872., p. 12,61,70 e 71.

Costanzo, A., Falcone, S., D'Alessandro, A., Vitale, G., Giovinazzi, S., Morici, M., Dall'Asta, A., Buongiorno, M.F., 2021. A Technological System for Post-Earthquake Damage Scenarios Based on the Monitoring by Means of an Urban Seismic Network. *Sensors* 21, 7887. <https://doi.org/10.3390/s21237887>

D'Amico, A., Currà, E., 2018. Urban resilience in the historical centres of Italian cities and towns. Strategies of preventative planning. *TECHNE - Journal of Technology for Architecture and Environment* 257-268 Pages. <https://doi.org/10.13128/TECHNE-22162>

Dogliani F., Mazzotti P. (2007). *Codice di pratica per gli interventi di miglioramento sismico nel restauro del patrimonio architettonico. Integrazioni alla luce delle esperienze nella Regione Marche*, Ancona: Ed. Regione Marche.

Dolce, M., Prota, A., Borzi, B., da Porto, F., Lagomarsino, S., Magenes, G., Moroni, C., Penna, A., Polese, M., Speranza, E., Verderame, G.M., Zuccaro, G., 2021. Seismic risk assessment of residential buildings in Italy. *Bull Earthquake Eng* 19, 2999–3032. <https://doi.org/10.1007/s10518-020-01009-5>

Formisano, A., Landolfo, R., Mazzolani, F.M., G. Florio, 2010. A quick methodology for seismic vulnerability assessment of historical masonry aggregates. In: COST C26 Final Conference "Urban Habitat Constructions under Catastrophic Events", Napoli. <https://doi.org/10.13140/2.1.1706.3686>

Lagomarsino, S., Giovinazzi, S., 2006. Macroseismic and mechanical models for the vulnerability and damage assessment of current buildings. *Bull Earthquake Eng* 4, 415–443. <https://doi.org/10.1007/s10518-006-9024->

LIII C., 1649-1652: C. Lili, *Historia della Città di Camerino*, Grisei, Macerata 1649-1652.

Monachesi G., Castelli V., Camassi R., 2016. *Aggiornamento delle conoscenze sul terremoto del 28 luglio 1799 nel sub-Appennino maceratese*. *Quaderni di Geofisica*, 138, 212 pp. <https://doi.org/10.13127/qdg/138>

Petrucci, E., Barchetta, L., Lapucci, D., 2022. Vulnerability of historical centers: the case of Camerino (Marche Region), in: Mecca, S. (Ed.), *Villages et Quartiers à Risque d'abandon Stratégies Pour La Connaissance, La Valorisation et La Restauration*. Firenze University Press, FIRENZE, pp. 189–204.

Polese, M., Di Ludovico, M., Gaetani d'Aragona, M., Prota, A., Manfredi, G., 2020. Regional vulnerability and risk assessment accounting for local building typologies. *International Journal of Disaster Risk Reduction* 43, 101400. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2019.101400>

Rapporto GLIS, Associazione nazionale Italiana di Ingegneria Sismica, Gruppo di Lavoro Isolamento Sismico, Coordinamento e Segreteria Tecnica presso Enea ERG-SIEC-SISM, 1997

Romão, X., Paupério, E., Pereira, N., 2016. A framework for the simplified risk analysis of cultural heritage assets. *Journal of Cultural Heritage* 20, 696–708. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2016.05.007>

Savini P., 1895. *Storia della città di Camerino*, Camerino: Tipografia Savini, II ed., 34-42.

Vettore, M.; Donà, M.; Carpanese, P.; Follador, V.; da Porto, F.; Valluzzi, M.R., 2020. A Multilevel Procedure at Urban Scale to Assess the Vulnerability and the Exposure of Residential Masonry Buildings: The Case Study of Pordenone, Northeast Italy. *Heritage*. 1433–1468

Romis, F.; Caprili, S.; Salvatore, W.; Ferreira, T.M.; Lourenço, P.B. 2021. An Improved Seismic Vulnerability Assessment Approach for Historical Urban Centres: The Case Study of Campi Alto Di Norcia, Italy. *Appl. Sci.*, 11, 849.

Capitolo 6

Benedetti, D., Petrini, V., 1984. *Sulla Vulnerabilità Di Edifici in Muratura: Proposta Di Un Metodo Di Valutazione* 149, 66–74.

Borzi, B., Onida, M., Faravelli, M., Polli, D., Pagano, M., Quaroni, D., Cantoni, A., Speranza, E., Moroni, C., 2021. *IRMA platform for the calculation of damages and risks of Italian residential buildings*. Bull Earthquake Eng 19, 3033–3055. <https://doi.org/10.1007/s10518-020-00924->

Baggio, C, A. Bernardini, R. Colozza, R. Corazza, M. Della Bella, G. Di Pasquale, M. Dolce, A. Goretti, A. Martinelli, G. Orsini, F. Papa and G. Zuccaro, 2007. *Field Manual for post-earthquake damage and safety assessment and short term countermeasures (AeDES)*, Ed.s Pinto AV, Taucer F, Translation from Italian: Rota, M. and A. Goretti, European Communities.

Borri, A., De Maria, A., 2019. *Qualità muraria secondo il metodo IQM: aggiornamento alla circolare esplicativa n. 7/2019*. Structural n. 222. DOI10.12917/STRU222.06 <https://doi.org/10.12917/STRU222.06>

Brunori, G., Zampilli, M., 2021. *RICOSTRUIRE ARQUATA. Studi, ricerche e rilievi per la redazione dei piani e dei programmi di ricostruzione e recupero dei centri storici del comune di Arquata del Tronto*. <https://doi.org/10.13134/979-12-5977-023-3>

Bucciarelli, A., 1982. *Dossier Arquatano*, Grafiche D'Auria, Ascoli Piceno.

Canuti, C., Barchetta, L., Morici, M., Petrucci, E., Zona, A., 2019. *Analisi dei parametri locali per la riduzione delle incertezze nelle valutazioni di vulnerabilità dei centri storici: il caso di Vezzano (Arquata del Tronto, Marche)*, in: Atti Del XVIII Convegno ANIDIS L'ingegneria Sismica in Italia: Ascoli Piceno, 15-19 Settembre 2019. Pisa University Press, Pisa.

Formisano, A., Landolfo, R., Mazzolani, F.M., G. Florio, 2010. *A quick methodology for seismic vulnerability assessment of historical masonry aggregates*. In: COST C26 Final Conference "Urban Habitat Constructions under Catastrophic Events", Napoli. <https://doi.org/10.13140/2.1.1706.3686>

Galiè N., Vecchioni, G. (2006). *Arquata del Tronto. Il comune dei due parchi nazionali*, Folignano: Società Editrice Ricerche.

Lagomarsino, S., Giovinazzi, S., 2006. *Macroseismic and mechanical models for the vulnerability and damage assessment of current buildings*. Bull Earthquake Eng 4, 415–443. <https://doi.org/10.1007/s10518-006-9024->

Paci, G. (a cura di), 2014. *Storia di Ascoli, Dai piceni all'epoca tardoantica*, Librati, Acquaviva Picena (AP).

Petrucci, E., Barchetta, L., Lapucci, D., (2021). *Local heritage to build resilience. The case of Arquata del Tronto in the Marche Region*. In: (a cura di): Judith Ryser Fatemeh Farnaz Arefian, Prerequisites for Post-Disaster Regeneration of Historic Cities. vol. unico, p. 42-59, L'Aquila: Silk City, ISBN: 978-1-8383625-0-8

Polese, M., Di Ludovico, M., Gaetani d'Aragona, M., Prota, A., Manfredi, G., 2020. Regional vulnerability and risk assessment accounting for local building typologies. *International Journal of Disaster Risk Reduction* 43, 101400. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2019.101400>

Rovida, A., Locati, M., Camassi, R., Lolli, B., Gasperini, P., Antonucci, A., 2022. *Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI15), versione 4.0*. <https://doi.org/10.13127/CPTI/CPTI15.4>

Capítulo 7

Bernardo, V., Sousa, R., Candeias, P., Costa, A., Campos Costa, A., 2021. Historic Appraisal Review and Geometric Characterization of Old Masonry Buildings in Lisbon for Seismic Risk Assessment. *International Journal of Architectural Heritage* 1–21. <https://doi.org/10.1080/15583058.2021.1918287>

Brando, G., Cocco, G., Mazzanti, C., Peruch, M., Spacone, E., Alfaro, C., Sovero, K., Tarque, N., 2021b. Structural Survey and Empirical Seismic Vulnerability Assessment of Dwellings in the Historical Centre of Cusco, Peru. *International Journal of Architectural Heritage* 15, 1395–1423. <https://doi.org/10.1080/15583058.2019.1685022>

Carlos, G.D., Correia, M.R., Sousa, G., Lima, A., Gomes, F., Lopes dos Santos, V., 2015. Lisbon: Downtown's reconstruction after the 1755 earthquake, in: Correia, Mariana R., Lourenço, P.B., Varum, H. (Eds.), *Seismic Retrofitting: Learning from Vernacular Architecture*. CRC Press, pp. 169–172. <https://doi.org/10.1201/b18856-31>

Catulo, R., Falcão, A.P., Bento, R., Ildefonso, S., 2018. Simplified evaluation of seismic vulnerability of Lisbon Heritage City Centre based on a 3D GIS-based methodology. *Journal of Cultural Heritage* 32, 108–116. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2017.11.014>

CEN, Eurocode 8 – Design for structures for earthquake resistance. Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings. NP EN 1998-1, Instituto Português da Qualidade (IPQ), Lisbon, Portugal, 2010 [European Committee for Standardization; In Portuguese].

Costa, A., Guedes, J.M., Varum, H. (Eds.), 2014. *Structural Rehabilitation of Old Buildings, Building Pathology and Rehabilitation*. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-39686-1>

Guillard-Gonçalves, C., Cutter, S.L., Emrich, C.T., Zêzere, J.L., 2015. Application of Social Vulnerability Index (SoVI) and delineation of natural risk zones in Greater Lisbon, Portugal. *Journal of Risk Research* 18, 651–674. <https://doi.org/10.1080/13669877.2014.910689>

Lagomarsino, S., Giovinazzi, S., 2006. Macroseismic and mechanical models for the vulnerability and damage assessment of current buildings. *Bull Earthquake Eng* 4, 415–443. <https://doi.org/10.1007/s10518-006-9024->

Martins, A.N., Pereira, A.A., Forbes, C., de Lima, J.L.M.P., Matos, D., 2021. Risk to cultural heritage in Baixa Pombalina (Lisbon Downtown) - a transdisciplinary approach to exposure and drivers of vulnerability. *International Journal of Architectural Heritage* 15, 1058–1080. <https://doi.org/10.1080/15583058.2020.1745322>

Mullin, J.R., 1992. The reconstruction of Lisbon following the earthquake of 1755: A study in despotic planning. *Planning Perspectives* 7, 157–179. <https://doi.org/10.1080/02665439208725745>

Opes, M., Meireiles, H., Cattari, S., Bento, R., Lagomarsino S. 2014: "Pombalino Constructions: Description and Seismic Assessment", 187-234, Capítulo do Livro *Structural Rehabilitation of Old Buildings*, Eds. Aníbal Costa, João Miranda Guedes and Humberto Varum, Vol. 2, Springer, ISBN: 978-3-642-39685-4. ISBN 978-3-642-39686-1 (eBook)

Polese, M., Di Ludovico, M., Gaetani d'Aragona, M., Prota, A., Manfredi, G., 2020. Regional vulnerability and risk assessment accounting for local building typologies. *International Journal of Disaster Risk Reduction* 43, 101400. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2019.101400>

Poletti, E., Vasconcelos, G., Lourenço, P.B., 2015. Timber frames as an earthquake resisting system in Portugal, in: Correia, M.R., Lourenço, Paulo B., Varum, H. (Eds.), *Seismic Retrofitting: Learning from Vernacular Architecture*. CRC Press, pp. 161–166. <https://doi.org/10.1201/b18856-30>

Vicente, R., Parodi, S., Lagomarsino, S., Varum, H., Silva, J.A.R.M., 2011. Seismic vulnerability and risk assessment: case study of the historic city centre of Coimbra, Portugal. *Bull Earthquake Eng* 9, 1067–1096. <https://doi.org/10.1007/s10518-010-9233-3>

Sitografia

Capitolo 5

Regione Marche, Comune di Camerino, Microzonazione sismica
<https://www.comune.camerino.mc.it/documenti-cms/?cat-documenti=microzonazione-sismica&a=>

Piano assetto idrogeologico [WWW Document], n.d. URL <https://www.regione.marche.it/Regione-Utile/Paesaggio-Territorio-Urbanistica-Genio-Civile/Piano-assetto-idrogeologico> (accessed 2.2.22).

Istituto Nazionale di Geofisica e dalla SGA storia geofisica ambiente, Catalogo dei forti terremoti in Italia dal 461 a.C. al 1990, Ottobre 1997, <http://www.1957sismicgeneration.altavista.org/wp-content/uploads/2016/12/400al1990sismicadatabase.pdf>

ShakeMap - Home [WWW Document], n.d. URL <http://shakemap.ingv.it/shake4/> (accessed 2.2.22).

ARCH | Home [WWW Document], n.d. URL <https://savingculturalheritage.eu/> (accessed 6.9.22).

Area Sisma [WWW Document], n.d. URL <http://statistica.regione.marche.it/Statistiche-multi-argomento/Area-Sisma> (accessed 2.17.19).

Schede Statistiche Territoriali dei Comuni [WWW Document], n.d. URL <http://statistica.regione.marche.it/Statistiche-multi-argomento/Schede-Territoriali> (accessed 2.18.19).

QGIS.org, %Y. QGIS Geographic Information System. QGIS Association. Available online: <http://www.qgis.org> (accessed on 27 November 2022).

Capitolo 6

<https://www.regione.marche.it/Regione-Utile/Paesaggio-Territorio-Urbanistica/Cartografia/Repertorio/Cartageologicaregionale10000> (accessed 17/5/2022).

<http://webgispcn.autoritabacino.marche.it/> (accessed 17/5/22)

Capítulo 7

DE - Núcleo de Engenharia Sísmica e Dinâmica de Estruturas (NESDE), n.d. URL http://www-ext.Inec.pt/LNEC/DE/NESDE/divulgacao/Edif_1880_1930.html (accessed 09/02/2022).

LISBOA ABERTA. URL <https://lisboaaberta.cm-lisboa.pt/index.php/pt/> (accessed 05/07/2022).

http://www-ext.Inec.pt/LNEC/DE/NESDE/divulgacao/Edif_1880_1930.html

<https://esg.pt/seismic-v/sismicidade-historica-portugal/> (accessed 09/02/2022)

Portuguese Historical Seismicity, n.d. . Seismic V. URL <https://esg.pt/seismic-v/portuguese-historical-seismicity/> (accessed 31/01/2022).

INE - Portuguese National Institute of Statistics. 2011. Census 2011. Accessible at https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_publicacoes&PUBLICACOESpub_boui=73212469&PUBLICACOESmodo=2, visited on January 2022

PARTE QUARTA

Conclusioni

8 Contributi alla ricerca e prospettive future

231	8.1	Osservazioni finali
232	8.2	Caratteri innovativi
233	8.3	Prospettive future

8 Contributi alla ricerca e prospettive future

8.1 Osservazioni finali

Questa tesi esplora e definisce una metodologia di analisi della resilienza dei centri storici delle Marche meridionali alle catastrofi naturali attraverso l'applicazione di un framework basato sul concetto di Disaster Risk Management che trova la sua chiave di lettura nella conoscenza quanto più approfondita dei centri storici oggetto di studio.

La ricerca si articola su più livelli tra loro correlati che sono necessari per effettuare analisi indirizzate alla riduzione del rischio sismico e alla costruzione di scenari di danno che possono essere utili, su scala territoriale, alla redazione di una carta del rischio dei centri storici con l'intento di stabilire un approccio alla prevenzione basato sulla definizione di priorità di intervento.

Nella prima parte della tesi sono stati investigati i principali temi coinvolti: a partire dalle definizioni di resilienza e di rischio applicate alla tematica complessa del Cultural Heritage, si sono analizzate le tipologie di centri storici marchigiani dando una lettura contestuale degli effetti che l'ultimo terremoto ha causato sul territorio marchigiano.

Nella seconda parte si sono analizzati da un lato gli strumenti vigenti nella normativa nazionale e locale volti alla prevenzione del rischio, dall'altro lo stato dell'arte della ricerca per la valutazione dello stesso. Tra questi ultimi sono stati individuati quei metodi che consentivano di essere applicati in maniera speditiva all'interno del framework. In particolare sono stati utilizzati i metodi empirici per la valutazione delle vulnerabilità,

mettendo a confronto 3 diversi metodi generalmente applicati ai centri storici italiani e portoghesi, esplorando le molteplici dimensioni della vulnerabilità per capire se e come le comunità possono costruire capacità per far fronte a futuri disastri causati dai terremoti. Sono stati individuati e inseriti nel framework i parametri che hanno consentito la valutazione delle perdite attese che hanno definito una mappa del rischio e, infine, una strategia per l'implementazione della resilienza attraverso la definizione dei parametri relativi a Urgenza e Importanza con successiva costruzione di una matrice delle priorità per la riduzione della resilienza.

Il livello di accuratezza della valutazione del rischio e della resilienza dipende dalla dimensione e dall'approfondimento dello studio svolto. Per questo motivo, in fase preliminare sono stati definiti 3 livelli di conoscenza che garantiscano un livello sempre crescente di riduzione delle incertezze dovuto all'applicazione di analisi speditive. La conoscenza approfondita dell'oggetto di studio è infatti il principio cardine del framework, necessaria per l'ottenimento di risultati attendibili: la riduzione delle incertezze ha un ruolo cruciale nell'analisi e nella modellazione dei disastri in generale, sia naturali che umani, avendo un impatto significativo sulle decisioni basate sulla valutazione del rischio con l'obiettivo di sviluppare un modello affidabile per la valutazione di quest'ultimo e della resilienza ad esso correlata.

Nella terza parte della tesi il framework definito è stato applicato su due casi studio delle marche meridionali: Camerino e Vezzano, centri storici rispettivamente di media e piccola dimensione. Con l'obiettivo di allargare l'orizzonte della ricerca lo stesso framework è stato applicato, con le opportune correzioni, sul centro storico di Lisbona.

8.2 Caratteri innovativi

I caratteri più innovativi che caratterizzano la ricerca riguardano la sistematizzazione e la valutazione complessiva dei metodi esistenti applicati sulla regione Marche fino alla definizione di una nuova metodologia per la valutazione della resilienza sui centri storici basata sulla definizione di un database e, soprattutto, sulla gestione dei dati e delle analisi attraverso un sistema GIS, piattaforma che, seppure piuttosto diffusa, non è ancora utilizzata nella maggior parte dei centri storici minori, ad eccezione di qualche amministrazione "illuminata"; infatti, la piattaforma consentirebbe, oltre che la gestione dei dati (non solo relativi al rischio), anche l'automatizzazione dei processi sopra descritti.

In secondo luogo, dal confronto tra il danno reale e il danno atteso si possono fare considerazioni sull'attendibilità del metodo utilizzato e su quanto siano importanti i fattori locali che influenzano il comportamento degli edifici in muratura. È importante considerare negli sviluppi futuri una calibrazione del metodo scelto sul singolo caso studio, calibrandolo con gli opportuni fattori utili alla riduzione delle incertezze.

La costruzione della matrice delle priorità basata anche su fattori intangibili quali social e cultural value consente di spostare l'attenzione non solo sulla vulnerabilità fisica del centro ma anche sull'aspetto sociale e storico, definendo possibili «azioni di resilienza»

sia in fase di prevenzione che in fase di ricostruzione, consentendone l'applicazione attraverso gli strumenti urbanistici esistenti.

I database, infine, permettono di avere un'importante quantità di dati, possibilmente fruibili a tutta la comunità e in grado, se ben strutturati, di sensibilizzare anche i non addetti ai lavori su debolezze e punti di forza del proprio patrimonio storico.

8.3 Prospettive future

Diverse aree richiedono ulteriori riflessioni. In primo luogo, sarebbe opportuno condurre ulteriori ricerche per valutare e monitorare l'esposizione umana nei centri storici prestando attenzione non solo agli abitanti ma anche alla valutazione degli effetti del turismo stagionale, dei picchi di flusso e del numero di seconde residenze sulla gestione e mitigazione del rischio. Una soluzione a queste domande aperte richiede l'affinamento dei dati secondari riguardanti la popolazione, la distribuzione demografica e i flussi turistici. Questo compito può essere raggiunto con l'aiuto dei governi locali e delle parti interessate, in particolare quelli che operano nel settore turistico. Inoltre, dovrebbe essere data enfasi allo sviluppo di adeguate campagne di sensibilizzazione sul rischio sismico e sui Piani di Emergenza Comunali al fine di orientare l'evacuazione umana durante la fase di risposta.

In secondo luogo, occorre chiarire il ruolo delle amministrazioni nella pianificazione del DRR e creare un quadro nazionale operativo gestionale e strategico condiviso. Questo compito può riguardare aree urbanizzate più ampie, ma dovrebbe essere specificamente rivolto ai centri storici riconoscendo le loro peculiari condizioni di vulnerabilità ed esposizione che sono state evidenziate da ricerche passate, come presentato in questa tesi. Studi specifici in ambito giuridico possono approfondire gli aspetti legislativi alla base della necessità di rafforzare la cooperazione tra gli organi istituzionali per il Disaster Risk Management. Il framework qui descritto può essere un ottimo supporto da inserire in strumenti operativi già esistenti come CLE e SUM se letti ed usati in ottica preventiva. Infine, il passo più importante sarebbe quello di scegliere e calibrare la singola metodologia per l'individuazione delle vulnerabilità sul singolo comune per eseguire analisi speditive del danno atteso, prevedendo così gli impatti nel singolo centro storico e indagando i benefici delle azioni di mitigazione e degli interventi preventivi da attuare attraverso specifici strumenti di pianificazione comunale. Quest'ultimo consentirebbe di superare gli attuali inconvenienti legati alla realizzazione di interventi sulle singole unità che, seppur positivi, non garantiscono la messa in sicurezza e la conservazione dei quartieri storici e loro estensione.

Bibliografia generale

Australia ICOMOS, 2000. Burra Charter: The Australia ICOMOS Charter for Places of Cultural Significance, in: Smith, C. (Ed.), *Encyclopedia of Global Archaeology*. Springer New York, New York, NY, pp. 1078–1082. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-0465-2_1046

ANCSA, 1971. Per una revisione critica del problema dei centri storici, in L. Seassaro (a cura di), *Atti del seminario di studio dell'ANCSA*, (Gubbio, 5-6 settembre 1970), ANCSA 1971

Baggio, C, A. Bernardini, R. Colozza, R. Corazza, M. Della Bella, G. Di Pasquale, M. Dolce, A. Goretti, A. Martinelli, G. Orsini, F. Papa and G. Zuccaro, 2007. *Field Manual for post-earthquake damage and safety assessment and short term countermeasures (AeDES)*, Ed.s Pinto AV, Taucer F, Translation from Italian: Rota, M. and A. Goretti, European Communities.

Benedetti, D., Petrini, V., 1984. Sulla Vulnerabilità Di Edifici in Muratura: Proposta Di Un Metodo Di Valutazione 149, 66–74.

Beolchini, G.C., Cifani, G., Corazza, L., Mannella, A., Martinelli, A., Milano, L., Petracca, A., Girotti, G., Cherubini, F., Lemme, A., Morisi, C., Miozzi, C., 2002. *Sisma del 1997 nella Regione Marche: repertorio dei meccanismi di danno, delle tecniche di intervento e dei relativi costi negli edifici in muratura*. Decreto del commissario delegato per gli interventi di protezione civile n. 28 del 10 aprile 2002

Bogardi, J.J., Fekete, A., 2018. Disaster-Related Resilience as Ability and Process: A Concept Guiding the Analysis of Response Behavior before, during and after Extreme Events. *AJCC* 07, 54–78. <https://doi.org/10.4236/ajcc.2018.71006>

Borri A., De Maria A. (2019). Qualità muraria secondo il metodo IQM: aggiornamento alla Circolare esplicativa n.7 del 2019, *Structural*, 222, marzo/aprile 2019 – <https://doi.org/10.12917/STRU222.07>.

Borri A., De Maria A., (2019). Qualità muraria secondo il metodo IQM: aggiornamento alla Circolare esplicativa n.7 del 2019 (*Structural* 222 – marzo/aprile 2019).

Borzi, B.; Faravelli, M.; Di Meo, A. Application of the SP-BELA methodology to RC residential buildings in Italy to produce seismic risk maps for the national risk assessment. *Bull. Earthq. Eng.* 2020.

Braga, F., Dolce, M., Liberatore, D., 1982. A statistical study on damaged buildings and an ensuing review of the MSK-76 scale - CORE. Presented at the Proc. of the 7th European Conference on Earthquake Engineering, Athens, pp. 431-450.

C.S.LL.PP.,2012. Studio propedeutico all'elaborazione di strumenti d'indirizzo per l'applicazione della normativa sismica agli insediamenti storici" Gruppo di lavoro istituito con nota del Presidente del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici n. 7547 del 6.9.2010

Calvi, G., Pinho, R., Magenes, G., Bommer, J., Restrepo-Vélez, L., Crowley, H., 2006. Development of seismic vulnerability assessment methodologies over the past 30 years. ISET Journal of Earthquake Technology 43.

Caniggia, G., 1976. Strutture dello spazio antropico: studi e note, Biblioteca di architettura: Saggi e documenti. UNIEDIT.

Carozzi, C., 1971. Centri storici: questione aperta il caso delle Marche, Temi e problemi. De Donato, Bari.

Catulo, R., Falcão, A.P., Bento, R., Ildefonso, S., 2018. Simplified evaluation of seismic vulnerability of Lisbon Heritage City Centre based on a 3DGIS-based methodology. Journal of Cultural Heritage 32, 108–116. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2017.11.014>

Chieffo, N., Formisano, A., 2019. Comparative Seismic Assessment Methods for Masonry Building Aggregates: A Case Study. Front. Built Environ. 5, 123. <https://doi.org/10.3389/fbuil.2019.00123>

Cimellaro, G.P., Reinhorn, A.M., Bruneau, M., 2010. Framework for analytical quantification of disaster resilience. Engineering Structures 32, 3639–3649. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2010.08.008>

Costanzo, A., Falcone, S., D'Alessandro, A., Vitale, G., Giovinazzi, S., Morici, M., Dall'Asta, A., Buongiorno, M.F., 2021. A Technological System for Post-Earthquake Damage Scenarios Based on the Monitoring by Means of an Urban Seismic Network. Sensors 21, 7887. <https://doi.org/10.3390/s21237887>

Cremonini, I., 1994. Rischio sismico e pianificazione nei centri storici: metodologie ed esperienze in Emilia-Romagna, INU, Istituto nazionale di urbanistica: Sez.: Emilia-Romagna. Alinea.

D'Amico, A., Currà, E., 2014. The Role of Urban Built Heritage in Qualify and Quantify Resilience. Specific Issues in Mediterranean City. Procedia Economics and Finance 18, 181–189. [https://doi.org/10.1016/S2212-5671\(14\)00929-0](https://doi.org/10.1016/S2212-5671(14)00929-0)

D'Alessio, G., 1983. I centri storici: aspetti giuridici, Territorio e casa. Giuffrè, Milano.

D'Amico, A., Currà, E., 2018. Urban resilience in the historical centres of Italian cities and towns. Strategies of preventative planning. *TECHNE - Journal of Technology for Architecture and Environment* 257-268 Pages. <https://doi.org/10.13128/TECHNE-22162>

D'Amico, A., Currà, E., 2018. Urban resilience in the historical centres of Italian cities and towns. Strategies of preventative planning. *TECHNE - Journal of Technology for Architecture and Environment* 257-268 Pages. <https://doi.org/10.13128/TECHNE-22162>

De Martino, G., Di Ludovico, M., Prota, A., Moroni, C., Manfredi, G., Dolce, M., 2017. Estimation of repair costs for RC and masonry residential buildings based on damage data collected by post-earthquake visual inspection. *Bull Earthquake Eng* 15, 1681–1706. <https://doi.org/10.1007/s10518-016-0039-9>

Dolce, M., Prota, A., Borzi, B., da Porto, F., Lagomarsino, S., Magenes, G., Moroni, C., Penna, A., Polese, M., Speranza, E., Verderame, G.M., Zuccaro, G., 2021. Seismic risk assessment of residential buildings in Italy. *Bull Earthquake Eng* 19, 2999–3032. <https://doi.org/10.1007/s10518-020-01009-5>

Dolce, M., Speranza, E., Giordano, F., Borzi, B., Bocchi, F., Conte, C., Di Meo, A., Faravelli, M., Pascale, V., 2019. Observed damage database of past Italian earthquakes: the Da.D.O. WebGIS. *BGTA*. <https://doi.org/10.4430/bgta0254>

Faccioli, E., Cauzzi, C., 2006. Macroseismic intensities for seismic scenarios estimated from instrumentally based correlations. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.3984.2641>

Ferreira, T.M.; Vicente, R.; Varum, H. Vulnerability assessment of building aggregates: Macroseismic A macroseismic approach. In *Proceedings of the 15th World Conference on Earthquake Engineering, Lisboa, Portugal, 24–28 September 2012*

Formisano, A., Landolfo, R., Mazzolani, F.M., G. Florio, 2010. A quick methodology for seismic vulnerability assessment of historical masonry aggregates. In: *COST C26 Final Conference "Urban Habitat Constructions under Catastrophic Events"*, Napoli. <https://doi.org/10.13140/2.1.1706.3686>

Galderisi, A. (Ed.), 2004. *Città e terremoti: metodi e tecniche per la mitigazione del rischio sismico*. Gangemi, Roma.

Giuffrè, A., Carocci, C., Baggio, C., Gruppo nazionale Difesa dai terremoti (Italy), Syracuse (Italy) (Eds.), 1993. *Sicurezza e conservazione dei centri storici: il caso Ortigia: codice di pratica per gli interventi antisismici nel centro storico*, 1. ed. ed, Misure. Editori Laterza, Roma.

Giuliani, F., De Falco, A., Cutini, V., 2020. The role of urban configuration during disasters. A scenario-based methodology for the post-earthquake emergency management of Italian historic centres. *Safety Science* 127, 104700. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2020.104700>

Giuliani, F., De Falco, A., Cutini, V., Di Sivo, M., 2021. A simplified methodology for risk analysis of historic centers: the world heritage site of San Gimignano, Italy. *IJDRBE* 12, 336–354. <https://doi.org/10.1108/IJDRBE-04-2020-0029>

Lagomarsino, S., Giovinazzi, S., 2006. Macro seismic and mechanical models for the vulnerability and damage assessment of current buildings. *Bull Earthquake Eng* 4, 415–443. <https://doi.org/10.1007/s10518-006-9024->

Porter, K., 2021. A Beginner's Guide to Fragility, Vulnerability, and Risk, in: Beer, M., Kougiumtzoglou, I.A., Patelli, E., Au, I.S.-K. (Eds.), *Encyclopedia of Earthquake Engineering*. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, pp. 1–29. https://doi.org/10.1007/978-3-642-36197-5_256-1

Romão, X., Paupério, E., 2021. An Indicator for Post-disaster Economic Loss Valuation of Impacts on Cultural Heritage. *International Journal of Architectural Heritage* 15, 678–697. <https://doi.org/10.1080/15583058.2019.1643948>

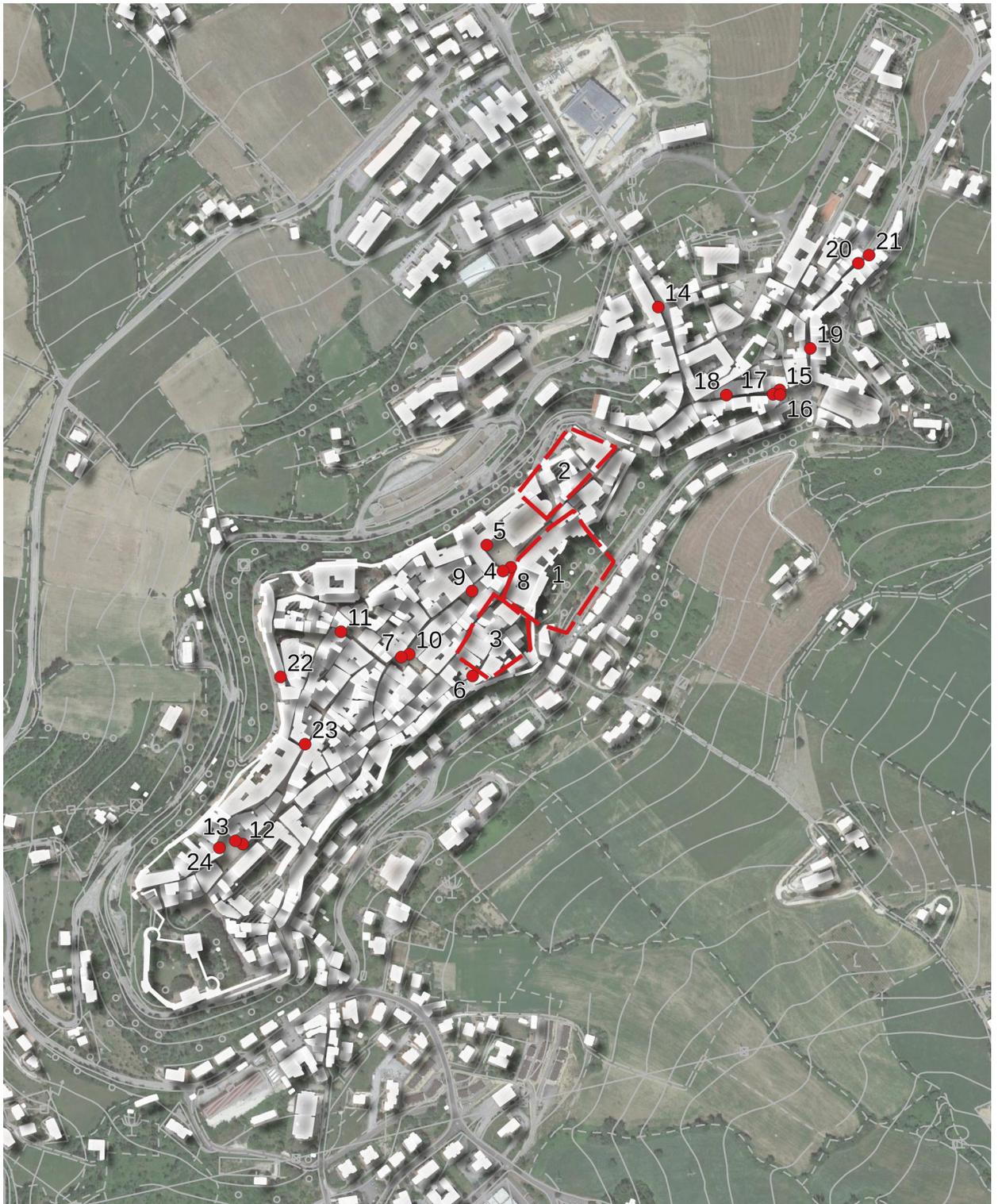
Romão, X., Paupério, E., Pereira, N., 2016. A framework for the simplified risk analysis of cultural heritage assets. *Journal of Cultural Heritage* 20, 696–708. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2016.05.007>

Romis, F., Caprili, S., Salvatore, W., Ferreira, T.M., Lourenço, P.B., 2021. An Improved Seismic Vulnerability Assessment Approach for Historical Urban Centres: The Case Study of Campi Alto di Norcia, Italy. *Applied Sciences* 11, 849. <https://doi.org/10.3390/app11020849>

Vicente, R., 2010. *Strategies and Methodologies for Urban Rehabilitation Interventions*; University of Aveiro, University Press: Aveiro, Portugal.

Appendice

241	A1	Camerino
		Documentazione Fotografica
		Schede Muratura per Indice di Qualità Muraria
269	A2	Vezzano
		Documentazione fotografica
		Schede Muratura per Indice di Qualità Muraria
277	A3	Lisbona
		Documentazione fotografica



Pianta di Camerino con punti di ripresa fotografica

A1

CAMERINO - Documentazione fotografica

1-3. Viste dall'alto della porzione nord del centro storico di Camerino.



Foto 1

4. Vista da piazza Cavour. Si nota una porzione della facciata di Palazzo Ducale in cui è presente il crollo dovuto a flessione verticale.



Foto 2

5. Piazza Cavour. Messa in sicurezza del Palazzo Arcivescovile.



Foto 3

6. Facciata di un edificio in cui è presente una estesa asola di ruderizzazione da cui si può apprezzare lo stato della muratura antica.



Foto 4

7. Piazza Garibaldi. Facciata di edificio tipico cameratese con evidenti lesioni a taglio.



Foto 5

8. Porzione di facciata di Palazzo Ducale.



Foto 6



Foto 7



Foto 8

A1

CAMERINO - Documentazione fotografica

9. Piazza Caio Mario. Messa in sicurezza su facciata tipica camerete.



Foto 9

10. Piazza Garibaldi. Tipica facciata camerete con evidenti lesioni a taglio.



Foto 10

11. Piazza Garibaldi. Facciata di edificio tipico camerete con evidenti lesioni a taglio.



Foto 11

12-13. Piazza Umberto I. Messa in sicurezza di edifici con evidenti lesioni a taglio e principio di ribaltamento composto di facciata.



Foto 12

14. Messa in sicurezza di facciata tipica camerete. Si nota un portale tipico in conci di arenaria.



Foto 13

15-16. Via Antinori. Propsetto di aggregato lineare.



Foto 14



Foto 15



Foto 16

A1

CAMERINO - Documentazione fotografica

17-18. Via Antinori. Prospetto di aggregato lineare.



Foto 17

19. Via Antinori. Prospetto di aggregato lineare. In foto si può apprezzare un tipico portale camerte in pietra arenaria.



Foto 18

20. Edificio su 2 livelli in cui si notano le stratificazioni temporali. La muratura risale all'epoca medievale.



Foto 19

21. Via Venanzi. Edilizia camerte del tessuto meno compatto del centro storico.



Foto 20

22. Crollo di porzione di edificio dovuto probabilmente alla scarsa qualità muraria.



Foto 21

23. Vista su piazza Umberto I

24. Messa in sicurezza di edificio su via Lili in cui è possibile apprezzare la varietà di tipologia muraria già nella sola facciata.



Foto 22



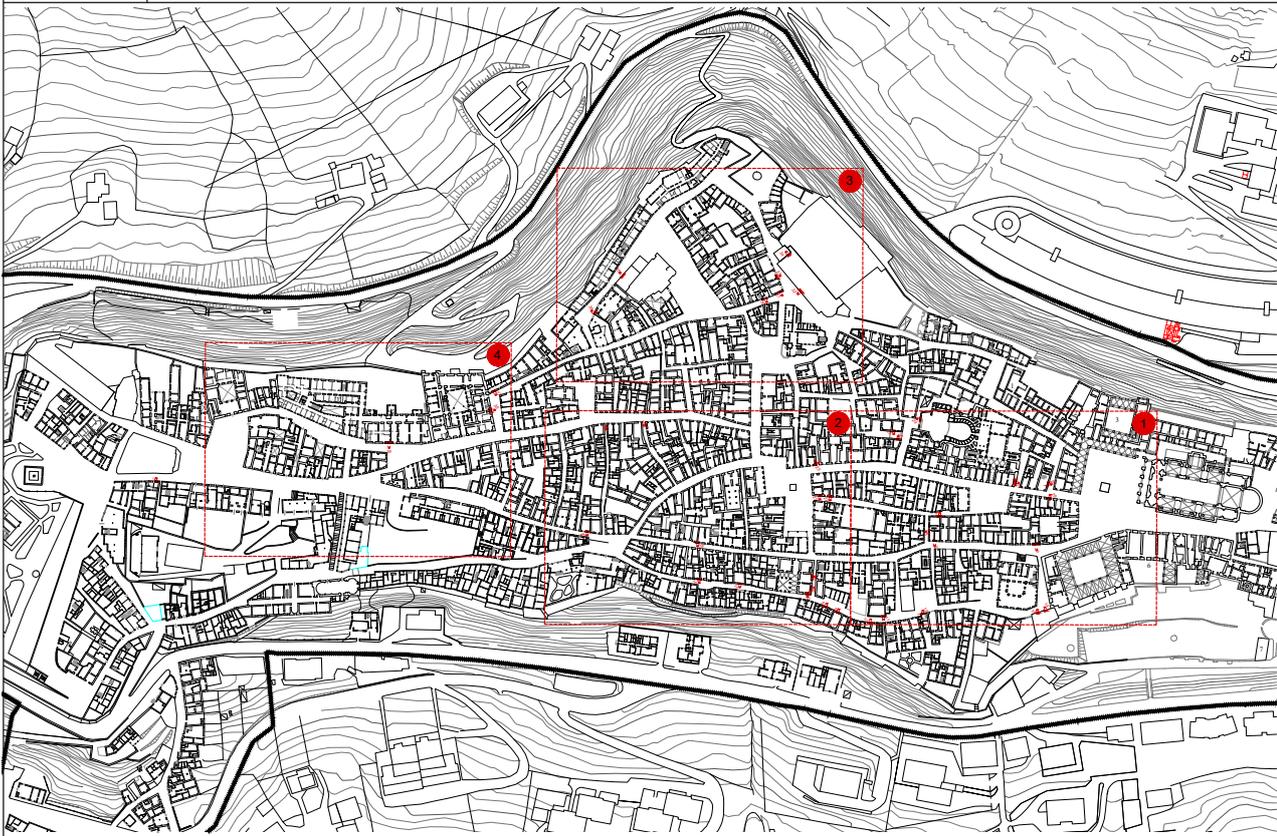
Foto 23



Foto 24

A1

CAMERINO - Schede Muratura



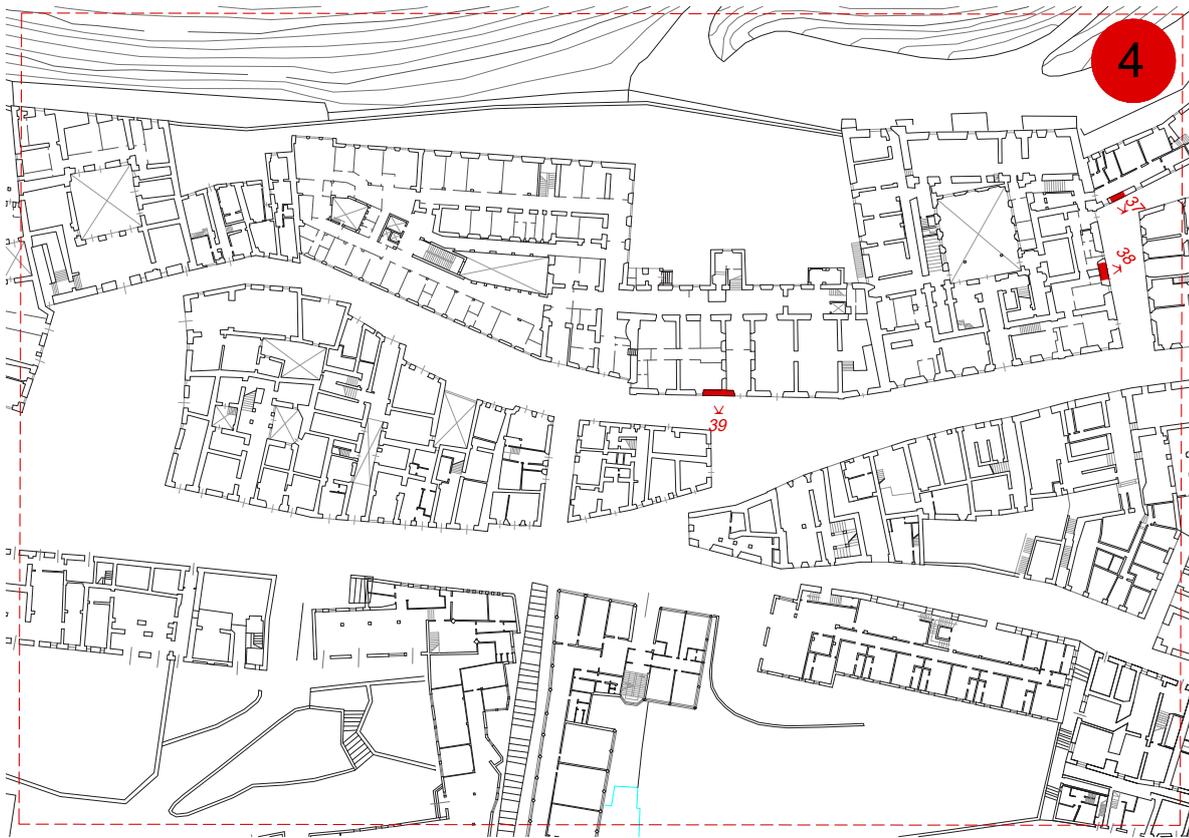
A1

CAMERINO - Schede Muratura

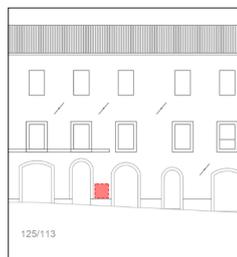
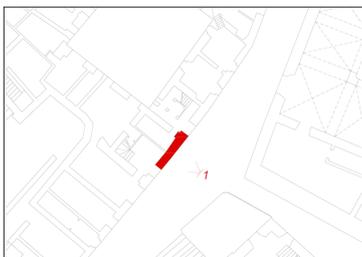
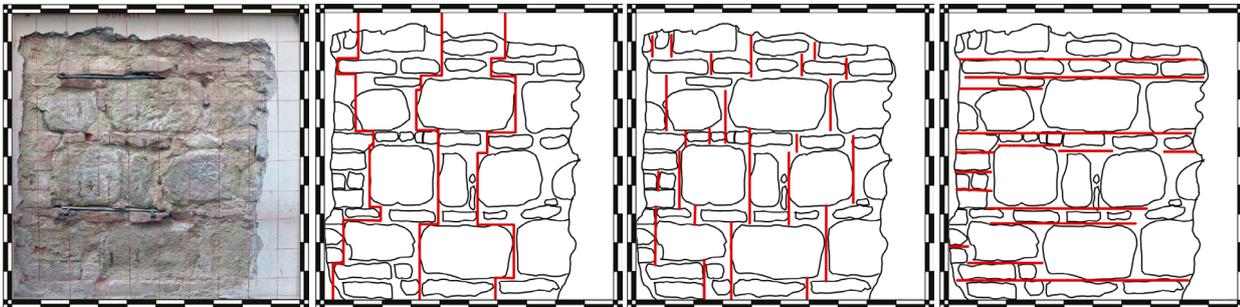


A1

CAMERINO - Schede Muratura



CAMPIONE N° 1



TIPOLOGIA MURATURA

Muratura in blocchi di pietra arenaria e listatura in laterizio.

PERIODO STORICO

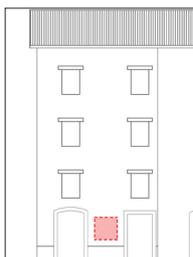
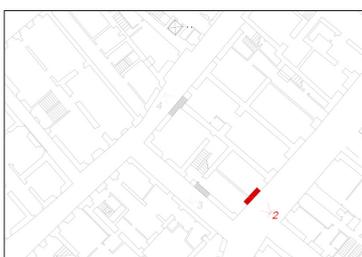
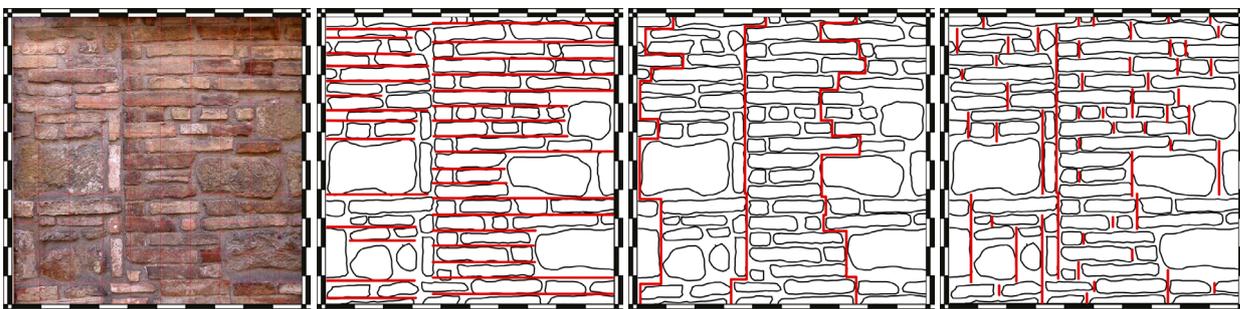
XVI - XVII secolo

PARAMETRO	AZIONI VERTICALI	AZIONI ORTOGONALI	AZIONI COMPLANARI
INDICE DI QUALITÀ	3,50	3,50	3,50
CATEGORIA	B	C	B

A1

CAMERINO - Schede Muratura

CAMPIONE N° 2



TIPOLOGIA MURATURA

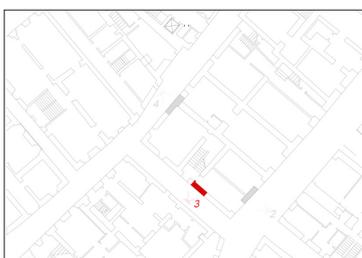
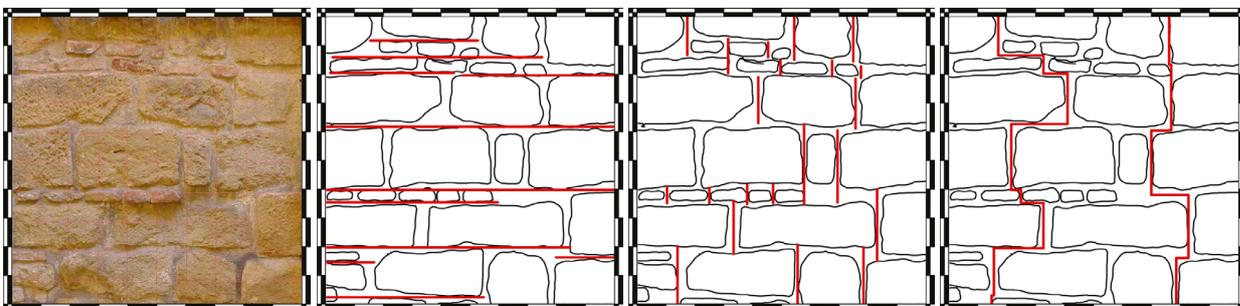
Muratura mista in laterizio e blocchi di pietra arenaria.

PERIODO STORICO

XVI - XVII secolo

PARAMETRO	AZIONI VERTICALI	AZIONI ORTOGONALI	AZIONI COMPLANARI
INDICE DI QUALITÀ	8,00	6,50	7,00
CATEGORIA	A	B	A

CAMPIONE N° 3



TIPOLOGIA MURATURA

Muratura in blocchi di pietra arenaria talvolta con presenza di laterizi e zeppe.

PERIODO STORICO

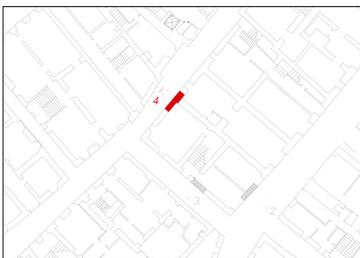
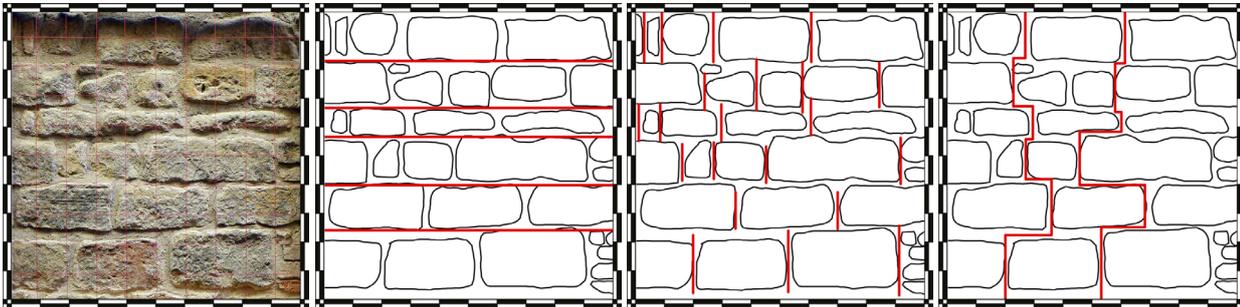
XVI - XVII secolo

PARAMETRO	AZIONI VERTICALI	AZIONI ORTOGONALI	AZIONI COMPLANARI
INDICE DI QUALITÀ	8,00	6,50	7,00
CATEGORIA	A	B	A

A1

CAMERINO - Schede Muratura

CAMPIONE N° 4



TIPOLOGIA MURATURA

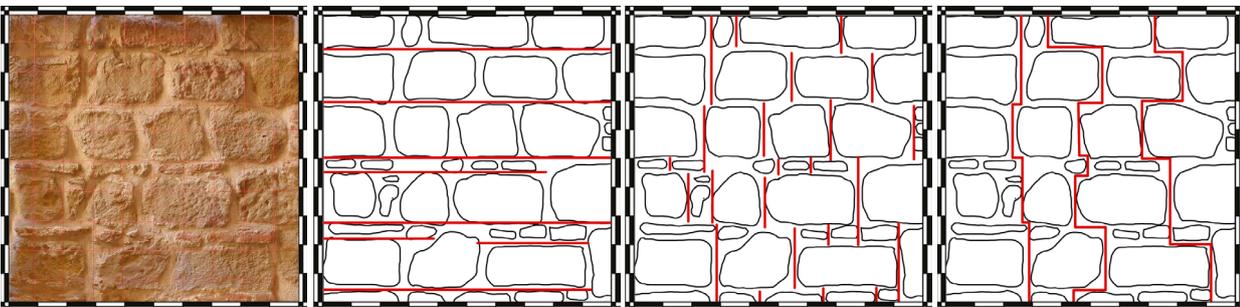
Muratura in blocchi di pietra arenaria talvolta con presenza di laterizi e zeppe.

PERIODO STORICO

XVI - XVII secolo

PARAMETRO	AZIONI VERTICALI	AZIONI ORTOGONALI	AZIONI COMPLANARI
INDICE DI QUALITÀ	8,00	6,50	7,00
CATEGORIA	A	B	A

CAMPIONE N° 5



TIPOLOGIA MURATURA

Muratura in blocchi di pietra arenaria talvolta con presenza di laterizi e zeppe.

PERIODO STORICO

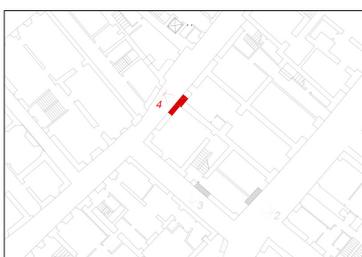
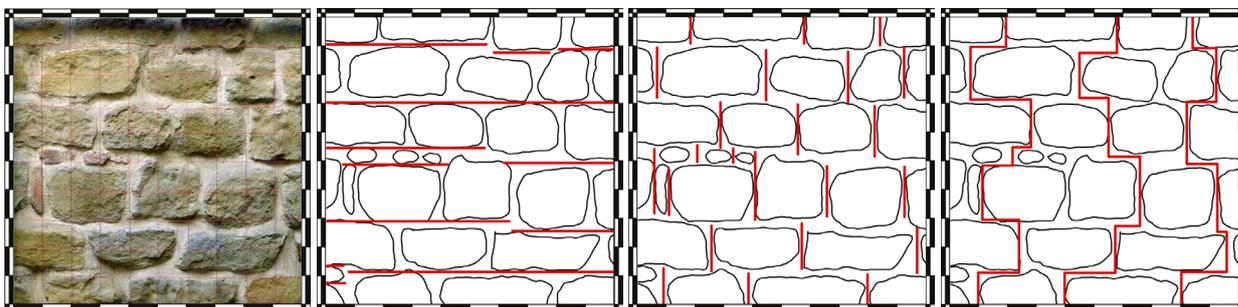
XVI-XVII secolo

PARAMETRO	AZIONI VERTICALI	AZIONI ORTOGONALI	AZIONI COMPLANARI
INDICE DI QUALITÀ	8,00	6,50	7,00
CATEGORIA	A	B	A

A1

CAMERINO - Schede Muratura

CAMPIONE N° 6



TIPOLOGIA MURATURA

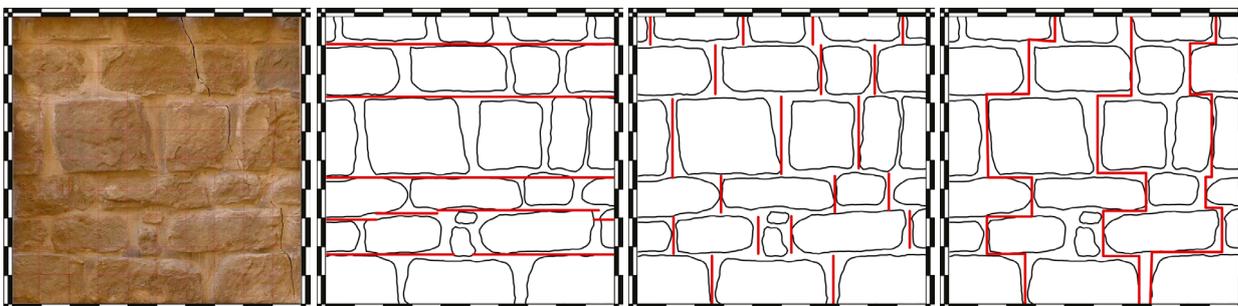
Muratura in blocchi di pietra arenaria talvolta con presenza di laterizi e zeppe.

PERIODO STORICO

XVI-XVII secolo

PARAMETRO	AZIONI VERTICALI	AZIONI ORTOGONALI	AZIONI COMPLANARI
INDICE DI QUALITÀ	5,60	4,55	4,90
CATEGORIA	A	B	B

CAMPIONE N° 7



TIPOLOGIA MURATURA

Muratura in blocchi di pietra arenaria talvolta con presenza di laterizi e zeppe.

PERIODO STORICO

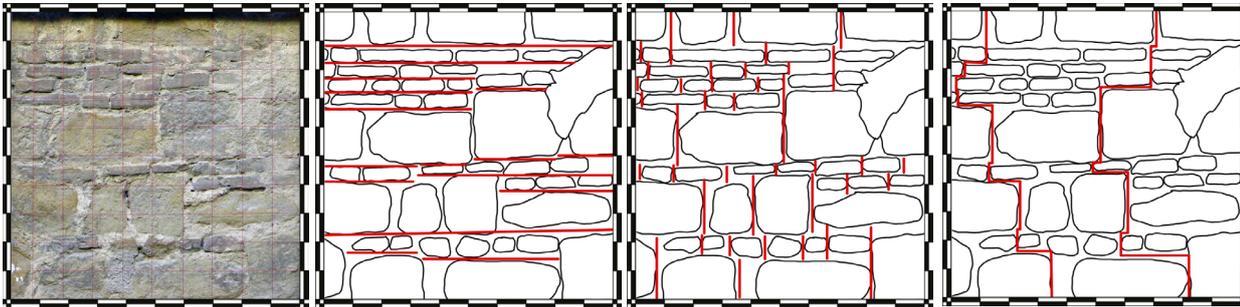
XVI-XVII secolo

PARAMETRO	AZIONI VERTICALI	AZIONI ORTOGONALI	AZIONI COMPLANARI
INDICE DI QUALITÀ	7,50	6,50	6,50
CATEGORIA	A	B	A

A1

CAMERINO - Schede Muratura

CAMPIONE N° 8

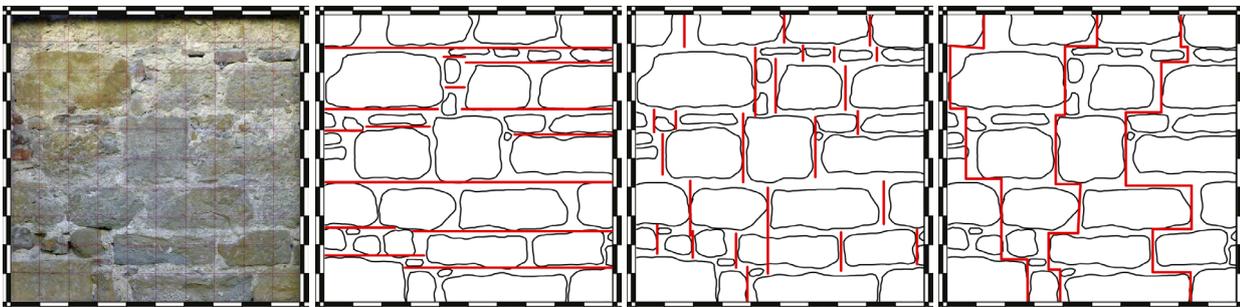


TIPOLOGIA MURATURA
Muratura mista in laterizio e blocchi di pietra arenaria.

PERIODO STORICO
XVII - XVIII secolo

PARAMETRO	AZIONI VERTICALI	AZIONI ORTOGONALI	AZIONI COMPLANARI
INDICE DI QUALITÀ	1,75	2,10	2,45
CATEGORIA	C	C	C

CAMPIONE N° 9



TIPOLOGIA MURATURA
Muratura in blocchi di pietra arenaria talvolta con presenza di laterizi e zeppe.

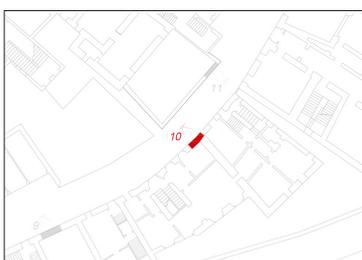
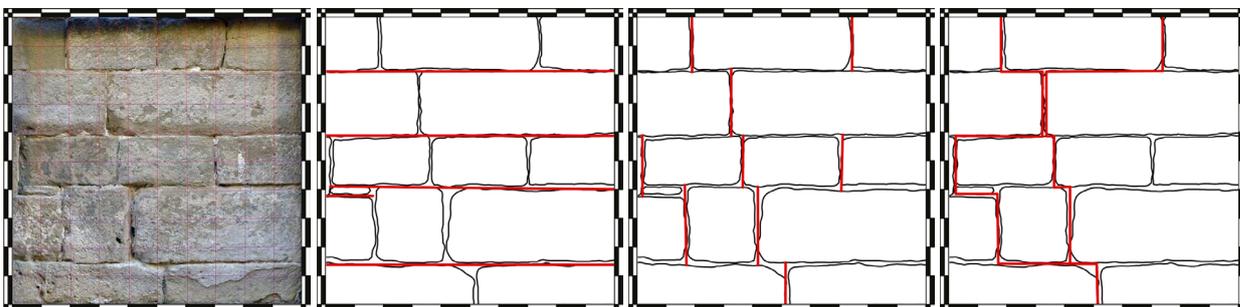
PERIODO STORICO
XVII - XVIII secolo

PARAMETRO	AZIONI VERTICALI	AZIONI ORTOGONALI	AZIONI COMPLANARI
INDICE DI QUALITÀ	2,45	2,80	2,80
CATEGORIA	C	C	C

A1

CAMERINO - Schede Muratura

CAMPIONE N° 10



TIPOLOGIA MURATURA

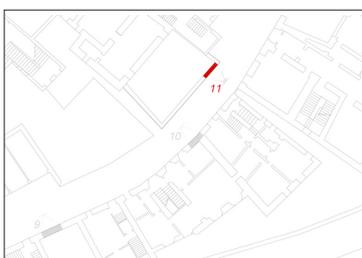
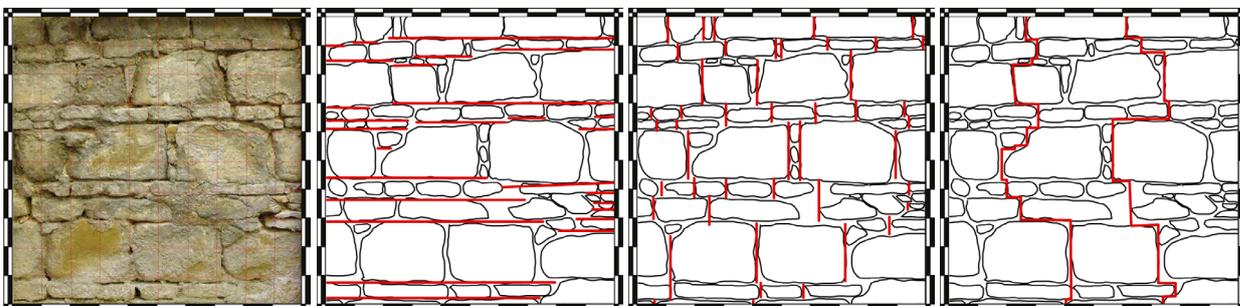
Muratura in blocchi squadrati di pietra arenaria.

PERIODO STORICO

XIII - XIV secolo

PARAMETRO	AZIONI VERTICALI	AZIONI ORTOGONALI	AZIONI COMPLANARI
INDICE DI QUALITÀ	10,00	8,50	9,00
CATEGORIA	A	A	A

CAMPIONE N° 11



TIPOLOGIA MURATURA

Muratura in pietra arenaria con orizzontamenti e/o listature formati da blocchi di pietra di dimensione inferiore.

PERIODO STORICO

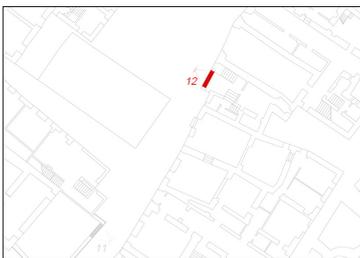
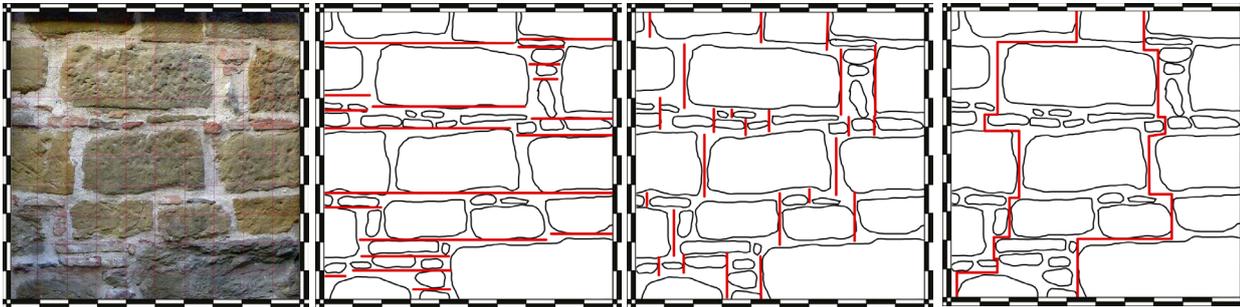
XVII - XVIII secolo

PARAMETRO	AZIONI VERTICALI	AZIONI ORTOGONALI	AZIONI COMPLANARI
INDICE DI QUALITÀ	3,50	3,50	3,50
CATEGORIA	B	C	B

A1

CAMERINO - Schede Muratura

CAMPIONE N° 12



TIPOLOGIA MURATURA

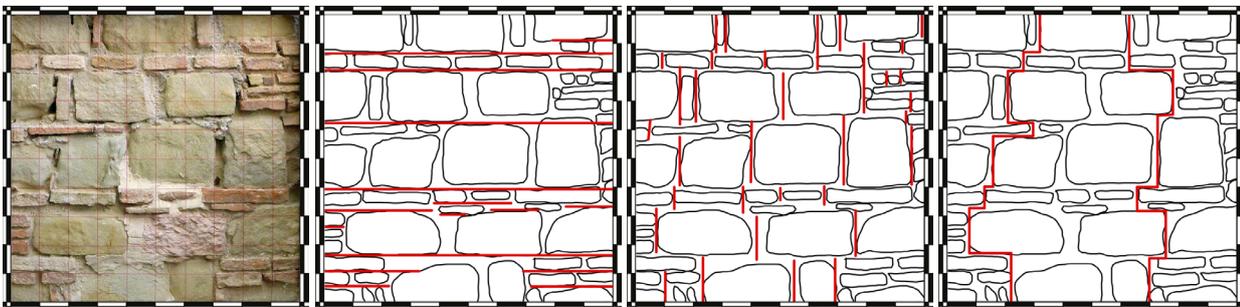
Muratura mista in laterizio e blocchi di pietra arenaria.

PERIODO STORICO

XVII - XVIII secolo

PARAMETRO	AZIONI VERTICALI	AZIONI ORTOGONALI	AZIONI COMPLANARI
INDICE DI QUALITÀ	2,80	3,15	3,15
CATEGORIA	B	C	B

CAMPIONE N° 13



TIPOLOGIA MURATURA

Muratura in blocchi di pietra arenaria talvolta con presenza di laterizi e zeppe.

PERIODO STORICO

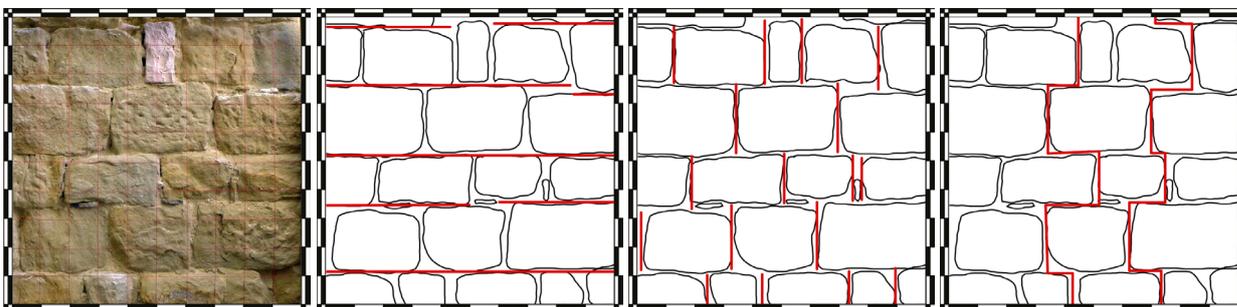
XVII - XVIII secolo

PARAMETRO	AZIONI VERTICALI	AZIONI ORTOGONALI	AZIONI COMPLANARI
INDICE DI QUALITÀ	3,50	3,50	3,50
CATEGORIA	B	C	B

A1

CAMERINO - Schede Muratura

CAMPIONE N° 14



TIPOLOGIA MURATURA

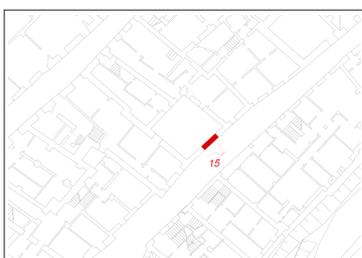
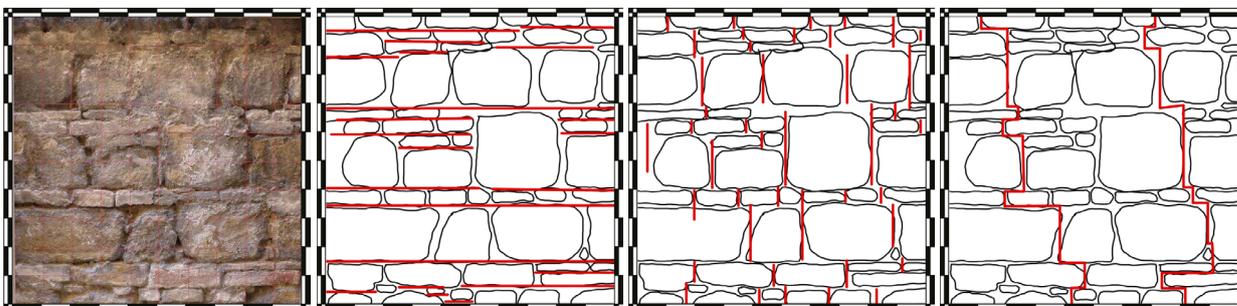
Muratura in blocchi squadrati di pietra arenaria.

PERIODO STORICO

XIII - XIV secolo

PARAMETRO	AZIONI VERTICALI	AZIONI ORTOGONALI	AZIONI COMPLANARI
INDICE DI QUALITÀ	4,20	4,20	3,85
CATEGORIA	B	B	B

CAMPIONE N° 15



TIPOLOGIA MURATURA

Muratura in pietra arenaria con orizzontamenti e/o listature formati da blocchi di pietra di dimensione inferiore.

PERIODO STORICO

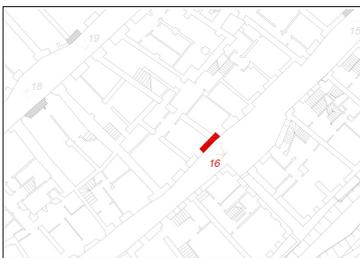
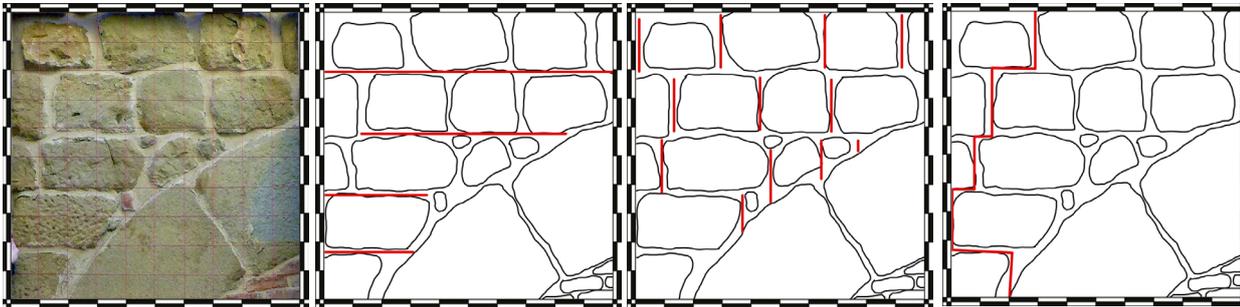
XVII - XVIII secolo

PARAMETRO	AZIONI VERTICALI	AZIONI ORTOGONALI	AZIONI COMPLANARI
INDICE DI QUALITÀ	3,50	3,50	3,50
CATEGORIA	B	C	B

A1

CAMERINO - Schede Muratura

CAMPIONE N° 16



TIPOLOGIA MURATURA

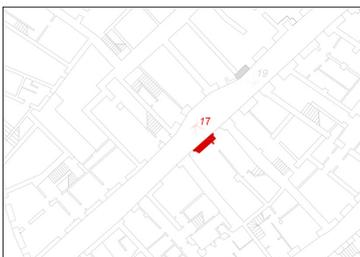
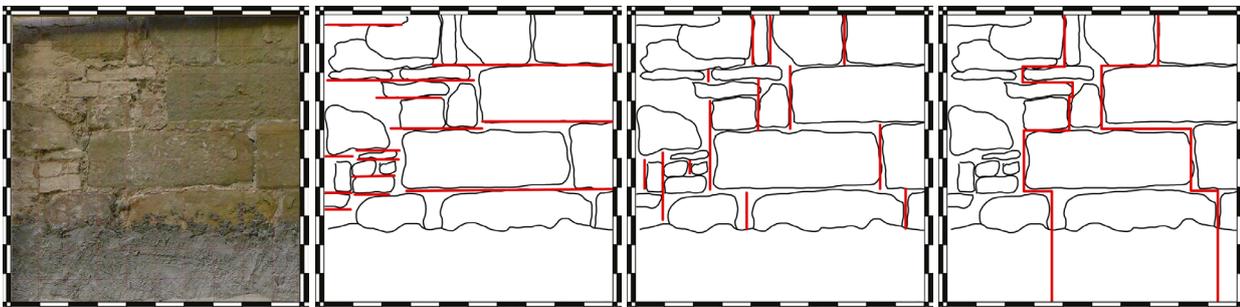
Muratura in blocchi di pietra arenaria talvolta con presenza di laterizi e zeppe.

PERIODO STORICO

XVI-XVII secolo

PARAMETRO	AZIONI VERTICALI	AZIONI ORTOGONALI	AZIONI COMPLANARI
INDICE DI QUALITÀ	8,00	6,50	7,00
CATEGORIA	A	B	A

CAMPIONE N° 17



TIPOLOGIA MURATURA

Muratura in blocchi di pietra arenaria talvolta con presenza di laterizi e zeppe.

PERIODO STORICO

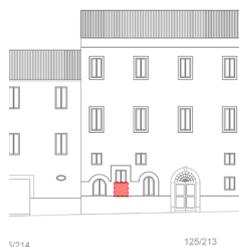
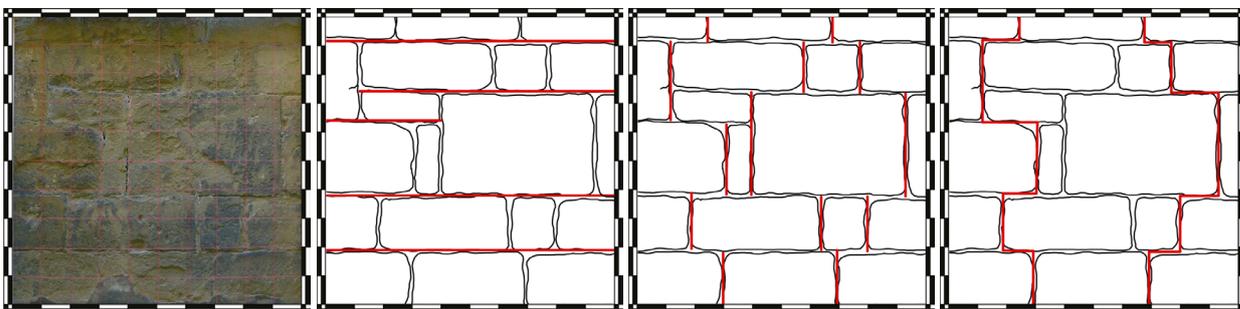
XVI-XVII secolo

PARAMETRO	AZIONI VERTICALI	AZIONI ORTOGONALI	AZIONI COMPLANARI
INDICE DI QUALITÀ	3,85	3,85	3,85
CATEGORIA	B	C	B

A1

CAMERINO - Schede Muratura

CAMPIONE N° 18



TIPOLOGIA MURATURA

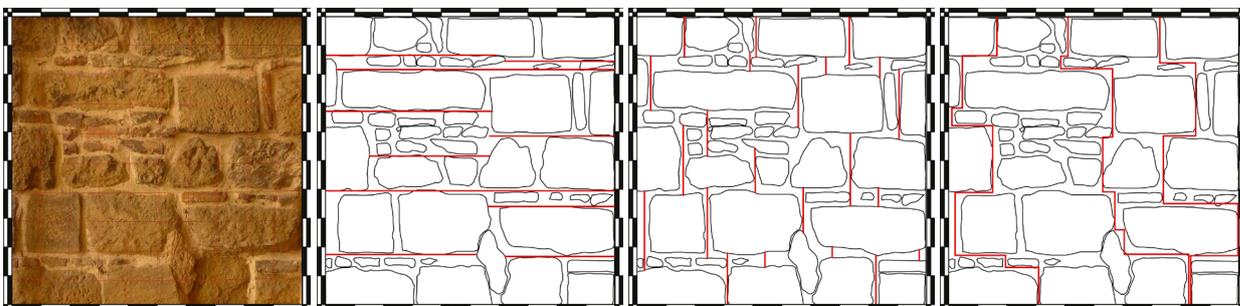
Muratura in blocchi squadrati di pietra arenaria.

PERIODO STORICO

XVI-XVII secolo

PARAMETRO	AZIONI VERTICALI	AZIONI ORTOGONALI	AZIONI COMPLANARI
INDICE DI QUALITÀ	10,00	8,50	9,00
CATEGORIA	A	A	A

CAMPIONE N° 19



TIPOLOGIA MURATURA

Muratura in blocchi di pietra arenaria talvolta con presenza di laterizi e zeppe

PERIODO STORICO

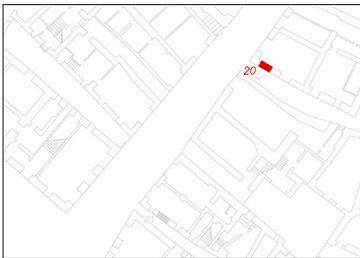
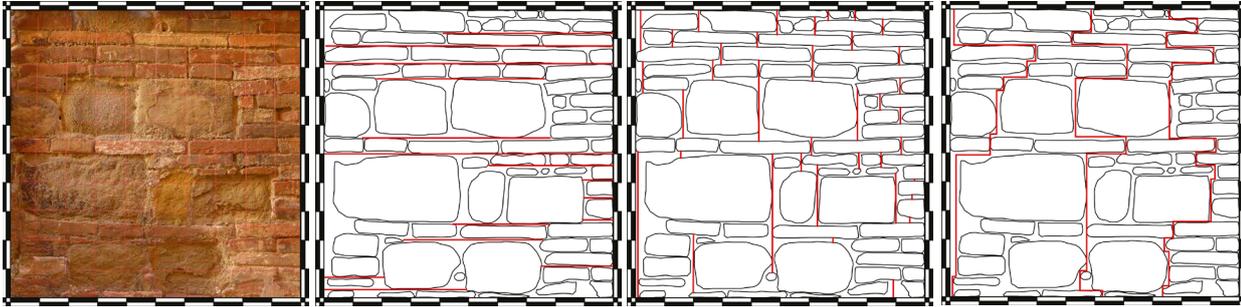
XIII-XIV secolo

PARAMETRO	AZIONI VERTICALI	AZIONI ORTOGONALI	AZIONI COMPLANARI
INDICE DI QUALITÀ	3,50	3,50	3,50
CATEGORIA	B	C	B

A1

CAMERINO - Schede Muratura

CAMPIONE N° 20



TIPOLOGIA MURATURA

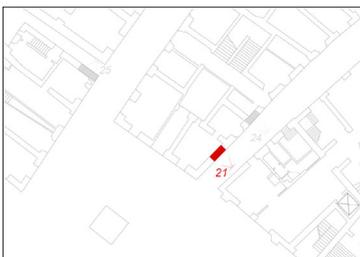
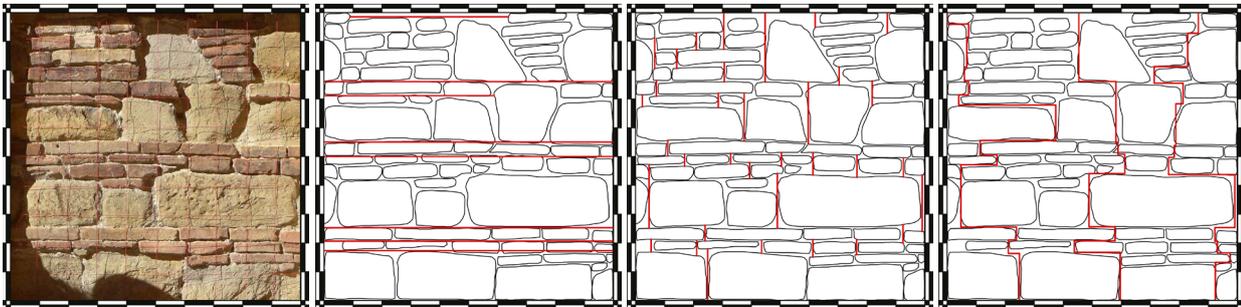
Muratura mista in laterizio e blocchi di pietra arenaria.

PERIODO STORICO

XIII-XIV secolo

PARAMETRO	AZIONI VERTICALI	AZIONI ORTOGONALI	AZIONI COMPLANARI
INDICE DI QUALITÀ	3,50	3,50	3,50
CATEGORIA	B	C	B

CAMPIONE N° 21



TIPOLOGIA MURATURA

Muratura mista in laterizio e blocchi di pietra arenaria.

PERIODO STORICO

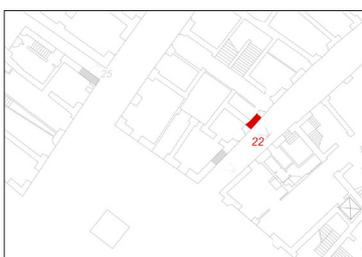
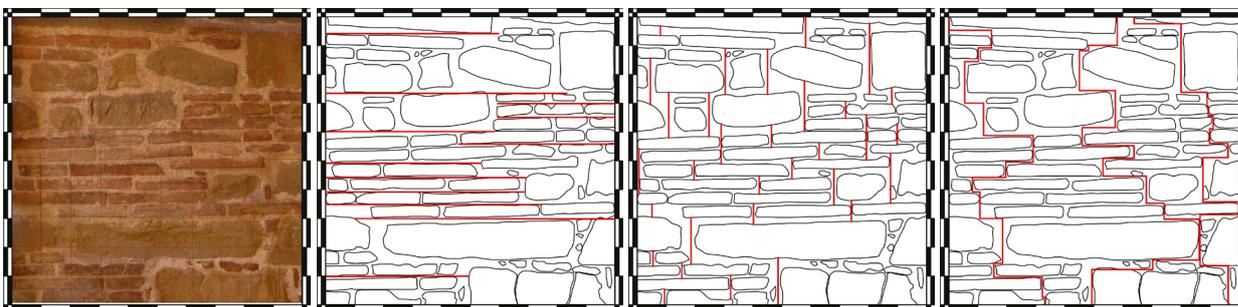
XVI-XVII secolo

PARAMETRO	AZIONI VERTICALI	AZIONI ORTOGONALI	AZIONI COMPLANARI
INDICE DI QUALITÀ	3,50	3,50	3,50
CATEGORIA	B	C	B

A1

CAMERINO - Schede Muratura

CAMPIONE N° 22



TIPOLOGIA MURATURA

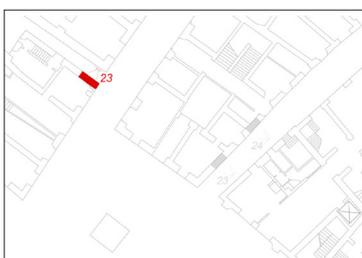
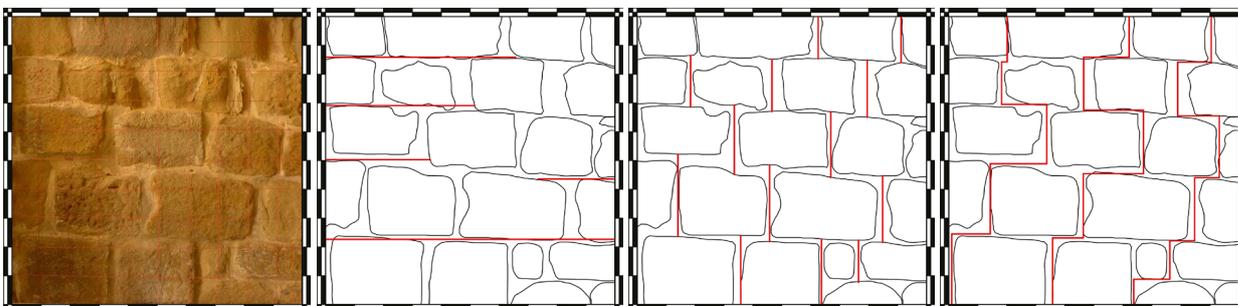
Muratura mista in laterizio e blocchi di pietra arenaria.

PERIODO STORICO

XVI-XVII secolo

PARAMETRO	AZIONI VERTICALI	AZIONI ORTOGONALI	AZIONI COMPLANARI
INDICE DI QUALITÀ	3,50	3,50	3,50
CATEGORIA	B	C	B

CAMPIONE N° 23



TIPOLOGIA MURATURA

Muratura in blocchi di pietra arenaria.

PERIODO STORICO

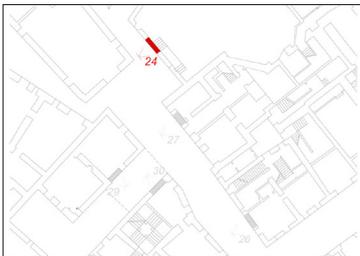
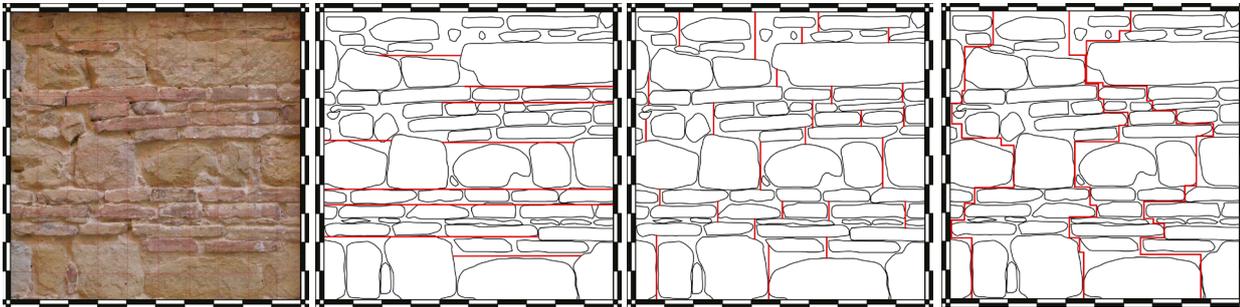
XVI-XVII secolo

PARAMETRO	AZIONI VERTICALI	AZIONI ORTOGONALI	AZIONI COMPLANARI
INDICE DI QUALITÀ	3,50	3,50	3,50
CATEGORIA	B	C	B

A1

CAMERINO - Schede Muratura

CAMPIONE N° 24



TIPOLOGIA MURATURA

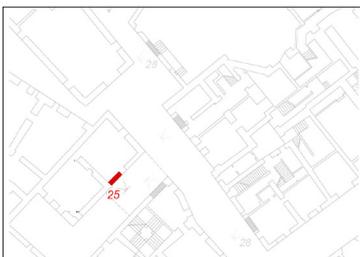
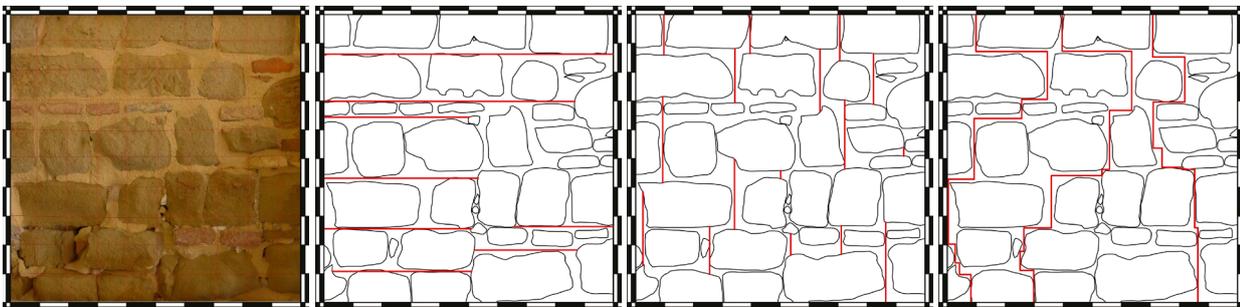
Muratura mista in laterizio e blocchi di pietra arenaria..

PERIODO STORICO

XIX secolo

PARAMETRO	AZIONI VERTICALI	AZIONI ORTOGONALI	AZIONI COMPLANARI
INDICE DI QUALITÀ	3,50	3,50	3,50
CATEGORIA	B	C	B

CAMPIONE N° 25



TIPOLOGIA MURATURA

Muratura in blocchi di pietra arenaria talvolta con presenza di laterizi (orizzontamenti/listature) e zeppe.

PERIODO STORICO

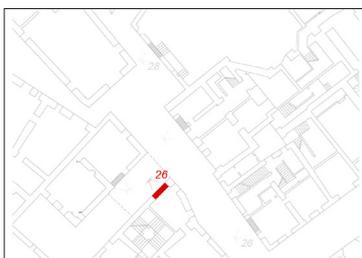
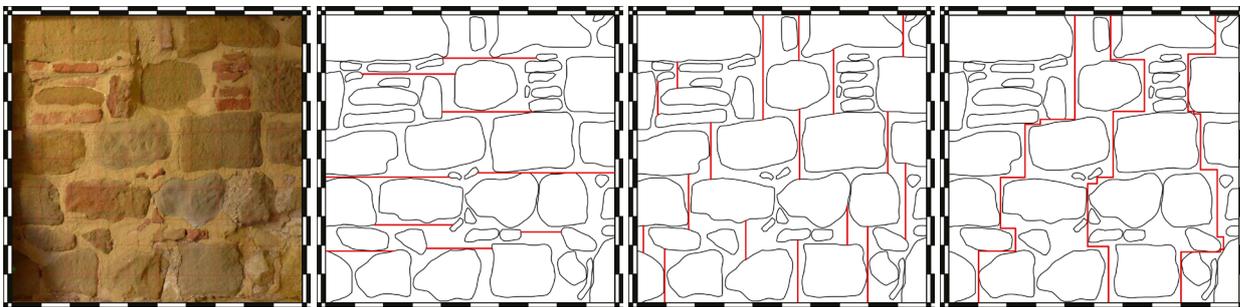
XV-XVI secolo

PARAMETRO	AZIONI VERTICALI	AZIONI ORTOGONALI	AZIONI COMPLANARI
INDICE DI QUALITÀ	3,50	3,50	3,50
CATEGORIA	B	C	B

A1

CAMERINO - Schede Muratura

CAMPIONE N° 26



TIPOLOGIA MURATURA

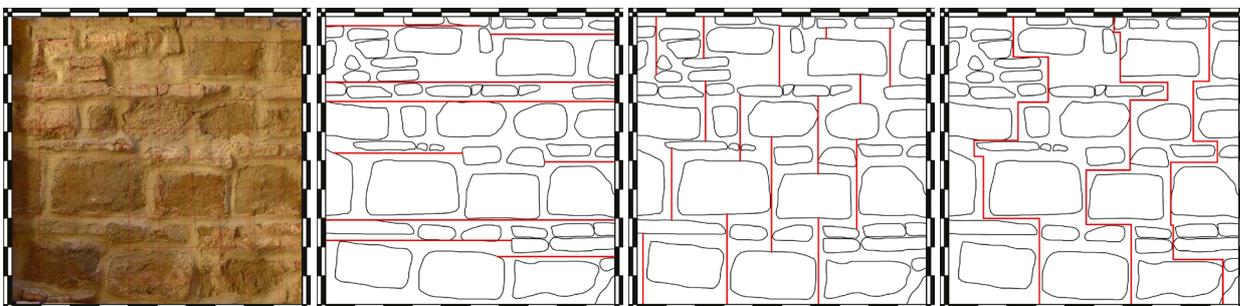
Muratura in blocchi di pietra arenaria talvolta con presenza di laterizi (orizzontamenti/listature) e zeppe.

PERIODO STORICO

XV-XVI secolo

PARAMETRO	AZIONI VERTICALI	AZIONI ORTOGONALI	AZIONI COMPLANARI
INDICE DI QUALITÀ	2,80	2,45	2,80
CATEGORIA	B	C	C

CAMPIONE N° 27



TIPOLOGIA MURATURA

Muratura in blocchi di pietra arenaria talvolta con presenza di laterizi e zeppe.

PERIODO STORICO

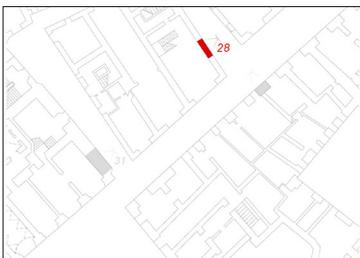
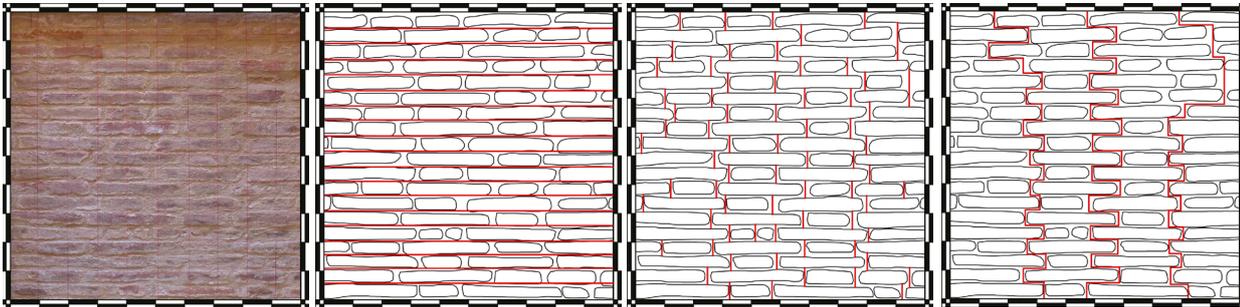
XIII-XIV secolo

PARAMETRO	AZIONI VERTICALI	AZIONI ORTOGONALI	AZIONI COMPLANARI
INDICE DI QUALITÀ	3,50	3,50	3,50
CATEGORIA	B	C	B

A1

CAMERINO - Schede Muratura

CAMPIONE N° 28



TIPOLOGIA MURATURA

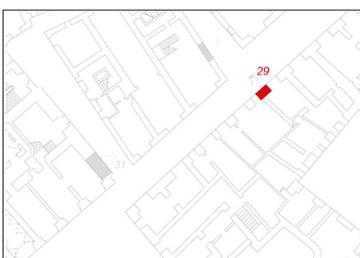
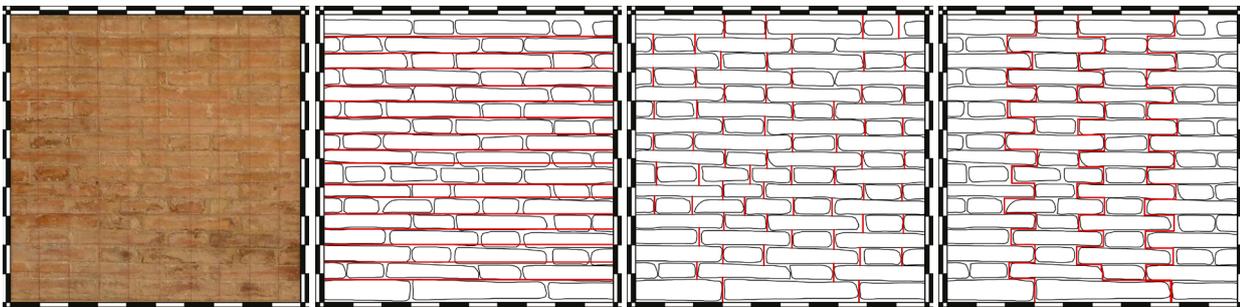
Muratura in laterizio ad una testa, posta a rivestimento di muratura probabilmente in pietra.

PERIODO STORICO

Non databile

PARAMETRO	AZIONI VERTICALI	AZIONI ORTOGONALI	AZIONI COMPLANARI
INDICE DI QUALITÀ	8,50	9,50	9,00
CATEGORIA	A	A	A

CAMPIONE N° 29



TIPOLOGIA MURATURA

Muratura in laterizio ad una testa, posta a rivestimento di muratura probabilmente in pietra.

PERIODO STORICO

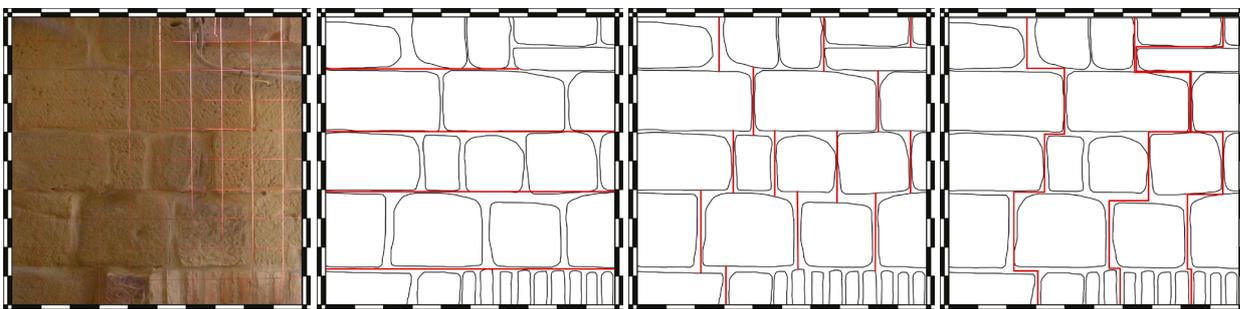
Non databile

PARAMETRO	AZIONI VERTICALI	AZIONI ORTOGONALI	AZIONI COMPLANARI
INDICE DI QUALITÀ	10,00	10,00	10,00
CATEGORIA	A	A	A

A1

CAMERINO - Schede Muratura

CAMPIONE N° 30



TIPOLOGIA MURATURA

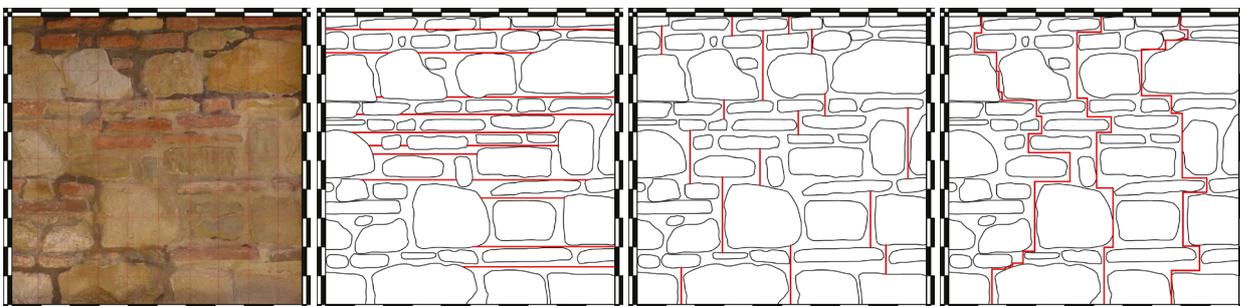
Muratura in blocchi squadrati di pietra arenaria.

PERIODO STORICO

XIV-XV secolo

PARAMETRO	AZIONI VERTICALI	AZIONI ORTOGONALI	AZIONI COMPLANARI
INDICE DI QUALITÀ	3,50	3,50	3,50
CATEGORIA	B	C	B

CAMPIONE N° 31



TIPOLOGIA MURATURA

Muratura mista in laterizio e blocchi di pietra arenaria.

PERIODO STORICO

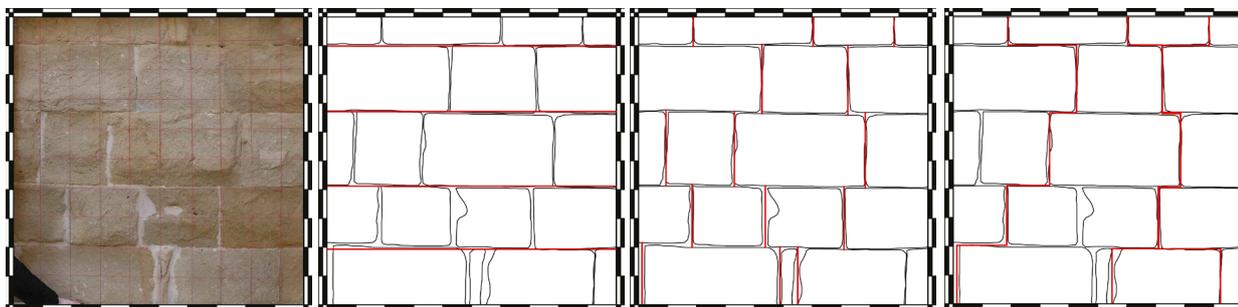
XIV-XV secolo

PARAMETRO	AZIONI VERTICALI	AZIONI ORTOGONALI	AZIONI COMPLANARI
INDICE DI QUALITÀ	3,50	3,50	3,50
CATEGORIA	B	C	B

A1

CAMERINO - Schede Muratura

CAMPIONE N° 32

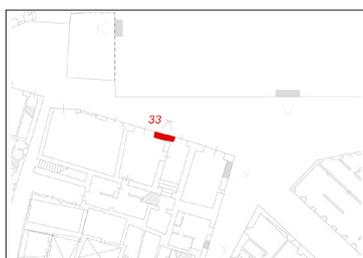
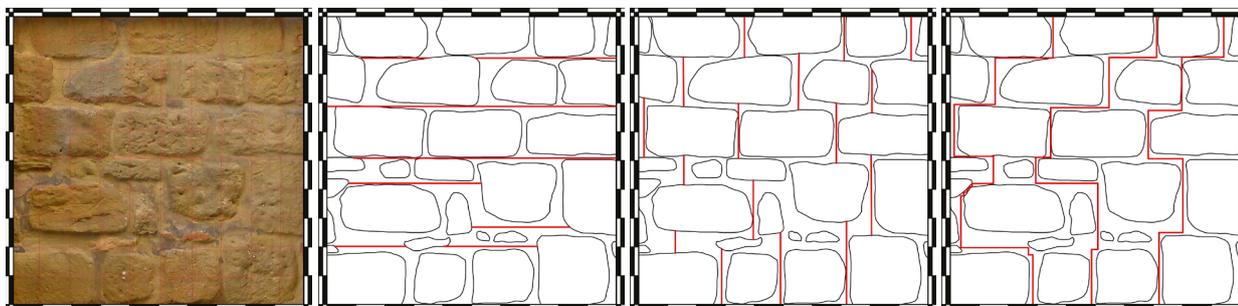


TIPOLOGIA MURATURA
Muratura in blocchi squadrati di pietra arenaria.

PERIODO STORICO
XII-XIII secolo

PARAMETRO	AZIONI VERTICALI	AZIONI ORTOGONALI	AZIONI COMPLANARI
INDICE DI QUALITÀ	5,95	5,60	5,60
CATEGORIA	A	B	A

CAMPIONE N° 33



TIPOLOGIA MURATURA
Muratura in blocchi di pietra arenaria talvolta con presenza di laterizi e zeppe.

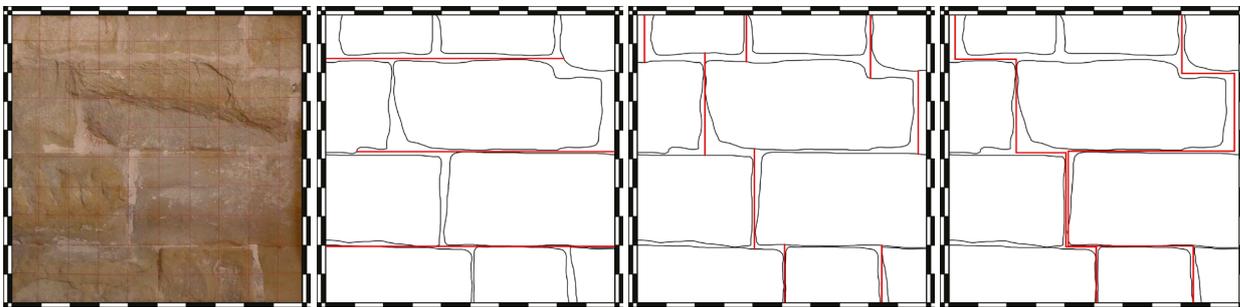
PERIODO STORICO
XIV-XV secolo

PARAMETRO	AZIONI VERTICALI	AZIONI ORTOGONALI	AZIONI COMPLANARI
INDICE DI QUALITÀ	3,50	3,50	3,50
CATEGORIA	B	C	B

A1

CAMERINO - Schede Muratura

CAMPIONE N° 34



TIPOLOGIA MURATURA

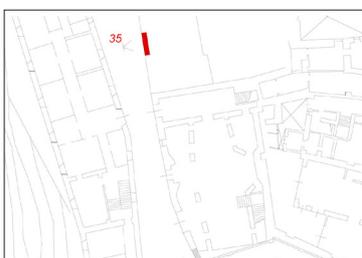
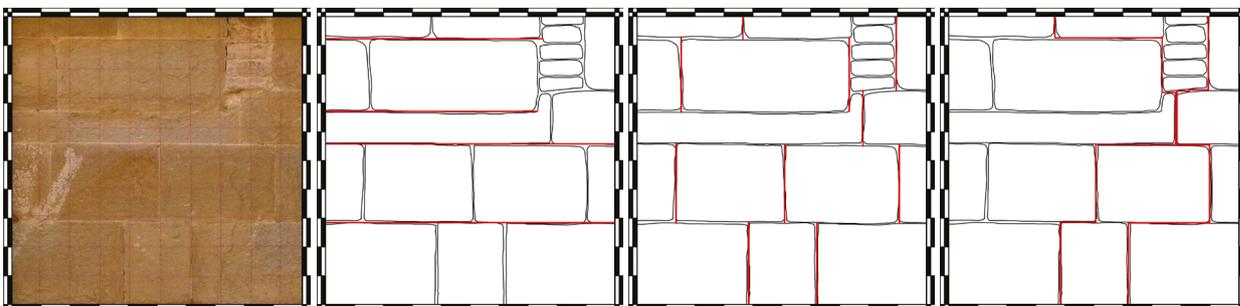
Muratura in blocchi squadrati di pietra arenaria.

PERIODO STORICO

XII-XIII secolo

PARAMETRO	AZIONI VERTICALI	AZIONI ORTOGONALI	AZIONI COMPLANARI
INDICE DI QUALITÀ	7,50	6,50	7,00
CATEGORIA	A	B	A

CAMPIONE N° 35



TIPOLOGIA MURATURA

Muratura in blocchi squadrati di pietra arenaria.

PERIODO STORICO

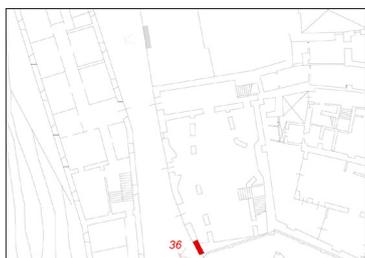
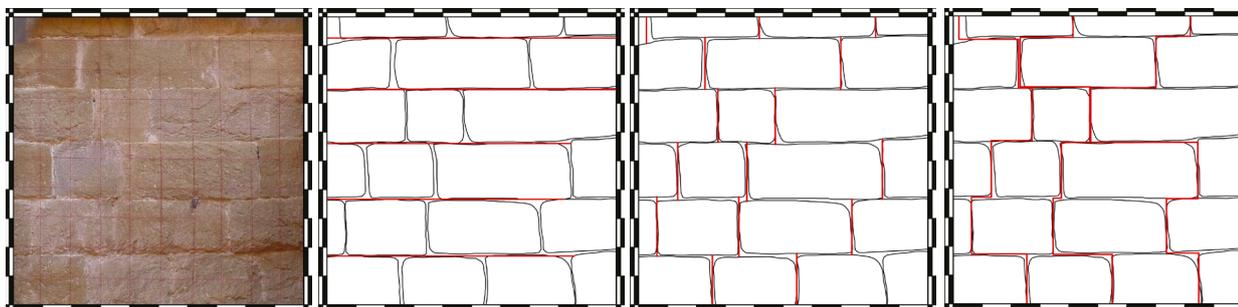
XV-XVI secolo

PARAMETRO	AZIONI VERTICALI	AZIONI ORTOGONALI	AZIONI COMPLANARI
INDICE DI QUALITÀ	7,50	6,50	7,00
CATEGORIA	A	B	A

A1

CAMERINO - Schede Muratura

CAMPIONE N° 36

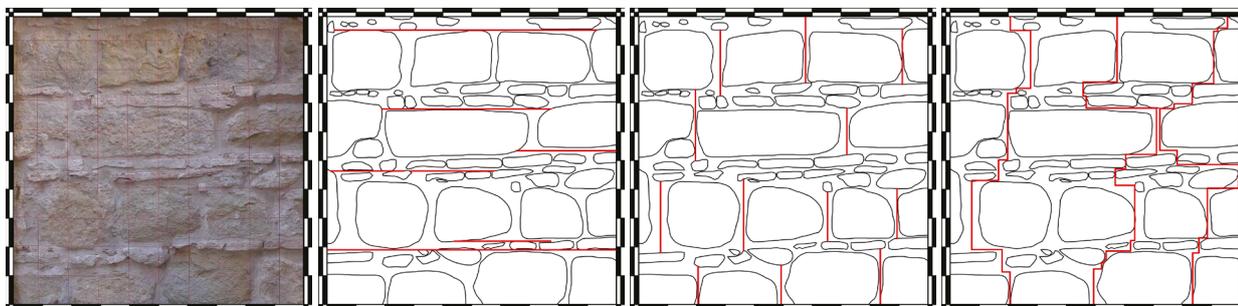


TIPOLOGIA MURATURA
Muratura in blocchi squadrati di pietra arenaria.

PERIODO STORICO
XV-XVI secolo

PARAMETRO	AZIONI VERTICALI	AZIONI ORTOGONALI	AZIONI COMPLANARI
INDICE DI QUALITÀ	5,25	4,55	4,90
CATEGORIA	A	B	B

CAMPIONE N° 37



TIPOLOGIA MURATURA
Muratura in blocchi di pietra arenaria con listature in laterizio

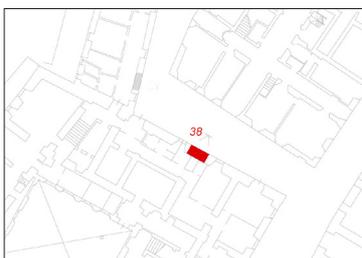
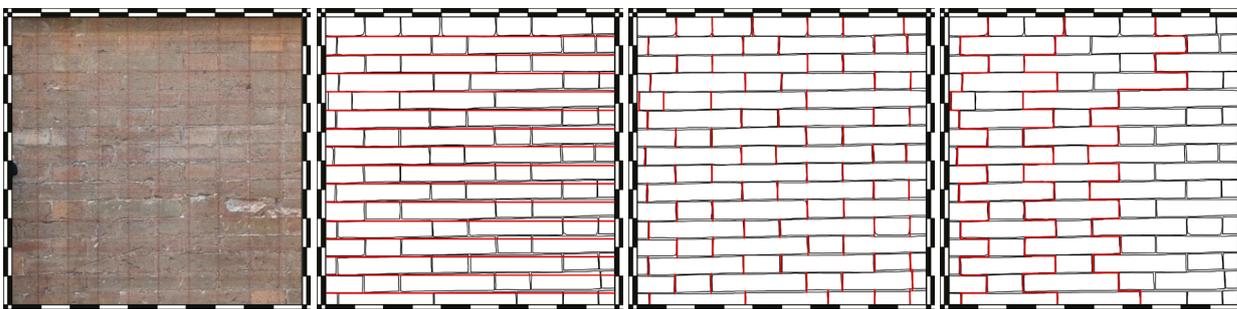
PERIODO STORICO
XVI-XVII secolo

PARAMETRO	AZIONI VERTICALI	AZIONI ORTOGONALI	AZIONI COMPLANARI
INDICE DI QUALITÀ	3,50	3,50	3,50
CATEGORIA	B	C	B

A1

CAMERINO - Schede Muratura

CAMPIONE N° 38



TIPOLOGIA MURATURA

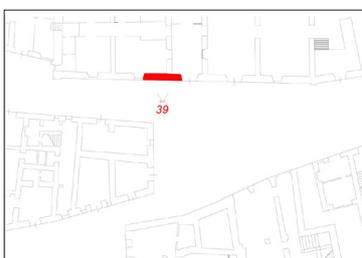
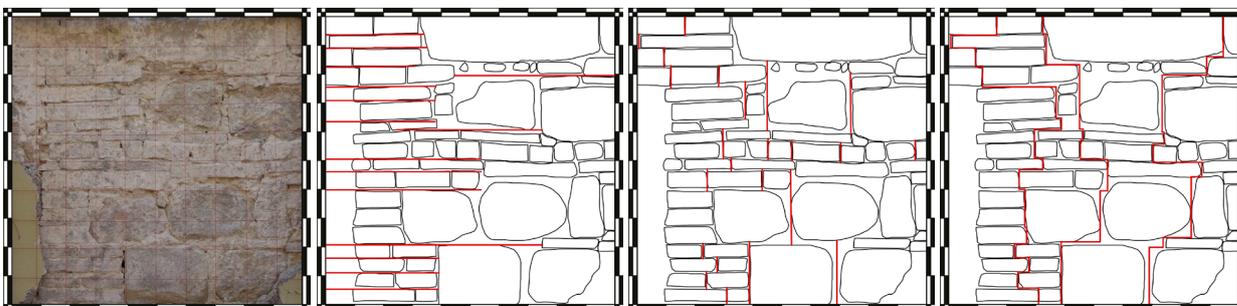
Muratura in laterizio ad una testa, posta a rivestimento di muratura probabilmente in pietra.

PERIODO STORICO

Non databile

PARAMETRO	AZIONI VERTICALI	AZIONI ORTOGONALI	AZIONI COMPLANARI
INDICE DI QUALITÀ	5,95	5,60	5,60
CATEGORIA	A	B	A

CAMPIONE N° 39



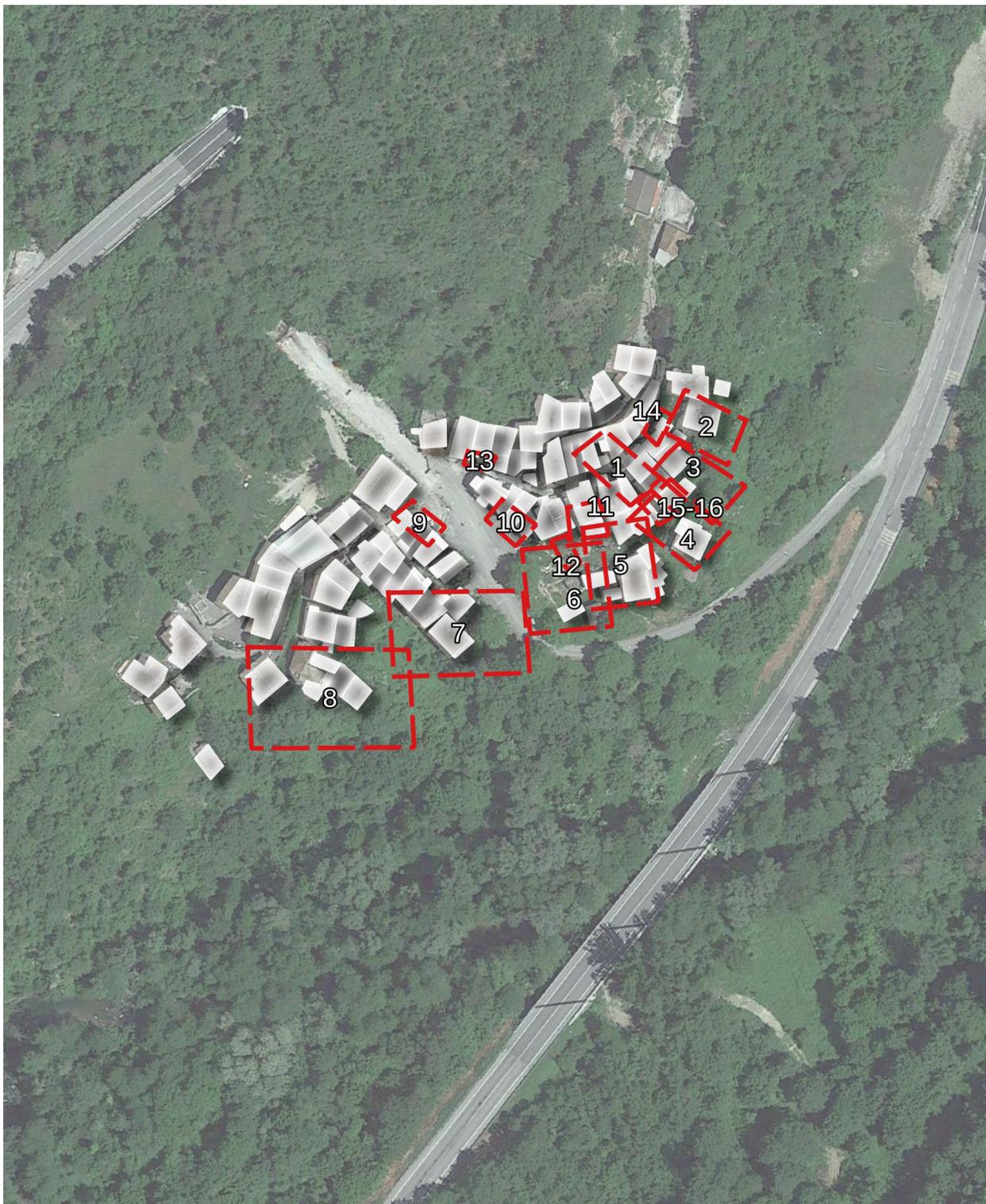
TIPOLOGIA MURATURA

Muratura mista in laterizio e blocchi di pietra arenaria.

PERIODO STORICO

XVI-XVII secolo

PARAMETRO	AZIONI VERTICALI	AZIONI ORTOGONALI	AZIONI COMPLANARI
INDICE DI QUALITÀ	0,70	1,05	0,70
CATEGORIA	C	C	C



Pianta di Vezzano con punti di ripresa fotografici

1-8. Foto di Vezzano post sisma scattate da drone (2018).

In questa documentazione è possibile individuare i danneggiamenti principali dovuti ai sismi avvenuti nel 2016-2017. Al momento dell'indagine fotografica i crolli e le macerie erano ancora allo stato post sisma. I principali danni sono dovuti alla scarsa qualità muraria, caratteristica comune dell'intero abitato e alla mancanza di manutenzione degli edifici già collabenti.



Foto 1



Foto 2



Foto 3



Foto 4



Foto 5



Foto 6



Foto 7



Foto 8

9-10. *Aggregati tipici dell'edilizia di Vezzano danneggiati limitatamente dagli eventi sismici.*

11. *Edilizia di Vezzano. Si nota un tipico portale con architrave in pietra arenaria su mensole e stipiti.*

12. *Edilizia Vezzane. Esempio edificio su un singolo piano, semiabbandonato e con una muratura di scarsa qualità.*

13. *Edilizia Vezzane. Edificio tipico con ingresso su profferlo. Buono stato di conservazione e scarsamente danneggiato.*

14. *Edilizia Vezzane. Esempio edificio su un singolo piano. Scarsamente danneggiato.*

15-16. *Aggregato coinvolto da crolli consistenti, dovuti all'evidente scarso stato di conservazione e una muratura molto scadente.*



Foto 9



Foto 10



Foto 11



Foto 12



Foto 13



Foto 14



Foto 15



Foto 16

A2

VEZZANO - Schede Muratura

CAMPIONE N° 1



TIPOLOGIA MURATURA

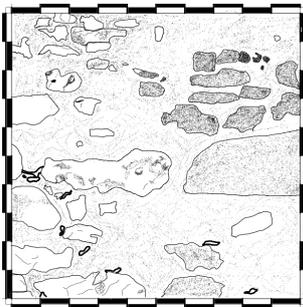
Muratura mista composta da pietra ed elementi in laterizio a corsi irregolari con malta disomogenea.

PERIODO STORICO

XVI secolo

PARAMETRO	AZIONI VERTICALI	AZIONI ORTOGONALI	AZIONI COMPLANARI
INDICE DI QUALITÀ	1,75	2,10	2,45
CATEGORIA	C	C	C

CAMPIONE N° 2



TIPOLOGIA MURATURA

Muratura in pietra composta da elementi irregolari con malta disomogenea.

PERIODO STORICO

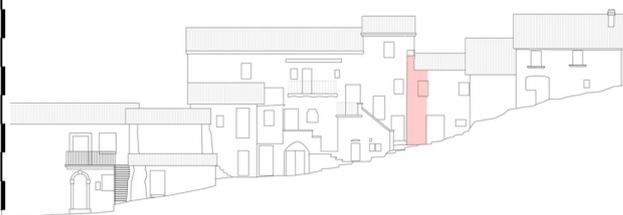
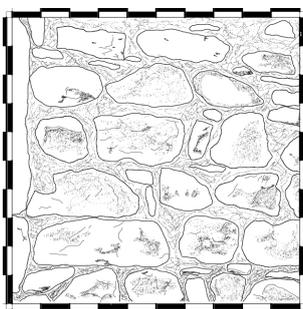
XVI secolo

PARAMETRO	AZIONI VERTICALI	AZIONI ORTOGONALI	AZIONI COMPLANARI
INDICE DI QUALITÀ	1,75	2,10	2,45
CATEGORIA	C	C	C

A2

VEZZANO - Schede Muratura

CAMPIONE N° 3



TIPOLOGIA MURATURA

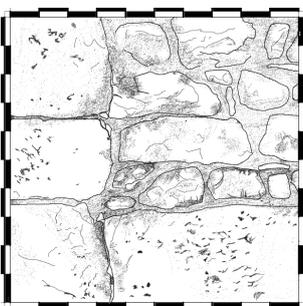
Muratura in arenaria composta da elementi irregolari a corsi orizzontali, malta omogenea .

PERIODO STORICO

XVI secolo

PARAMETRO	AZIONI VERTICALI	AZIONI ORTOGONALI	AZIONI COMPLANARI
INDICE DI QUALITÀ	2,80	2,45	2,80
CATEGORIA	B	C	C

CAMPIONE N° 4



TIPOLOGIA MURATURA

Muratura in arenaria composta da conci di pietra squadrati ed elementi irregolari.

PERIODO STORICO

XVI secolo

PARAMETRO	AZIONI VERTICALI	AZIONI ORTOGONALI	AZIONI COMPLANARI
INDICE DI QUALITÀ	2,80	2,45	2,80
CATEGORIA	B	C	C

A2

VEZZANO - Schede Muratura

CAMPIONE N° 5



TIPOLOGIA MURATURA

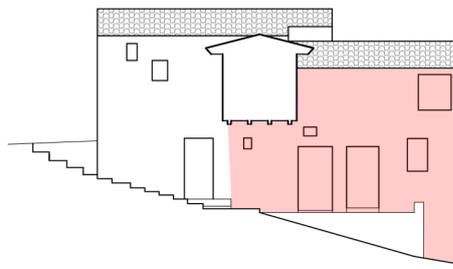
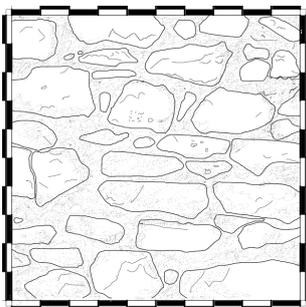
Muratura in pietrisco disomogenea di difficile caratterizzazione a causa della consistente presenza di malta cementizia a rinforzo.

PERIODO STORICO

XVI secolo

PARAMETRO	AZIONI VERTICALI	AZIONI ORTOGONALI	AZIONI COMPLANARI
INDICE DI QUALITÀ	1,75	2,10	2,45
CATEGORIA	C	C	C

CAMPIONE N° 6



TIPOLOGIA MURATURA

Muratura in pietra arenaria a corsi irregolari, malta cementizia.

PERIODO STORICO

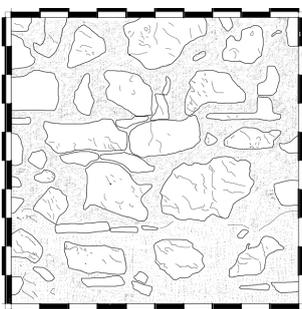
XVI secolo

PARAMETRO	AZIONI VERTICALI	AZIONI ORTOGONALI	AZIONI COMPLANARI
INDICE DI QUALITÀ	1,75	2,10	2,45
CATEGORIA	C	C	C

A2

VEZZANO - Schede Muratura

CAMPIONE N° 7



TIPOLOGIA MURATURA

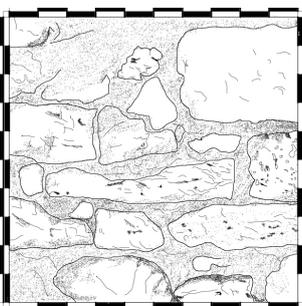
Muratura in pietra arenaria a corsi irregolari, malta cementizia.

PERIODO STORICO

XVI secolo

PARAMETRO	AZIONI VERTICALI	AZIONI ORTOGONALI	AZIONI COMPLANARI
INDICE DI QUALITÀ	1,75	2,10	2,45
CATEGORIA	C	C	C

CAMPIONE N° 8



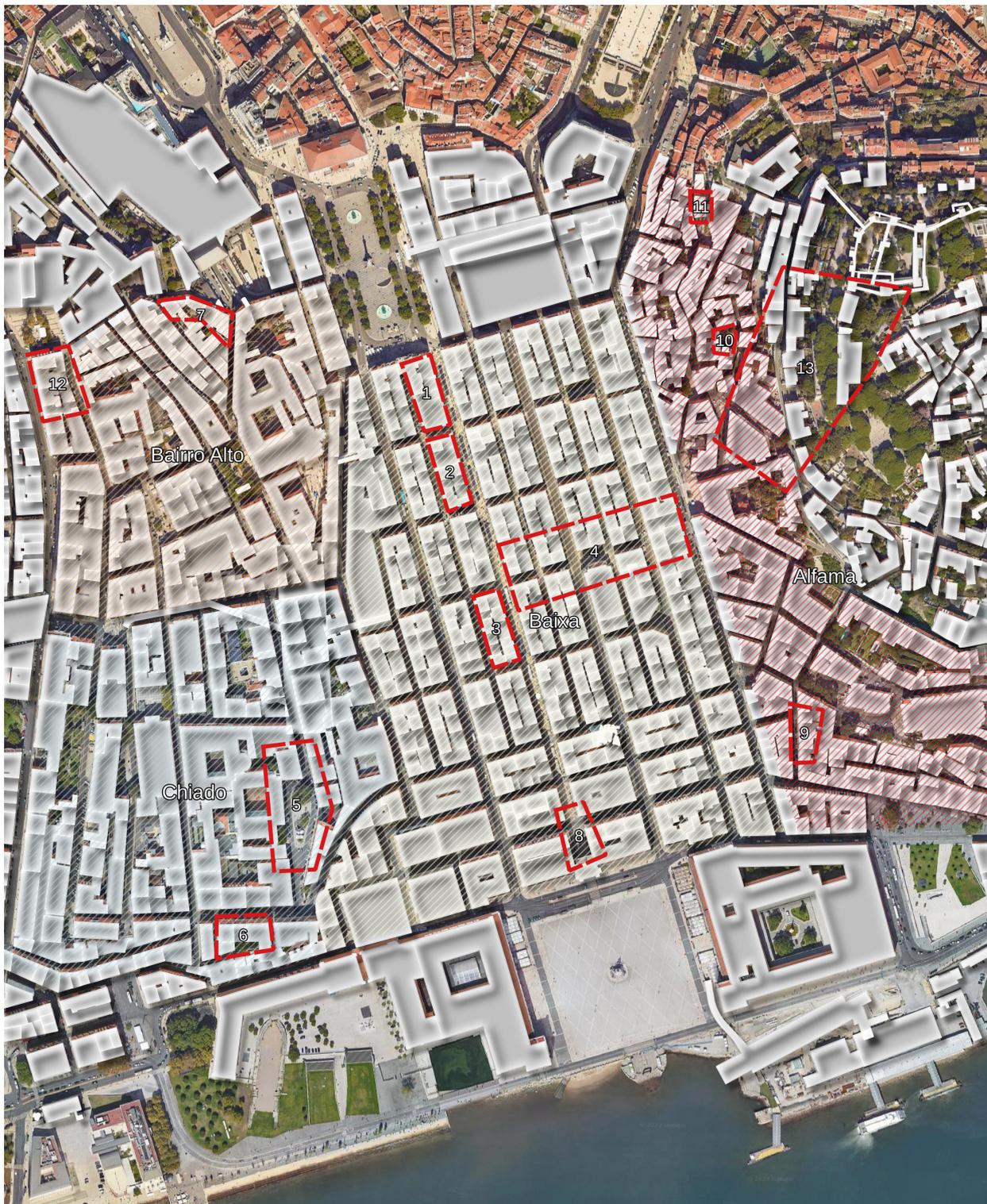
TIPOLOGIA MURATURA

Muratura in pietra arenaria a corsi irregolari, malta cementizia.

PERIODO STORICO

XVI secolo

PARAMETRO	AZIONI VERTICALI	AZIONI ORTOGONALI	AZIONI COMPLANARI
INDICE DI QUALITÀ	1,75	2,10	2,45
CATEGORIA	C	C	C



Pianta di Lisbona con punti di ripresa fotografici

A3

LISBONA - Documentazione fotografica

1. Esempio di restituzione fotografica di un aggregato situato in Rua da Prata, nel quartiere Baixa. La restituzione è stata effettuata con il software Photoscan ed è stata utilizzata per acquisire informazioni dimensionali sugli aggregati oggetto di studio.
2. Restituzione fotografica di un aggregato situato nel quartiere Baixa.
3. Restituzione fotografica di un aggregato situato nel quartiere Baixa.
4. Vista dall'alto del quartiere Baixa verso il quartiere Alfama che si sviluppa morfologicamente sul Colle del Castello.
5. Vista dall'alto della piazza principale del quartiere Chiado.



Foto 1



Foto 2



Foto 3



Foto 4



Foto 5

A3

LISBONA - Documentazione fotografica

6. Edificio tipo rintracciabile nel quartiere Chiado.
7. Vista su edifici del quartiere Bairro Alto da Calçada do Carmo.
8. Vista da Rua Augusta, il viale principale della Baixa, sull'Arco da Rua Augusta.
9. Edifici in linea nel quartiere Alfama.
10. Edifici tipici nel quartiere Alfama-Mouraria.
11. Edifici tipici nel quartiere Alfama-Mouraria. Nello specifico questa conformazione a due piani è tipica di edifici pre-pombalini.
12. Edifici in linea nel quartiere Bairro Alto
13. Vista dall'alto sul quartiere Alfama verso la Collina do Castelo.



Foto 6



Foto 7



Foto 8



Foto 9



Foto 10



Foto 11



Foto 12



Foto 13