

## **Titolo III - Analisi speditiva della vulnerabilità del tessuto edilizio del centro storico**

### **Premessa**

Il presente Titolo illustra le metodologie e i risultati relativi alla disamina speditiva dei centri storici per la identificazione delle problematiche sismiche ricorrenti sul costruito in aggregato.

Tale analisi ha condotto alla realizzazione per tutti i Comuni dei seguenti elaborati:

- Carta degli aggregati del centro storico corredata dei criteri adottati per la identificazione (scala 1:1.000);
- Carta delle vulnerabilità e delle resistenze osservate sugli aggregati mediante rilievo speditivo corredata di legenda esplicativa (scala 1:1.000);

Si espongono nel seguito, i dati di base raccolti e utilizzati (sia quelli messi a disposizione dal Comune che quelli autonomamente collazionati), le metodologie utilizzate come fondamento delle analisi condotte e i risultati ottenuti.

## **5 METODOLOGIA E FINALITÀ**

Lo scopo dell'indagine di vulnerabilità del tessuto residenziale dei centri storici di Brisighella, Casola Valsenio, Castel Bolognese, Riolo Terme e Solarolo è di condurre una valutazione qualitativa preliminare della propensione degli edifici in aggregato a subire danni durante un evento sismico, identificando i fattori presenti nella attuale configurazione che potrebbero produrre un peggioramento della risposta sismica anche a causa delle interazioni tra gli edifici contigui facenti parte del medesimo aggregato.

A questo proposito di seguito sono brevemente descritte le caratteristiche dell'edilizia storica che influenzano la vulnerabilità sismica e che sono analizzate nell'ambito della valutazione qualitativa.

### **5.1 Vulnerabilità sismica degli aggregati edilizi**

#### *5.1.1 Caratteristiche generali della costruzione muraria, modalità aggregative e danno sismico*

Il tessuto edilizio murario dei centri storici è il risultato di addensamenti e stratificazioni attuate nel corso della storia della città, che per la loro valenza storica e testimoniale assumono in generale rilevanza culturale.

Le peculiarità strutturali e il comportamento sismico degli aggregati edilizi sono profondamente influenzati dalle suddette modalità evolutive e dalle caratteristiche generali che accomunano le costruzioni murarie e ne identificano la concezione strutturale, nonostante le specificità costruttive e tipologiche determinate dall'area geografica.

Con riferimento al tema strutturale, la casa storica è composta da una struttura muraria articolata in cellule differentemente aggregate in pianta e sovrapposte per costituire unità a più piani (Figura 1). Il passo delle cellule poco si discosta da misure che variano in un intervallo relativamente stretto, difficilmente eccedente le dimensioni m 6,00x6,00; gli spessori dei muri sono a volte condizionati dalle dimensioni degli elementi che li compongono (siano essi pietre o mattoni) ma sono spesso vicini ai 50-60 cm; tuttavia le condizioni e i materiali locali possono modificare queste linee di tendenza. Ai muri che costituiscono pareti si appoggiano gli orizzontamenti: solai e tetti, e tra questi si colloca una struttura di collegamento tra i vari livelli dell'abitazione: la scala.

Il modello di casa sopra descritto trova nella realtà delle città storiche una serie ampia di particolarizzazioni che modificano sia l'aspetto d'insieme dell'organismo che la configurazione degli elementi componenti.

A definire le accezioni locali riferite al complesso dell'organismo contribuisce ad esempio in maniera decisiva la conformazione morfologica del terreno.

Le strutture orizzontali possono essere lignee o murarie, realizzate con impalcati di travi ovvero voltate: le travi lignee appoggiate sulla muratura possono esercitare un effetto di contenimento, seppur debole, nei confronti della parete,

mentre è ben nota la spinta che le volte trasmettono ai muri d'ambito anche in regime di sforzi ordinario. Ma è pur vero, sebbene meno noto, che alla presenza di strutture voltate è costantemente associato un maggior spessore murario che rende esplicita la consapevolezza dei costruttori antichi rispetto al comportamento delle volte stesse.

Le differenze riscontrabili nella realizzazione degli elementi componenti e delle loro connessioni possono indurre alterazioni anche significative del comportamento sismico dell'intero edificio. Pertanto lo studio dettagliato della tecnica costruttiva locale fornisce ulteriori elementi utili a individuare e comprendere le potenziali modalità di danneggiamento.

La principale caratteristica strutturale dell'edificio così costruito è quella di essere realizzato per giustapposizione di elementi semplici.

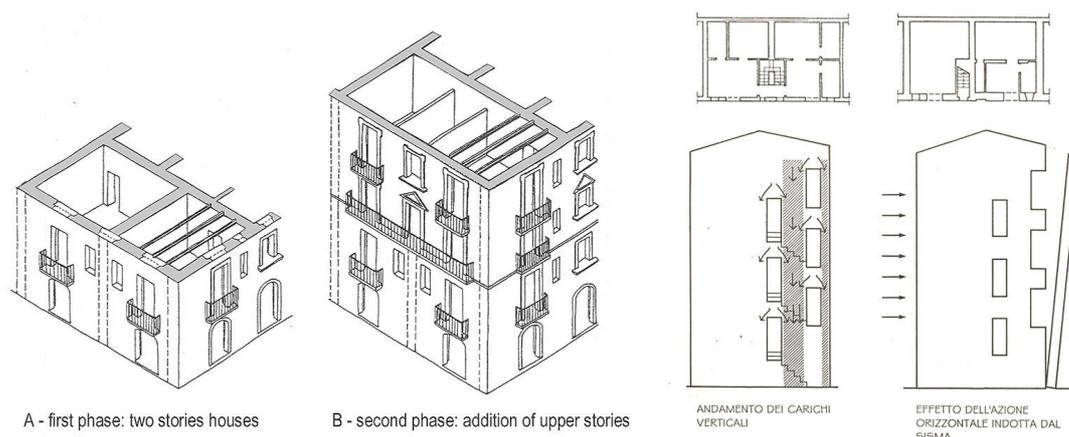


Figura 1 - Esempificazione di trasformazioni della casa storica: (sin) sopraelevazione di un livello senza parete ortogonale alla facciata; (dx) rifusione tra due case contigue con realizzazione di scala a doppia rampa che introduce indebolimento della connesse

Il concetto di assemblaggio è applicabile a varie scale. Alla scala dell'elemento strutturale i muri vengono costruiti posando pietra su pietra, secondo precise regole di montaggi. Alla scala dell'edificio, la casa può essere vista come assemblaggio di strutture ordinatamente sovrapposte le une alle altre: le pareti che costituiscono la cellula muraria, gli orizzontamenti che realizzano i calpestii e la copertura.

Alla scala dell'aggregato, gli edifici si accostano l'uno all'altro sfruttando le eventuali "morse di attesa" presenti per garantire una connessione migliore tra il muro perimetrale preesistente e quello di nuova costruzione. Da questa modalità trasformativa tipica deriva la caratteristica generalizzata degli aggregati edilizi della contiguità strutturale tra i singoli edifici; infatti, escludendo casi eccezionali, l'edificio murario si presenta strutturalmente connesso a quelli adiacenti a formare l'isolato (aggregato).

Per comprendere appieno tale processo si può fare riferimento a una originale visione del tessuto edilizio storico che lo definisce come una successioni di scatole murarie che, seppur edificate singolarmente, contengono già al momento della loro edificazione la nozione di aggregato; infatti la edificazione cronologicamente differita -caratteristica della costruzione spontanea e non progettata dell'edilizia storica- fa sì che ogni nuova casa si ponga in adiacenza a quella già esistente e ne utilizzi una parte della ossatura muraria (Figura 2).

Questa peculiarità del tessuto storico fa sì che per una valutazione anche qualitativa della vulnerabilità sismica l'analisi del comportamento del singolo edificio non sia sufficientemente esaustiva se non associata a una lettura di più ampia scala che coinvolga almeno gli edifici direttamente confinanti con quello oggetto dell'analisi.

Ad esempio, è facilmente comprensibile come alcune particolarità della risposta strutturale siano proprio derivanti dalla particolare posizione che l'edificio occupa all'interno del sistema edilizio individuabile appunto nell'aggregato.

Tale considerazione, di fondamentale importanza, è ormai esplicitamente espressa nelle norme, nelle quali si afferma il concetto che non si può prescindere dalla considerazione delle interazioni tra fabbricati contermini, che possono risultare nulle ovvero di irrigidimento o sostegno oppure di aggravio della azione sismica.

Il processo storico-evolutivo comporta che in un aggregato edilizio solo alcune case siano costituite da cellule murarie chiuse (ove cioè le pareti perimetrali realizzate contemporaneamente prevedono ad esempio una corretta

organizzazione delle connessioni angolari); la situazione diviene più complessa se si pone l'attenzione al fatto che il medesimo aggregato edilizio subisce nel corso della sua storia processi evolutivi differenziati, definiti nel più semplice dei casi dalla aggiunta di livelli abitativi sovrapposti. Nel processo evolutivo, come nella precedente fase di primo impianto, l'edificazione dei livelli sovrapposti avviene in tempi differenziati e in generale con una diversa successione cronologica di realizzazione.

Quindi, sebbene l'isolato (aggregato) debba essere preso quale modulo significativo del tessuto edilizio, si deve al contempo osservare che esso non può essere considerato come elemento unitario perché la configurazione attuale è certamente frutto di trasformazioni progressive determinate da giustapposizione di volumi e da modificazioni capillari non sempre di agevole individuazione.

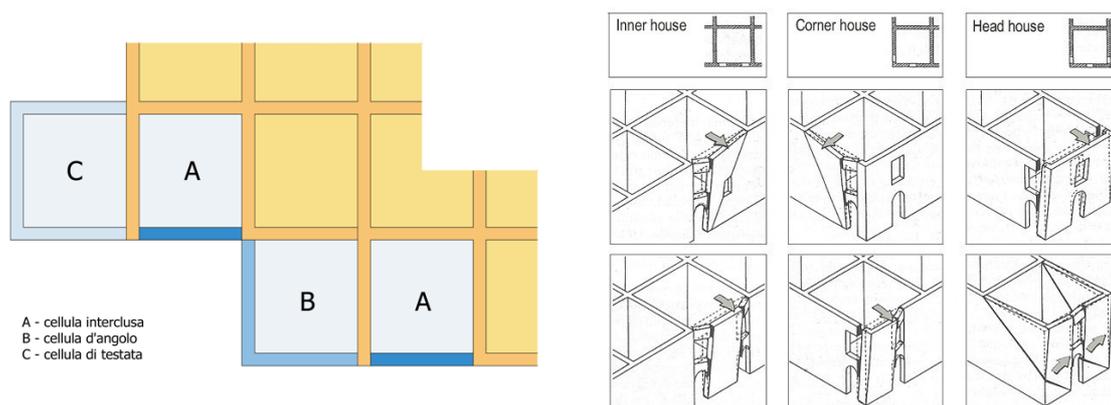


Figura 2 - posizione delle cellule nel tessuto aggregato e meccanismi di danno correlati.

La costruzione per giustapposizione implica la mancanza di connessioni tenaci tra le parti. Da qui deriva il comportamento sismico peculiare che generalmente prevede un danneggiamento per sconnesione degli elementi che può evolversi nel ribaltamento delle pareti esterne fuori dal proprio piano a patto che le tessiture murarie delle pareti siano in grado di esibire un comportamento di tipo monolitico.

Questa modalità -denominata "primo modo di danno"- rappresenta la condizione di massima vulnerabilità dell'edificio e la consapevolezza della sua possibilità ha spesso, nel corso della storia, suggerito l'uso di catene che suppliscano alla congenita assenza di connessione tra le pareti esterne e quelle ad esse ortogonali. L'efficacia di tali catene consiste nel chiamare in causa le pareti ortogonali alla facciata quali elementi di contenimento. Queste sopportano l'azione sismica che viene loro trasmessa dalle facciate come azione "nel piano" ed esibiscono nei confronti di tale sollecitazione una maggiore resistenza<sup>1</sup>.

La valutazione qualitativa della vulnerabilità sismica degli aggregati edilizi tiene conto della lettura di questi aspetti suesposti e ne considera il contributo (positivo o negativo) nell'attivazione di meccanismi di danneggiamento, con particolare riferimento al ribaltamento fuori dal piano.

La mancanza di connessioni tenaci determina una ulteriore caratteristica basilare della casa storica: la sua attitudine a sopportare le modifiche. Tale attitudine è insita nella natura degli elementi componenti: tutti possono essere smontati e sostituiti per parti, compresi i muri, e ciò è fondamentale a spiegare la consuetudine alla manutenzione delle case, attuata come riparazione o sostituzione dei pezzi via via degradati. Le case non sono, infatti, oggetti definiti al momento della loro prima edificazione, ma organismi duttili all'evoluzione, disponibili alle modifiche richieste dalle nuove necessità dei loro fruitori o dalle mutate situazioni in cui possono venirsi a trovare nei confronti del tessuto edilizio circostante. Le case dei centri storici sono tutte frutto di un'evoluzione attuata col passare dei secoli: l'aspetto che oggi a noi si presenta

<sup>1</sup> Quando l'azione orizzontale supera la resistenza della muratura, anche le pareti sollecitate nel piano possono lesionarsi, secondo il classico andamento diagonale che isola una porzione triangolare della parete di controvento e la rende partecipe al moto di ribaltamento. Questa ulteriore modalità di danneggiamento - denominata "secondo modo di danno" - si può verificare solo quando il "primo modo" è evitato dalla presenza connessioni metalliche.

è il risultato di lente, ma a volte radicali, trasformazioni che mutano anche profondamente l'aspetto precedentemente consolidato.

È qui opportuno notare, ritornando a temi meccanici, che tali rifacimenti non alterano la consistenza strutturale se eseguiti con competenza e all'interno della regola costruttiva muraria. Nell'ambito del processo evolutivo alcune trasformazioni possono prevedere l'uso di tecniche costruttive diverse da quella muraria (es. in cemento armato), introducendo elementi con caratteristiche meccaniche differenti che possono alterare il comportamento nei confronti dell'azione sismica e che dovranno essere individuate, quando possibile, attraverso l'osservazione diretta.

### 5.1.2 *Analisi della tecnica costruttiva locale e delle trasformazioni*

La valutazione preliminare della vulnerabilità del costruito storico deve considerare, accanto alla analisi delle caratteristiche di impianto delle singole fabbriche e delle modalità della loro aggregazione, anche l'esame della qualità costruttiva dei singoli elementi strutturali.

La tecnica costruttiva locale è quindi esaminata con l'obiettivo di estrarre le forme ricorrenti di debolezza o di forza ad essa connaturate o derivanti da alterazioni successivamente apportate.

#### *Tecnica costruttiva locale (norma costruttiva)*

Le peculiarità tecnico-costruttive di una generica area culturale devono essere esaminate sulla scorta della conoscenza della "regola dell'arte" muraria assunta come termine di confronto per valutare l'efficacia ovvero l'insufficienza della particolare realtà costruttiva analizzata<sup>2</sup>. Si tratta cioè di riconoscere, all'interno di un peculiare lessico costruttivo, l'aderenza alle prescrizioni ritenute generalmente valide per le costruzioni murarie nella implicita assunzione -di carattere squisitamente sperimentale- che tale aderenza costituisca di per sé una garanzia di corretto comportamento meccanico.

Le prescrizioni della regola dell'arte riguardano non solo gli elementi che, singolarmente, compongono la fabbrica muraria -muri, orizzontamenti, coperture- ma anche le modalità con cui essi sono assemblati (connessi). Il giudizio sui singoli elementi deve essere calibrato, quindi, anche in funzione della interazione di ciascuno di essi con quelli contigui e alla efficacia dei dettagli costruttivi in relazione alla risposta fuori dal piano.

La regola dell'arte riguarda, inoltre, la corretta disposizione degli elementi nell'organismo murario, ovvero la configurazione dell'impianto strutturale (quantità dei muri nelle due direzioni trasversale e longitudinale, allineamento/sfalsamento dei solai di cellule contigue, ecc.).

Elementi fondamentali di qualunque fabbrica muraria sono naturalmente i muri. Per questi la regola dell'arte si può sintetizzare nel duplice requisito della orizzontalità dei ricorsi lapidei o laterizi (finalizzata al corretto trasferimento al suolo della più importante delle azioni, il peso) e del monolitismo della sezione trasversale (finalizzato a garantire la risposta unitaria della parete muraria alle azioni esterne).

Entrambi i requisiti sono essenziali per consentire alle pareti murarie non solo di sopportare con sicurezza i carichi statici, ma anche di poter efficacemente opporsi alle azioni orizzontali indotte dai terremoti (Figura 3).

---

<sup>2</sup> Per approfondimenti su questo tema si rimanda a C.F. Carocci - C. Tocci (a cura di), *Leggendo il libro delle antiche architetture. Aspetti statici del restauro. Saggi di A. Giuffrè*. Gangemi, Roma, 2010.

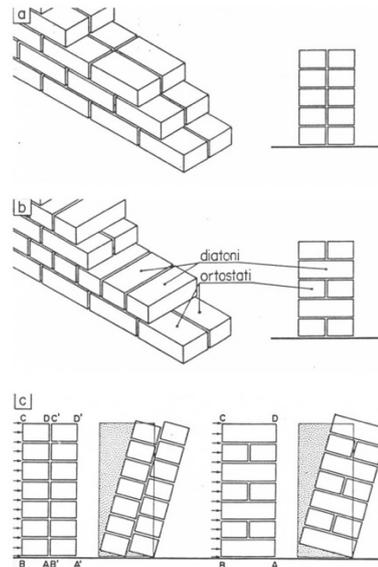
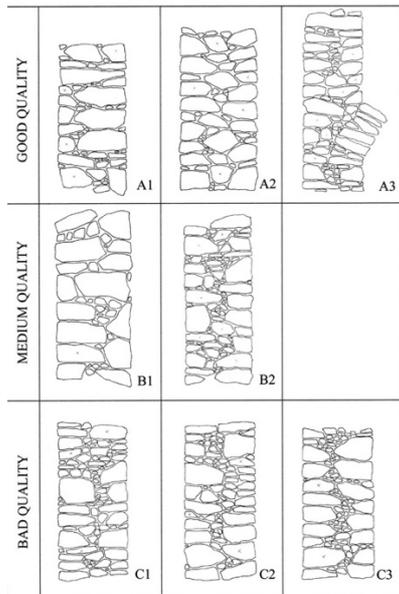


Figura 3 – A sinistra analisi di murature in pietra grezza, abaco delle tipologie murarie suddivise in base alla qualità dell'ingranamento trasversale. A destra esemplificazione di due modelli meccanici corrispondenti a due modalità di apparecchiatura delle pietre e corrispondente risposta esibita a ribaltamento fuori piano.

Elementi strutturali altrettanto importanti sono gli orizzontamenti e le coperture. Anche qui, alla funzione statica che detti elementi riescono a esplicare se correttamente eseguiti e realizzati -in questo caso, la regola dell'arte si riassume nei requisiti della adeguatezza delle sezioni degli elementi stessi (non importa se lignei o murari) e delle loro condizioni di appoggio sulle pareti- si aggiunge la importantissima funzione di collegamento che ad essi si può assegnare e che, come sopra accennato, può notevolmente incrementare le capacità dell'assemblaggio strutturale di opporsi alle azioni sismiche (Figura 4, Figura 5).

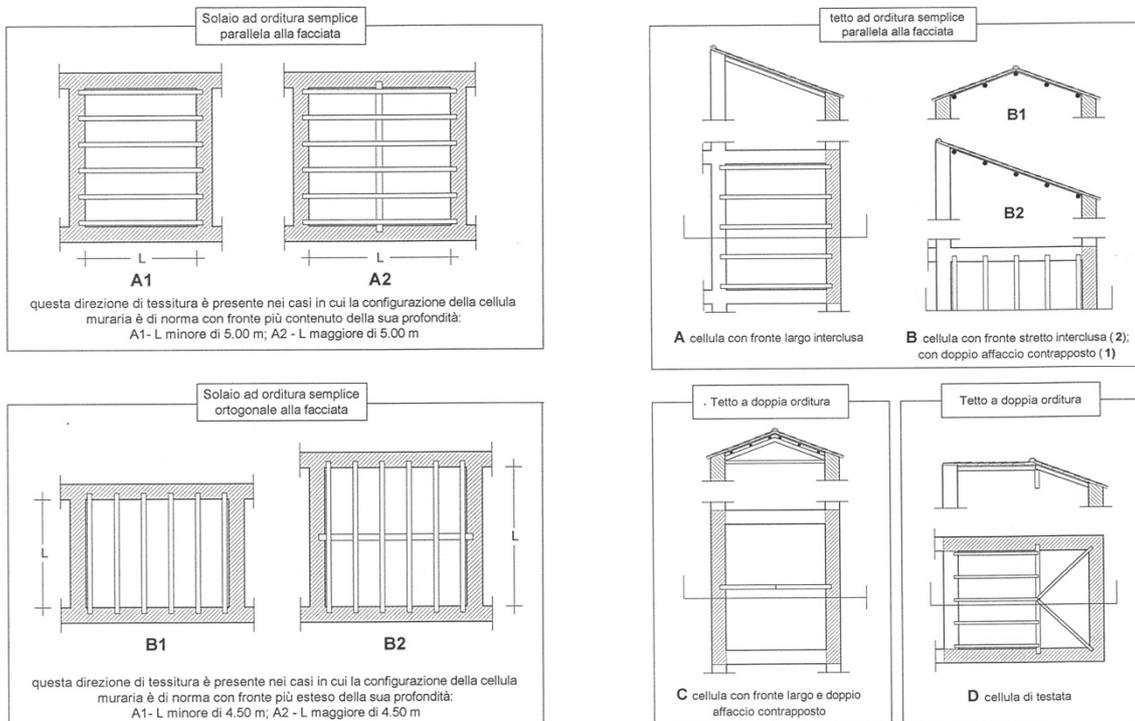


Figura 4 – Possibili disposizioni delle orditure lignee di solai e tetti negli edifici murari. La direzione (parallela o ortogonale) delle travi rispetto alla parete di facciata dipende dalla configurazione della cellula muraria.

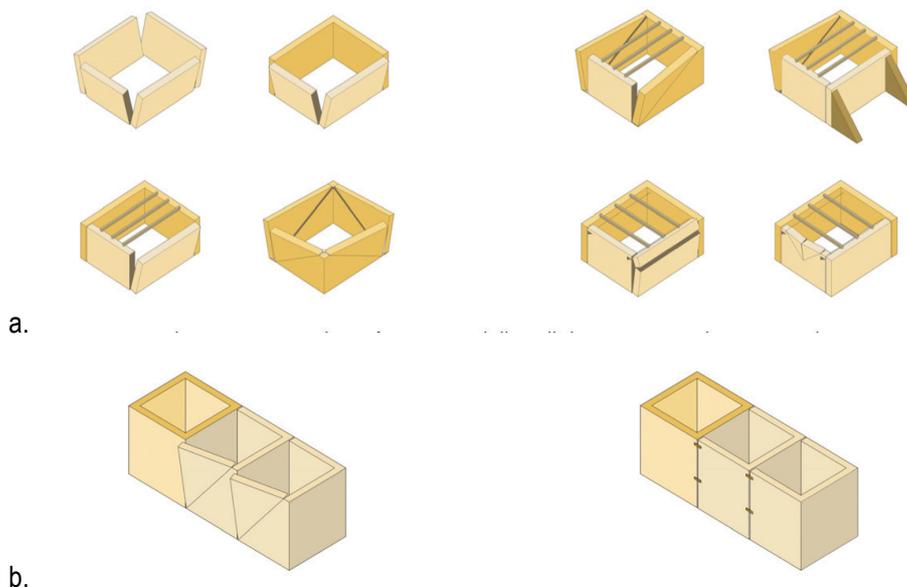


Figura 5 - a. schematizzazioni di configurazioni della cellula muraria e relazione con le strutture lignee di orizzontamento; b. cellule murarie in aggregato: accostamenti murari in assenza e in presenza di elementi di connessione (morse di attesa)

La qualità delle connessioni, ovvero dei vincoli tra i vari elementi è un ulteriore aspetto che influenza la risposta sismica. La funzione di connessione è, a volte, esplicitamente affidata ad elementi appositi (come le catene metalliche) o appositi dettagli costruttivi (come le teste delle travi di solai o tetti provviste di bolzoni metallici) il cui ruolo precipuo è proprio quello di connettere l'assieme (Figura 6). Ulteriori elementi che costituiscono "vincoli" per la parete e ne migliorano la risposta sismica sono i presidi storici, quali speroni, scarpe murarie, archi di sbatacchio, ecc.

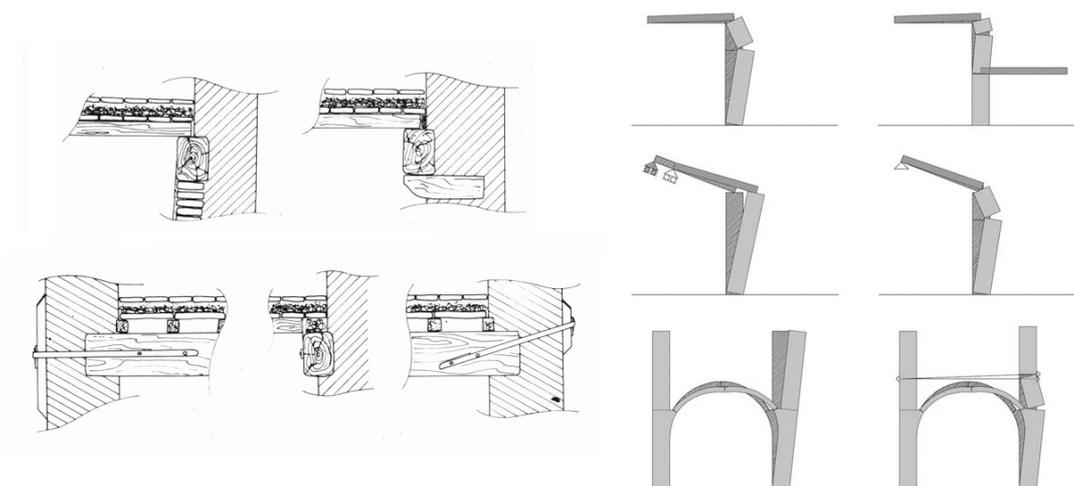


Figura 6 - assemblaggi e connessioni nella tecnica costruttiva muraria e meccanismi di danno relativi alle diverse condizioni di vincolo imposte dagli orizzontamenti alle pareti.

Tutto ciò si tramuta, in una visione mirata alla valutazione meccanica del costruito, prima nella evidenziazione e nella valutazione poi delle snellezze orizzontali e verticali delle pareti.

Informazioni ulteriori vanno inoltre acquisite sugli elementi di dettaglio, che all'interno degli elementi costruttivi principali costituiscono punti singolari. L'interesse nella loro analisi risiede a volte nel loro contributo alla stabilità e a volte nella possibilità di esibire debolezze localizzate. In entrambi i casi, comunque, essi costituiscono spesso tratti salienti della tecnica costruttiva locale e oltre alla valutazione della sicurezza costituiscono valori in termini di conservazione.

### *"Norma" e alterazione*

Una volta riconosciuta la "norma" costruttiva locale, passaggio obbligato per la valutazione della vulnerabilità è l'individuazione delle alterazioni della norma stessa dovute al degrado legato all'abbandono ovvero alle trasformazioni/alterazioni attuate per adeguare il costruito alle esigenze abitative moderne.

Il degrado influisce in generale sulla qualità meccanica dei singoli elementi strutturali: i legni della copertura o dei solai possono marcire, ma anche i muri privi di intonaco o non protetti dalla copertura subiscono l'azione devastante dell'acqua che attacca la malta e indebolisce le connessioni interne.

Le alterazioni possono influenzare in vario modo la risposta sismica dell'edificio, in base alla loro estensione e collocazione nell'impianto strutturale (Figura 7). Tra le *alterazioni* della "norma" costruttiva attuate per adeguare il costruito alle esigenze abitative moderne se ne descrivono alcune ricorrenti:

1. Eliminazioni di porzioni murarie ai vari piani dell'edificio, sia nelle pareti di prospetto che in quelle ad esse ortogonali, con l'alterazione della dimensione della maglia muraria. È ricorrente la demolizione, ai piani terreni, di estese porzioni della parete di facciata per la trasformazione in garage o in negozi; anche le pareti trasversali vengono spesso eliminate per soddisfare l'esigenza di grandi locali unitari. Ai piani superiori pareti ortogonali alla facciata vengono eliminate per ottenere ambienti di maggiori dimensioni o, parzialmente, per realizzare vani di passaggio più grandi. La sottrazione di porzioni di pareti portanti costituisce in generale un indebolimento della struttura muraria; in particolare l'eliminazione delle pareti ortogonali alla facciata provoca un'alterazione del passo della maglia muraria e introduce una causa di precarietà proprio in uno degli elementi della casa più esposti. Una parete libera per una dimensione doppia rispetto a quella indicata dalla norma costruttiva si danneggia per un livello di azione orizzontale più basso.
2. Inserimento di elementi orizzontali con caratteristiche meccaniche diverse da quelle degli orizzontamenti originari. L'introduzione di solai o di cordoli in calcestruzzo armato costituisce un fattore di vulnerabilità in quanto essi sono caratterizzati da eccessiva rigidità rispetto a quella delle murature di ambito e spesso la loro messa in opera comporta il taglio esteso delle murature perimetrali (cordolo in breccia).
3. Sopraelevazione degli edifici. Le sopraelevazioni realizzate in epoca premoderna alterano in sostanza soltanto il rapporto tra altezza degli edifici e larghezza delle strade, mentre dal punto di vista della capacità statica non introducono modifiche peggiorative qualora esse siano realizzate in aderenza alla norma costruttiva muraria. Le sopraelevazioni aggiunte in epoca più recente realizzate contravvenendo alla norma costruttiva ed utilizzando tecniche e principi statici estranei al lessico della costruzione muraria possono al contrario introdurre delle modifiche gravose.
4. Piccoli volumi aggiunti sia a sbalzo dalle pareti verticali, che in sommità dell'edificio, realizzati con materiale leggero, spesso con l'uso di travi metalliche, ivi compresi i serbatoi per la raccolta dell'acqua, generalmente posti in aggetto rispetto al filo di facciata, oltre la linea di gronda sono elementi in sé stessi precari.
5. Inserimento di impiantistica in zone vulnerabili della compagine muraria e con tecniche di realizzazione che possono arrecare danno alle strutture esistenti. È stato infatti sperimentato come la presenza di vuoti o discontinuità in zone della scatola muraria molto sollecitate, specialmente in caso di sisma possa innescare dei meccanismi di danno anche di notevole rilevanza, tanto più che le vigenti normative implicano vuoti tecnici di dimensioni sempre maggiori.

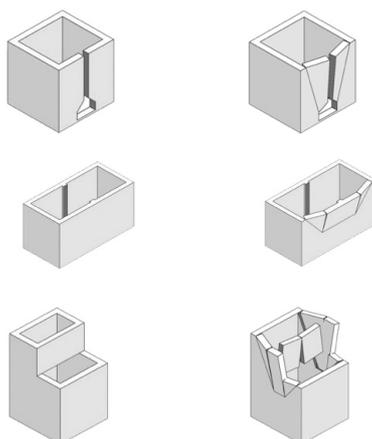


Figura 7 - Alterazioni ricorrenti negli edifici murari e relativo danneggiamento possibile. Dall'alto: esecuzione di profonde tracce per l'inserimento di impianti; demolizione di un muro di spina che determina una eccessiva luce libera della parete; costruzione di una sovrelevazione parziale con muro "in falso".

## 5.2 Metodologia e fasi di lavoro

La metodologia utilizzata per la valutazione qualitativa della vulnerabilità alla scala dell'aggregato si basa sulla conoscenza diretta della realtà costruita, del suo stato di conservazione attuale e delle trasformazioni evolutive o traumatiche che lo hanno portato alla attuale consistenza.

Il carattere speditivo del presente studio consente la individuazione in termini generali delle problematiche presenti nei tessuti analizzati ed ha la finalità di attivare analisi di dettaglio nelle fasi di intervento ordinario sul costruito all'interno delle indicazioni del RUE.

Prima di procedere alla sistematica osservazione sul campo dei tessuti oggetto di analisi, la documentazione grafica e testuale fornita dall'Ufficio di Piano è stata esaminata e rielaborata al fine della elaborazione di carte di base sulle quali restituire le informazioni acquisite mediante il rilievo.

Una prima suddivisione in aggregati del tessuto edilizio è stata quindi realizzata mediante il confronto tra la cartografia di base e le riprese fotografiche aeree.

Un secondo momento del lavoro ha previsto due sopralluoghi sul posto nell'ambito dei quali è stato condotto un rilievo speditivo esteso a tutti i centri storici oggetto di analisi finalizzato sia a precisare la delimitazione degli aggregati sia e raccogliere dati sulle tecniche costruttive diffuse e sulle trasformazioni ricorrenti. I risultati di tali osservazioni (condotte esclusivamente dall'esterno ed estese ove possibile nelle corti e negli spazi interni degli aggregati) concorrono alla evidenziazione di una serie di problematiche (fattori di vulnerabilità) e al contempo delle peculiarità positive della tecnica costruttiva locale che possono essere identificate come punti di forza dell'edificato (fattori di resistenza).

La riflessione interpretativa su tali aspetti è oggetto del Titolo IV del presente allegato ed ha la finalità di comporre un primo quadro generale della suscettibilità dei tessuti edilizi nei confronti del terremoto.

## 5.3 Identificazione degli aggregati

Obiettivo preliminare alle osservazioni sulla vulnerabilità degli aggregati è quello della loro identificazione nella accezione introdotta dalla attuale normativa tecnica.<sup>3</sup>

L'identificazione degli aggregati del centro storico è condotta mediante la definizione dei loro confini e la attribuzione di codice alfanumerico (identificativo).

<sup>3</sup> Nelle NTC 2008 (cap. 8; circolare n. 617 2/2/2009, cap. C.08 e appendice C8A.3) leggiamo che l'aggregato edilizio è costituito da un insieme di parti che sono il risultato di una genesi articolata e non unitaria, dovuta a molteplici fattori (sequenza costruttiva, cambio di materiali, mutate esigenze, avvicinarsi dei proprietari, etc.). Nell'analisi di un edificio facente parte di un aggregato edilizio occorre tenere conto perciò delle possibili interazione derivanti dalla contiguità strutturale degli edifici adiacenti, connessi o in adiacenza ad esso.» (rif. Circolare C8A.3, pag. 392)

La procedura utilizzata per realizzare tale obiettivo è stata quella di osservare (percorrendo tutte le strade) i limiti tra gli isolati adiacenti e, all'interno di ciascun isolato i rapporti di contiguità tra gli edifici contermini.

In molti casi infatti si è evidenziato che l'isolato corrisponde di fatto all'aggregato, ma non sempre.

La presenza di elementi puntuali di connessione tra isolati adiacenti (sovrappassi, archi di sbatacchio, ecc...) ovvero l'assenza di edificato interconnesso all'interno dell'isolato (isolati "scarichi"), sono elementi che determinano delle incertezze nella definizione degli aggregati che può non essere immediata.

#### **5.4 Fattori di vulnerabilità**

La finalità della osservazione speditiva degli aggregati precedentemente identificati è la evidenziazione dei fattori di vulnerabilità e di resistenza ricorrenti sull'edificato con conseguente mappatura su una planimetria in scala 1:1.000 che elaborata utilizzando una legenda predisposta *ad hoc*.

Nella disamina i fattori di vulnerabilità vengono suddivisi in: "vulnerabilità intrinseche" e "vulnerabilità di trasformazione".

Le prime sono quelle che emergono dalla modalità di prima edificazione sia a livello di impianto dell'organismo architettonico, che a livello di aggregazione tra gli organismi, che infine dalla tecnica costruttiva utilizzata.

Le vulnerabilità aggiuntive sono quelle che introdotte in momenti successive alla prima edificazione e possono essere aggiunte durante fasi di trasformazione storiche (evoluzione dei tessuti) ovvero mediante trasformazioni recenti (spesso attuate con tecniche differenti e incompatibili con la tecnica originaria).

##### *Vulnerabilità intrinseche*

Caratteristici esempi di vulnerabilità intrinseche sono quelli che discendono dalla configurazione degli edifici e dalla loro posizione nel tessuto urbano.

Ad esempio: l'edificio posto di testata nell'aggregato possiede la parete esterna più esposta al meccanismo fuori piano.

Negli edifici seriali con passo monocellulare sul fronte (case a schiera) le caratteristiche di impianto possono evidenziare situazioni di debolezza: la distanza tra le pareti trasversali a quella di facciata determina la luce libera orizzontale, come l'altezza dell'interpiano (distanza tra le due strutture di orizzontamento) determina la snellezza verticale della parete esposta. Infine, in generale la disposizione delle aperture sui fronti che deriva dal tipo edilizio può evidenziare ricorrenze negative per la trasmissione dei carichi verso le strutture fondali (disallineamento delle aperture).

Oltre alla configurazione d'assieme anche la tecnica costruttiva locale (caratteristiche degli elementi costruttivi, degli assemblaggi e delle connessioni; compresi gli eventuali dispositivi di presidio sismico riscontrabili) può determinare la presenza di punti di debolezza che sono qui denominati come vulnerabilità intrinseche.

La disamina speditiva degli elementi costruttivi (muri; gli orizzontamenti; le coperture; ecc.) e dei loro assemblaggi viene eseguita allo scopo di evidenziarne le eventuali precarietà originarie in modo da comporle nel quadro preliminare delle conoscenze dell'edificato murario storico.

##### *Vulnerabilità da trasformazione*

Sono da annoverare tra le vulnerabilità denominate aggiuntive le precarietà derivanti dallo stato di conservazione degli edifici (dissesti e degrado attuale osservabile) e dal loro grado di trasformazione (manomissioni e alterazioni).

Caratteristici esempi di vulnerabilità aggiuntive sono le trasformazioni incongrue che introducono un mal funzionamento statico nella costruzione (ad esempio, le sopraelevazioni con arretramento della parete su strada che viene costruita 'in falso', o le eliminazioni di ingenti porzioni di pareti murarie), le situazioni di dissesto statico ovvero di degrado avanzato, le alterazioni da trasformazione che possono introdurre indebolimenti complessivi della struttura muraria.

## 5.5 Fattori di resistenza

I punti di forza di cui dispone l'edificato vengono evidenziati alla stregua delle vulnerabilità e vengono denominati fattori di resistenza o fattori positivi (risorse dell'edificio). Anche questi sono identificati durante la osservazione diretta del costruito.

Tipico esempio è quello della presenza di incatenamenti (posti sia in fase edificatoria che come riparazione) che sono un corredo non strettamente richiesto per il buon funzionamento della costruzione muraria, e che vanno quindi pensati come una consapevolezza aggiuntiva alla pratica corrente dei costruttori.

Ma non solo: anche a livello di fasi di evoluzione/trasformazione possono essere letti dei cambiamenti che hanno incrementato la capacità di risposta al sisma da parte degli edifici. Ad esempio, trasformazioni dei fronti che tendono a ridurre (mediante la aggiunta di volumi di sopraelevazione o di sovrappasso) la quantità delle pareti esposte, cioè quelle che possono esibire in occasione di un evento sismico meccanismi fuori piano.

Anche la tecnica costruttiva può rappresentare un punto di forza dell'edificio quando è rilevabile una buona qualità sia a livello del singolo dettaglio costruttivo (tessiture murarie, dimensione delle travi dei solai) sia al livello di assemblaggi e connessioni tra elementi strutturali (connessioni tra struttura di elevazione e orizzontamenti).

## 6 APPLICAZIONE AI CENTRI STORICI

### 6.1 Rilievo speditivo e verifica degli aggregati

L'attività di rilievo speditivo è stata svolta per i cinque centri storici e la frazione di Fognano e ha perseguito due obiettivi principali: precisare i limiti degli aggregati precedentemente individuati a tavolino e raccogliere le informazioni sulla realtà costruita degli edifici.

La ricognizione è stata condotta eseguendo un sistematico rilievo fotografico dei fronti strada e l'annotazione delle osservazioni su fascicoli di appunti testuali o grafici.

Le informazioni raccolte riguardano in linea generale (1) gli aggregati, (2) le tipologie edilizie, (3) la tecnica costruttiva, (4) le trasformazioni, (5) lo stato di conservazione e d'uso.

Riguardo il punto (1) gli aspetti indagati sono i seguenti:

- il limite dell'aggregato e le relazioni tra le varie unità edilizie per l'individuazione di eventuali sub-aggregati;
- la presenza di vuoti e/o spazi ineditificati;
- definizione delle unità edilizie (UE);
- individuazione di edilizia speciale storica (chiese, palazzi, ecc.);
- individuazione di edifici murari di epoca recente (ricostruzione post bellica o sostituzioni)
- individuazione di edifici in tecnica costruttiva diversa da quella muraria;

Per quanto concerne le tipologie edilizie (2) le informazioni riguardano:

- passo murario (distanza tra le pareti ortogonali al fronte)
- altezze medie di interpiano (luce libera verticale della parete su strada):
- solai sfalsati, presenza di piani interrati;
- profondità del corpo di fabbrica
- posizione delle aperture sul fronte strada;
- presenza di corti;

Le informazioni sulla tecnica costruttiva (3) riguardano:

- la tipologia muraria (quando osservabile)
- tipologia e orditura degli orizzontamenti (quando osservabile);

Le trasformazioni documentate (4) sono le seguenti:

- sottrazione di muro per allargamento delle aperture al piano terra;
- presenza di superfettazioni o sopraelevazioni incongrue;
- alterazioni nel passo delle cellule murarie (quando osservabile);

- sostituzione del tetto a falda con terrazzi;
- sostituzione del tetto con strutture pesanti, quali il cemento armato;

Infine lo stato di conservazione e d'uso (4) sono documentati rilevando:

- lesioni e dissesti
- presenza di edifici abbandonati particolarmente degradati.

## 6.2 Materiali elaborati per la esecuzione del rilievo sul campo

Il materiale di base elaborato a tavolino sono:

- una planimetria di base del centro storico con l'indicazione degli aggregati individuati a tavolino (Figura 8);
- una pianta in scala 1:500 di ciascun aggregato edilizio.

Queste carte di base sono state elaborate con il supporto delle foto aeree disponibili su Google Maps® e Mape® di Apple Inc. In primo luogo è stato eseguito un confronto tra l'impronta desumibile dal catastale in dwg e la sagoma leggibile sull'ortofoto; quando necessario è stata effettuata una passeggiata virtuale per verificare eventuali connessioni deboli non visibili dall'alto. Un aspetto importante rilevato attraverso le foto aeree è la presenza di vuoti e di spazi non edificati all'interno dell'aggregato, non sempre accessibili o visibili sul posto.



Figura 8 – Individuazione preliminare degli aggregati edilizi attraverso le foto aeree di Mape®

## 6.3 Organizzazione ed esecuzione del rilievo sul campo

Ogni centro storico è stato indagato da due o tre rilevatori. Per ogni aggregato sono stati rinominati i fronti con delle lettere e per ciascun fronte sono state eseguite foto d'assieme e di dettaglio, anche sulla base delle informazioni documentate.

Ogni informazione di cui al paragrafo 6.1 è stata riportata sulla carta di base mediante un simbolo grafico sintetico e degli schemi grafici sono utilizzati per illustrare alcune configurazioni particolari, ad esempio, in riferimento al rapporto con l'orografia del sito.

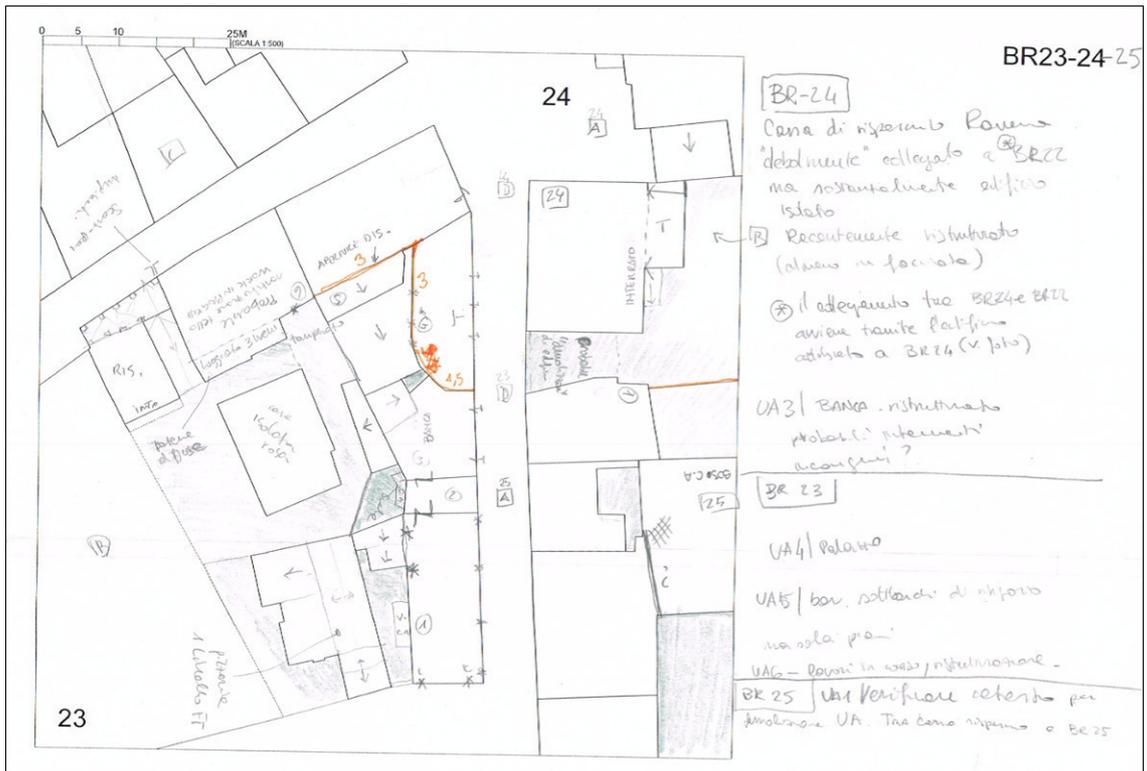


Figura 9 - Brisighella, esempio di scheda di rilievo con annotazioni



Figura 10 - Casola Valsenio, esempio di scheda di rilievo con annotazioni

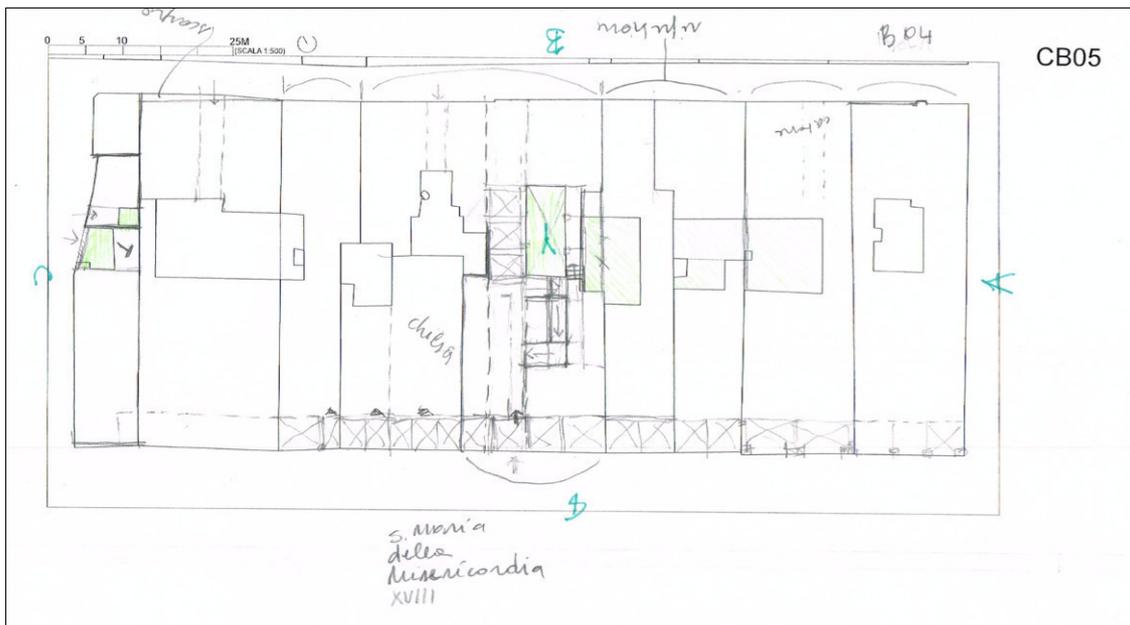


Figura 11 - Castel Bolognese, esempio di scheda di rilievo con annotazioni

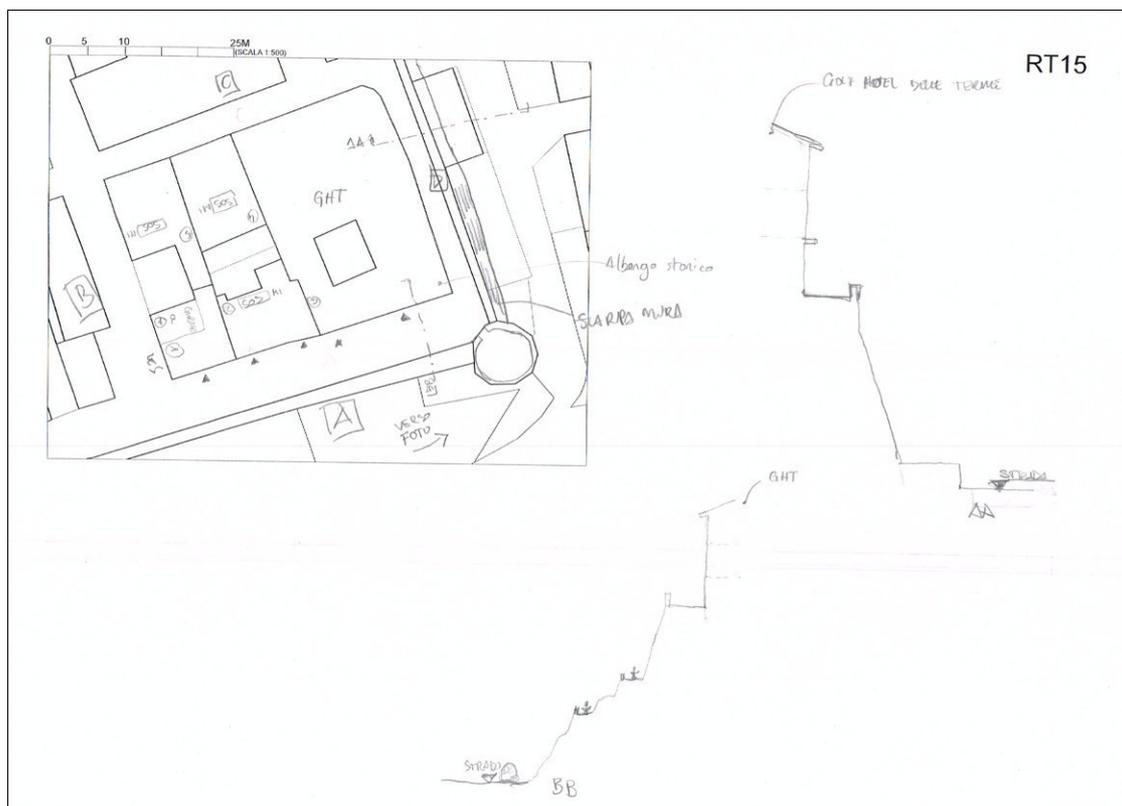


Figura 12 - Riolo Terme, esempio di scheda di rilievo con annotazioni



Figura 13 - Solarolo, esempio di scheda di rilievo con annotazioni

## 7 RISULTATI

### 7.1 La carta di identificazione di aggregati e sub - aggregati

I risultati dell'indagine preliminare delle vulnerabilità osservate sul tessuto storico prendono avvio dall'identificazione degli aggregati e dei relativi sub-aggregati, mediante la loro rappresentazione sulla cartografia di base.

I criteri adottati nella fase preliminare al rilievo speditivo trovano conferma durante l'indagine sul campo; tuttavia, la verifica sul posto ha reso necessarie alcune modifiche all'identificazione preliminare, derivate dalla definitiva comprensione dei luoghi.

Le modifiche apportate sono relative, nella maggior parte dei casi, a zone fortemente stratificate o manomesse dei centri storici, dove il tessuto non compatto aveva generato interpretazioni inesatte delle cartografie.

Le correzioni hanno riguardato isolati rarefatti, dove gli edifici spesso non sono in aderenza tra loro e si presentano a volte isolati, se si escludono collegamenti associabili al "recinto". Il criterio base utilizzato per l'identificazione dell'aggregato è la possibilità di percorrerne il perimetro senza oltrepassare delimitazioni permanenti.

Le delimitazioni che hanno determinato la perimetrazione definitiva comprendono i recinti murari e qualsiasi altro tipo di struttura di collegamento tra i fabbricati, ad esclusione di quelle di entità trascurabile, quali le recinzioni metalliche, anche nei casi in cui esse siano collocate su bassi muri di confine.

La identificazione definitiva degli aggregati, sostanzialmente da assimilare agli isolati, è quella riportata sulla apposita carta che illustra i risultati dell'indagine.

La carta comprende anche la caratterizzazione, attraverso apposite campiture, del tessuto edilizio, specificando quali sono le fabbriche comprese nell'indagine e quali quelle escluse tra cui gli edifici a destinazione diversa da quella residenziale e con struttura diversa da quella muraria.

La carta di identificazione degli aggregati e dei sub-aggregati è definita per tutti i centri storici in scala 1:1.000.

Per l'approvazione, i suddetti elaborati, disegnati in scala 1:1.000, sono allegati al presente Titolo adattati per il formato del documento (Tavole F2.1.1-5).

Ogni aggregato è distinto da un codice alfanumerico in cui le prime due lettere richiamano il nome della città (es: BR01). Gli eventuali sub-aggregati aggiungono al codice anzidetto una lettera minuscola (es: BR01a). Gli eventuali sub-aggregati aggiungono al codice anzidetto una lettera minuscola (es: BR01a).

## LEGENDA

	PERIMETRO DEL CENTRO STORICO COME DA PRG (LIMITI DELL'AREA)
	PERIMETRO AGGREGATO
	CODICE IDENTIFICATIVO DELL'AGGREGATO
	CODICE IDENTIFICATIVO DEL SUB-AGGREGATO (I COLORI DISTINGUONO I SUB-AGGREGATI)
	EDIFICI OGGETTO DELL'INDAGINE
	CHIESE E CONVENTI
	PALAZZI E ALTRI EDIFICI SPECIALI (SCUOLE, TEATRI, OSPEDALI, ECC.)
	EDIFICI CON STRUTTURA DIVERSA DA QUELLA MURARIA



Figura 14 - Legenda e stralcio della carta degli aggregati edilizi (Brisighella)



Figura 15 - Brisighella, stralcio aggregato BR05 cui appartiene il palazzo municipale sullo sfondo (evidenziato in tavola con tratteggio inclinato)

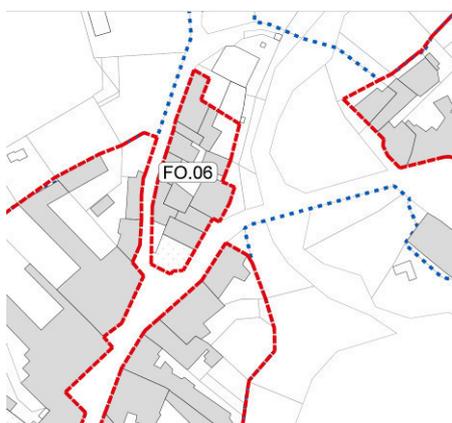


Figura 16 - Fognano, stralcio aggregato FO06, caratterizzato dalla presenza di una chiesa in testata (evidenziata in tavola dal tratteggio di riferimento "chiese e conventi")

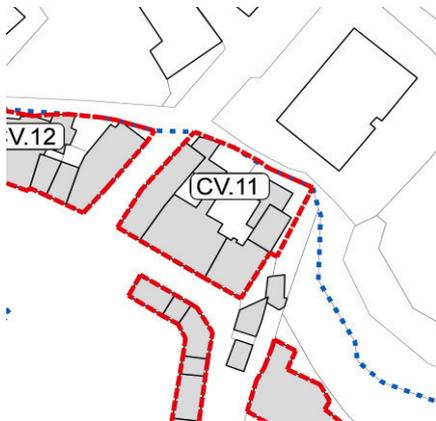


Figura 17 - Casola Valsenio, aggregato CV11; nella foto sullo sfondo si nota l'attuale connessione "debole" con la Torre del Gabbetto

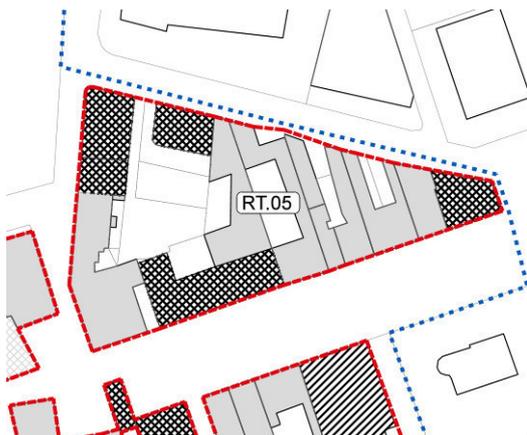


Figura 18 - Riolo Terme, aggregato RT05, nella foto è inquadrato uno degli edifici costruito in tecnica differente da quella muraria



Figura 19 - Solarolo, aggregato SO02, nella foto è inquadrata la testata dell'aggregato costituita da un edificio in cemento armato, individuato nella tavola dal retino "edifici in struttura diversa da quella muraria"













# UNIONE DEI COMUNI DELLA ROMAGNA FAENTINA

Convenzione tra L'Università degli Studi di Catania – Dipartimento di Ingegneria Civile e Architettura (DICAR) e L'Unione dei Comuni della Romagna Faentina

Per lo svolgimento in collaborazione di un progetto di ricerca in materia di vulnerabilità sismica degli aggregati edilizi nei centri storici di:

Brisighella, Casola Valpiano, Castel Boglierno, Ricko Terme e Solarolo

Responsabili scientifici:

Caterina F. Carocci, Salvatore Guiffrida

Gruppo di lavoro:

Chiara Circo, Margherita Guiffridà, Luciano A. Scuderi

## FASE 2 ANALISI SPEDITIVA DEL TESSUTO EDILIZIO DEL CENTRO STORICO

### F2.1.3

Identificazione degli  
aggregati e sub-aggregati

scala: 1:1000

Rev. sett. 2017

BRISIGHELLA CASOLA VALPIANO CASTEL BOLOGNESE RIKKO TERME SOLAROLO  
FOGNANO

#### LEGENDA

PERIMETRO DEL CENTRO STORICO COME DA PIANO DI LAVORO (IN ROSSO)

PERIMETRO AGGREGATO

CONFINI EDILIZI (IN GRIGIO)

CONFINI EDILIZI DI UN AGGREGATO

CONFINI EDILIZI DI UN SUB-AGGREGATO

CONFINI EDILIZI DI UN EDIFICIO

CONFINI EDILIZI DI UN PIANO

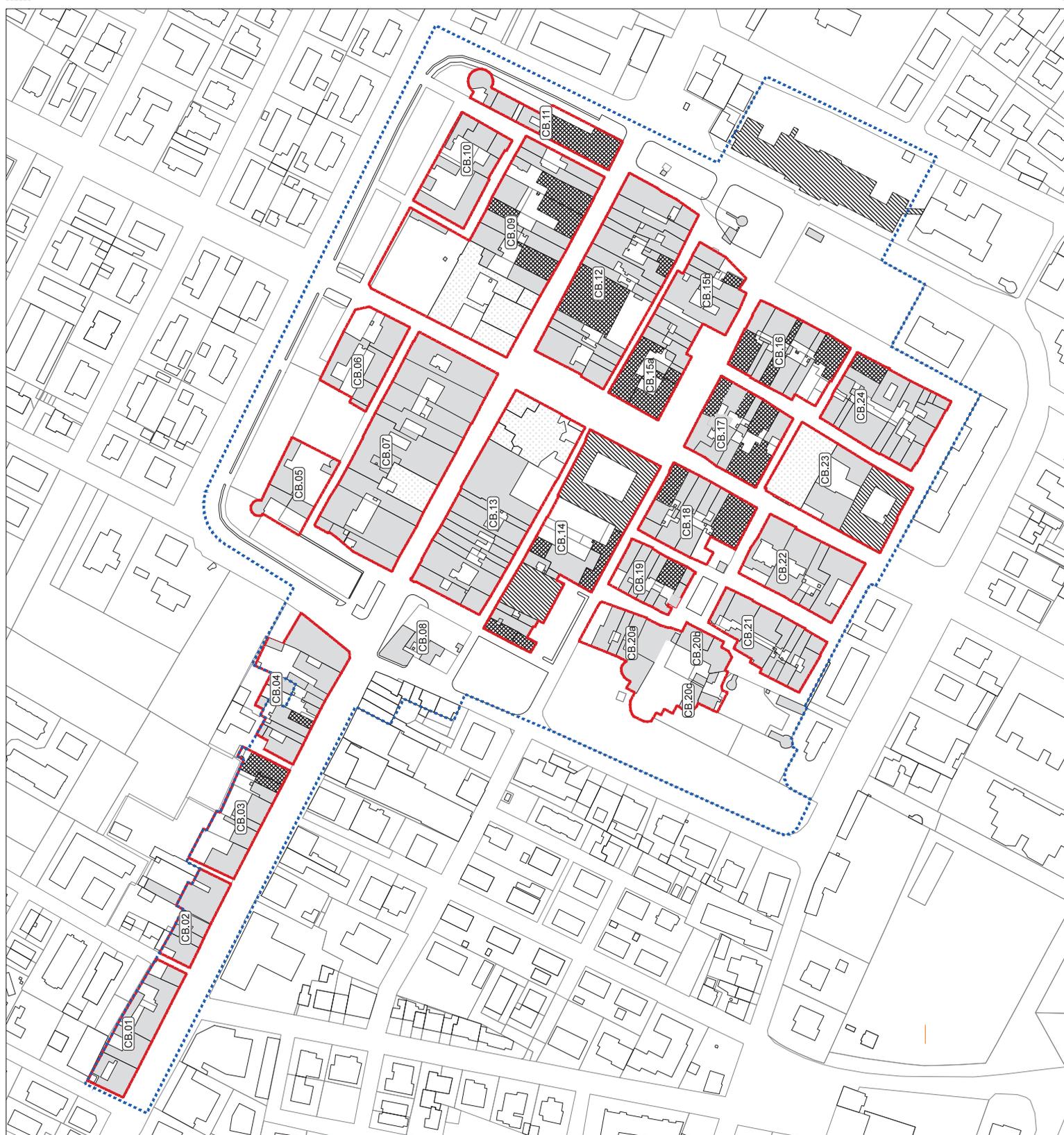
#### NOTE

Il criterio fondamentale per l'identificazione degli aggregati edilizi è la possibilità di percorrerne il perimetro senza attraversare delimitazioni permanenti o temporanee. L'aggregato, così definito, corrisponde sostanzialmente al perimetro degli aggregati può quindi essere corrispondente ad un recinto, quando esso è a struttura muraria e di entità non trascurabile (non escluse le piccole recinzioni metalliche anche quando installate su muri bassi), o da una struttura di collegamento "aerea" tra i fabbricati, come in corrispondenza dei sottopassi.

All'interno del perimetro degli aggregati edilizi (individuato con un tratteggio rosso) possono essere identificati due o più sub-aggregati, distinti con identificatori differenti connessi da lettere. I sub-aggregati individuano parti omogenee del tessuto edilizio, come ad esempio un edificio a struttura muraria, o con collegamenti sovrapposti (volmi o semplici archi di abbasco), o ancora individuano fabbricati isolati posti all'interno di un perimetro. I sub-aggregati sono individuati con un tratteggio grigio, mentre i singoli edifici con un tratteggio bianco. Le volumetrie sono rappresentate, in corrispondenza di un sottopasso, e stabilite in base alla proprietà del corpo sovrapposto.

Molti sono stati individuati gli edifici, esclusi dall'indagine, quali:  
- gli edifici religiosi (chiese e conventi)  
- i palazzi monumentali e gli altri edifici a destinazione speciale o pubblica (scuole, teatri o cinema, ospedali, ecc.)  
- gli edifici con struttura diversa da quella muraria (es. cabottazzo armato)  
- gli edifici con struttura muraria ma con particolari caratteristiche (es. con struttura diversa da quella muraria (es. un convento con struttura metallica); prevale l'indicazione relativa alla destinazione d'uso.

La base cartografica utilizzata è il catasto fabbricati









# UNIONE DEI COMUNI DELLA ROMAGNA FAENTINA

Convenzione tra L'Università degli Studi di Catania – Dipartimento di Ingegneria Civile e Architettura (DICAR) e L'Unione dei Comuni della Romagna Faentina

Per lo svolgimento in collaborazione di un progetto di ricerca in materia di vulnerabilità sismica degli aggregati edilizi nei centri storici di

Brisighella, Casola Valsenio, Castel Bolognese, Riolo Terme e Solarolo

Responsabili scientifici:

Caterina F. Carocci, Salvatore Guiffrida

Gruppo di lavoro:

Chiara Circo, Margherita Guiffri, Luciano A. Soudati

## FASE 2 ANALISI SPEDITIVA DEL TESSUTO EDILIZIO DEL CENTRO STORICO

### F2.1.5

Identificazione degli  
aggregati e sub-aggregati

scala: 1:1000  
Rev. sett. 2017

BRISIGHELLA CASOLA VALSENSIO CASTEL BOLOGNESE RIOLO TERME SOLAROLO  
FOGNANO

#### LEGENDA

- UNITÀ DELL'AREA INDAGATA
- PERIMETRO AGGREGATO
- CONFINI PERIMETRO DELL'AGGREGATO
- CONFINI PERIMETRO DEI SUB-AGGREGATI
- PERIMETRO DEGLI EDIFICI
- CHIESE E CONVENTI
- PALAZZI E ALTRE OPERE SPERIMENTALI, TAVOLE OPERATIVE (ECC.)
- EDIFICI CON STRUTTURA MURARIA DIVERSA DA QUELLA MURARIA

#### NOTE

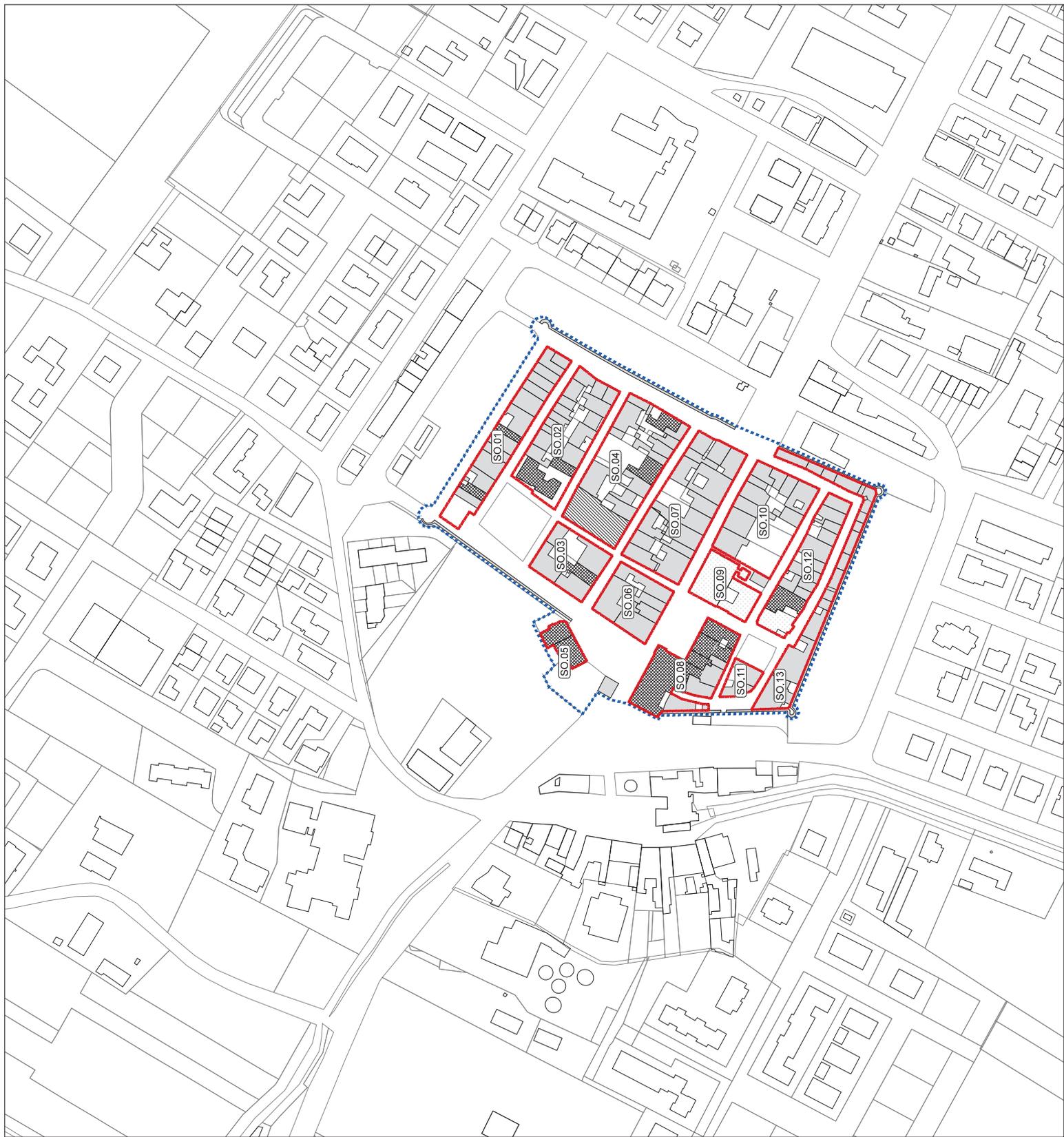
Il criterio fondamentale per l'identificazione degli aggregati edilizi è la possibilità di percorrerne il perimetro senza oltrepassare delimitazioni permanenti o temporanee. L'aggregato, così definito, corrisponde sostanzialmente all'insieme del tessuto edilizio, il quale, pur essendo corrispondente ad un unico, quando esso è a struttura muraria e di entità non trascurabile (sono escluse le piccole recinzioni metalliche, anche quando installate su muri bassi), o da una struttura di collegamento "aerea" tra i fabbricati, come in corrispondenza dei sottopassi.

All'interno del perimetro degli aggregati edilizi (individuato con un tratteggio rosso) possono essere identificati due o più sub-aggregati, distinti con identificativi differenti contraddistinti da lettere. I sub-aggregati individuano parti dell'aggregato caratterizzate da un tipo di struttura muraria di interesse storico-artistico (come nel caso degli archi di sbarramento) o ancora individuano fabbricati isolati posti all'interno di un perimetro. L'assegnazione ad un sub-aggregato di un volume soprastante, in corrispondenza di un sottopasso, è stabilita in base alla proprietà del corpo soprastante.

Nota:

Nella cartina sono identificati gli edifici esclusi dall'indagine, quali:  
- palazzi monumentali e gli altri edifici a destinazione speciale o pubblica (scuole, teatri o cinema, ospedali, ecc.);  
- gli edifici con struttura diversa da quella muraria (es. calcestruzzo armato).  
Nel caso di edifici speciali per destinazione d'uso (religiosa o civile) costruiti con struttura diversa da quella muraria (es. un convento con struttura metallica), prevede l'indicazione relativa alla destinazione d'uso.

La base cartografica utilizzata è il catasto fabbricati.





## 7.2 Fattori di vulnerabilità e resistenza osservati dovuti alle caratteristiche di impianto del tessuto e delle tipologie edilizie

### 7.2.1 Il processo evolutivo del centro storico e la ricostruzione post bellica

#### Brisighella

Il territorio di Brisighella è situato nella bassa valle del fiume Lamone alle pendici dell'appennino tosco-romagnolo in un'area articolata in tre colli ricchi di gesso e per lungo tempo sfruttati. La nascita del primo centro abitato ai piedi del monte Frisone, dove sorge l'attuale Rocca, risale alla fine del XIII secolo, mentre un insediamento successivo, denominato "Borgo", sorge ai piedi della Torre del gesso nella collina accanto. Quando nel XIV secolo la Rocca venne ricostruita e denominata Brisighella, le opere di fortificazione furono estese anche alla zona del Borgo realizzando una strada sopraelevata a scopo difensivo, integrata nelle abitazioni e illuminata da una fila di arcate (attuale Via degli Asini). Nei primi anni del 1400 la strada fortificata si estese alle pendici del monte Frisone unendosi così al Borgo. La posizione strategica lungo la strada di fondovalle ha influito notevolmente sulla crescita progressiva del centro urbano di Brisighella. Alla fine del 1400 l'insediamento urbano si estese più a valle, rendendo necessaria la tombinatura del rio della Valle, e realizzando l'attuale piazza Marconi, delimitata sul lato nord dalle arcate di sostegno della via degli Asini e sul lato sud da case porticate realizzate a servizio del mercato. L'area divenne il centro del mercato e della vita sociale. Nel 1457-66, Astorgio II Manfredi fece circondare Brisighella da una cinta di mura in pietra, dotata di tre porte: Porta Gabalo verso est, Porta Bonfante ad ovest, e Porta delle Cannelle (poi detta Fiorentina) a sud. Probabilmente esisteva anche una postierla di servizio, nei pressi della Torre del Gesso. L'attuale piazza del Monte fu destinata al mercato, lasciando a piazza Marconi il ruolo di centro della vita civile; Per tale ragione la strada coperta perse la sua originaria funzione difensiva, e i locali affacciati sulla via furono adibiti a stalle per gli asini mentre le residenze si spostarono ai piani superiori. Nel corso del 1500 Brisighella fu annessa allo Stato Pontificio e alcuni tratti di mura in rovina furono ricostruiti. Col tempo però le mura persero le originarie funzioni difensive, ed iniziarono ad essere incorporati nelle costruzioni civili e religiose (chiesa di S. Croce, chiesa del Rosario). Oggi le antiche mura sono quasi invisibili, perché inglobate in edifici residenziali, come nel caso dell'aggregato BR01. Verso la fine del Cinquecento il paese iniziò a estendersi al di là della cinta muraria. Fuori Porta Fiorentina fu creata una piazza, dalla quale si dipartivano tre strade corrispondenti a via dell'Abbondanza, via Roma e via Baccarini. Lungo questi tre assi sorsero delle case, creando col tempo un sobborgo che poi divenne il centro dello sviluppo urbano tra Seicento e Ottocento. Nel corso del Settecento non si registrano ampliamenti significativi del centro abitato, quanto la ricostruzione o ristrutturazione di alcuni palazzi appartenenti a famiglie nobili o ricche (palazzo Cattani, palazzo Giacometti-Ceroni, palazzo Liverzani, la sopraelevazione del palazzo Ferniani). Nel 1837, il percorso della strada Provinciale all'interno del paese fu spostato su via della Fossa e via Roma, al fine di facilitare il traffico; Piazza Carducci divenne il nuovo centro di Brisighella e da questa zona si avvia il successivo sviluppo edilizio (palazzo Laghi, palazzo Cavina, palazzo Bracchini-Giunchedi). Nella seconda metà dell'Ottocento vengono scoperte varie sorgenti di acque termali che, a differenza di Riolo, non incisero sullo sviluppo urbanistico del centro. Il paese poté tuttavia godere dell'arrivo della ferrovia, che entrò in funzione nel 1887 (tratto Faenza - Fognano) e 1893 (fino a Firenze). La strada Provinciale fu spostata su un tracciato ancora più esterno al paese, parallelamente alla ferrovia (l'attuale via Maglioni). L'espansione edilizia dei primi decenni del Novecento si concentrò quindi lungo questa nuova arteria, originando perlopiù stecche di casette a schiera<sup>4</sup>. Il passaggio del fronte bellico non provocò grossi danni all'abitato, che fu liberato il 4 dicembre 1944. Nel 1964 il degrado statico e igienico a causa dell'assenza di manutenzione, portò all'emanazione del DPR n. 950 del 13 agosto 1964, secondo il quale Brisighella fu inserita nell'elenco degli abitati di cui era previsto il trasferimento a spese dello Stato. In seguito a successive perizie tecniche il decreto rimase inattuato, fu abrogato molti anni dopo indirizzandosi maggiormente verso azioni di restauro del vecchio centro. Nel 1997 la Giunta Regionale emise un decreto di

<sup>4</sup> Lo sviluppo urbano fu regolato dal 1893 dal Regolamento di Edilità e di Ornato, e nel 1908 fu redatto un Piano Regolatore e di Ampliamento, mai attuato.

consolidamento che finalmente permise di elaborare un accurato piano di recupero del centro storico<sup>5</sup>. Sul piano delle vulnerabilità introdotte dal processo storico evolutivo documentato, la trasformazione più importante riguarda il riutilizzo delle antiche mura del borgo fortificato per accogliere edifici residenziali e l'addossamento di nuovi edifici alle antiche strutture (Figura ). Difatti, organismi murari contigui aventi una configurazione geometrica e strutturale molto differente (in termini di interpiano, spessori murari, ecc.) sono caratterizzati da una risposta sismica differente, e ciò è un elemento da tenere in considerazione nell'ambito di un eventuale intervento. Un altro evento da segnalare è la tombinatura del rio della Valle, che scorre al di sotto delle fondamenta di alcuni edifici (Figura 20).

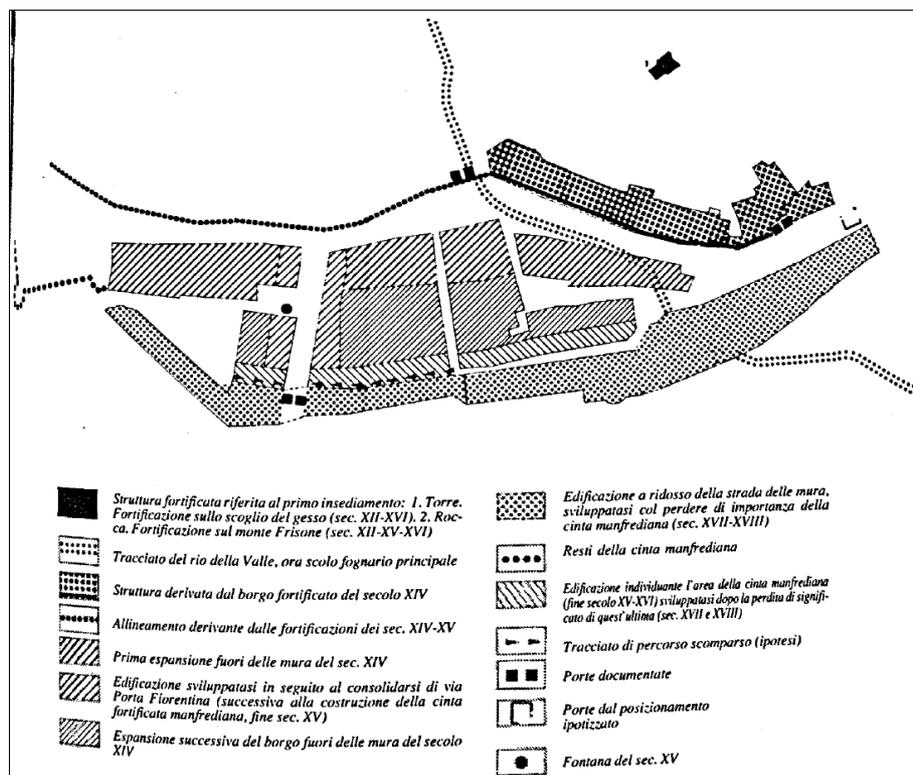


Figura 20 - Evoluzione storica del centro storico di Brisighella. Tratto da Cremonini, *Rischio sismico pianificazione dei centri storici*, Alinea Ed., Firenze, 1994

Brisighella non è stata interessata da una ricostruzione post bellica e non si osservano casi di sostituzione edilizia con edifici in struttura diversa da quella muraria.

### Fognano

La località di Fognano è ricordata sino dall'anno 958 per la presenza di una chiesa dedicata a San Pietro. Dalla fine del XIII secolo e fino alla metà del 1400 Fognano si presentava come un piccolo centro poco sviluppato, protetto inizialmente da un castello nelle vicinanze, successivamente distrutto. Dal 1463 per tutto il XV e XVI secolo, con la ricostruzione della chiesa di San Pietro, inizia un processo di espansione lineare dell'abitato ai lati dell'arteria stradale, proprio sul bordo della scarpata sul fiume Lamone. La progressiva erosione dell'ansa del fiume Lamone ha provocato verso la fine del 1700 lo spostamento della viabilità provinciale a monte del centro. Un nuovo tracciato venne realizzato, tramite una doppia curva sul vecchio asse stradale che attraversava il paese, allargandosi in corrispondenza della piazza Garibaldi, dove si affacciava la chiesa di Santa Caterina che faceva parte del convento di epoca settecentesca.

<sup>5</sup> Piano di Recupero del centro storico di Brisighella, approvato con Delibera C.C. n. 203 del 9.12.1994; progettisti arch. T. Conti, arch. V. Savini, arch. S. Galegati.

In epoca napoleonica il convento di Santa Caterina fu soppresso e ceduto a un privato che lo acquistò nel 1821. Il vecchio convento fu quasi interamente demolito, comprese alcune case ad esso addossate e venne realizzato un blocco edilizio con due grandi chiostri quadrati, terminato nel 1868 e destinato a collegio per l'educazione delle fanciulle.

Oggi è un centro di accoglienza per attività religiose, formative e per ferie ed è gestito dalle Suore Domenicane del Santissimo Sacramento. La facciata sulla strada principale ha una lunghezza di ben 172 metri, ed il fabbricato occupa un'area di 13.000 mq, con tre ettari di giardini e orti, equivalente alla metà del centro storico di Fognano.

Dalla analisi del processo storico-evolutivo non si notano particolari eventi che possano avere introdotto vulnerabilità nel tessuto murario.

### **Casola Valsenio**

Il primo nucleo della località di Casola, risalente al 1126, consisteva in una fortificazione situata sul colle a ridosso del centro abitato odierno, che venne distrutto dai Faentini nel 1215. Da allora l'insediamento si trasferì lungo la strada di fondovalle, e si sviluppò, soprattutto nel periodo quattro-cinquecentesco, sul terrazzo prospiciente il fiume Senio, delimitato a sud e a est dal fiume stesso e a nord dal Rio di Casola. La strada di fondovalle, originariamente molto più vicina al fiume di quanto non lo sia l'attuale Provinciale, dava accesso al nucleo storico tramite la Torre del Galbetto, risalente ai primi del Cinquecento, e si collegava a sud-ovest dell'abitato al ponte sul Senio; al centro del terrazzo sul Senio fu lasciata una piccola piazza per il mercato da cui scendeva un viottolo fino al mulino, mentre un'altra stradina partiva dalla Torre del Galbetto e conduceva al sito antico di Casola, dove ancora per molto tempo (almeno fino al 1830) rimase attiva la chiesa di Santa Maria, con funzioni cimiteriali. Solo nel 1657 avvenne il trasferimento della parrocchia dall'antica Chiesa di sopra a quella dei Domenicani.

Il carattere quasi rurale dell'economia locale si riflette sulle tipologie edilizie presenti nel centro storico, dove non sono visibili palazzi o case con particolare pregio artistico ma è diffuso un tessuto urbano costituito essenzialmente da case a schiera in muratura, con piccoli orti retrostanti, rimaneggiate esteriormente nell'Ottocento.

Nel 1829 le criticità della strada principale, troppo a ridosso del Senio, soggetta a frane e inadatta al passaggio di veicoli, si diede l'avvio alla costruzione della nuova strada provinciale e successivamente al nuovo tracciato della strada per Riolo. Lo sviluppo urbano dei primi decenni del Novecento fu comunque molto limitato e si concentrò ai lati della strada Provinciale.

Il passaggio del fronte bellico nel 1944-45 provocò gravi danni al paese: secondo la relazione inviata a Roma dal Sindaco Guido Ricciardelli nel 1946, nel centro abitato 18 case andarono distrutte, 80 furono gravemente danneggiate ed altre 144 leggermente danneggiate, per un totale di circa 1000 senzatetto. Il Municipio e le Scuole andarono totalmente distrutte, gravi danni ebbe pure l'Ospedale. Anche tutti i ponti più importanti furono distrutti dai Tedeschi in ritirata e per mesi Casola rimase totalmente isolata.

Le distruzioni avvenute durante il passaggio del fronte bellico consentirono, negli anni Cinquanta, l'apertura di un collegamento diretto (via Marconi) fra piazza Sardelli e la strada Provinciale, contornato da edifici nuovi.

Un evento di rilievo nel processo evolutivo del centro storico di Casola è la ricostruzione post-bellica.

Il piano di ricostruzione prevede in gran parte la conservazione dei tracciati originari degli edifici e demolizioni localizzate nelle porzioni retrostanti alle schiere del nucleo di primo impianto (Figura 21).

Tali previsioni risultano non perfettamente rispettate, come si evince dalla mancata demolizione dell'edificio a L presente di fronte alla Torre del Galbetto, ad oggi in situ.



Figura 21 - Catasti storici di Casola Valsenio e Piano di Ricostruzione. La configurazione curva del primo impianto sul terrazzamento di fronte al fiume Senio è rimasta immutata e l'espansione della città è avvenuta a monte. Si nota che alcune previsioni del PdR non sono state realizzate, con particolare riguardo alle demolizioni previste nei lotti delle schiere e dell'edificio a L nei pressi della Torre del Galbetto a nord.

### Castel Bolognese

Centro di fondazione medioevale, sorto verso la fine del 1400 per volere della città di Bologna che intendeva in questo modo consolidare il suo dominio sul territorio, Castel Bolognese era inizialmente un fortilizio militare abitato e cinto da mura a monte della via Emilia e circondato da un fossato alimentato dalle acque del fiume Senio. La rete viaria interna, articolata in tre strade in direzione nord-est, sud-ovest ed una perpendicolare, più la strada perimetrale a ridosso della cinta, era caratterizzata dall'ampio uso di portici.

La cinta, originariamente realizzata in legno, venne sostituita e ampliata nel 1425 con una struttura in muratura che andò ad inglobare al suo interno un primo borgo di case realizzate all'esterno lungo la via Emilia. Si originarono così quattro nuovi isolati rettangolari molto allungati, paralleli alla via Emilia e con case porticate lungo tutta la strada maestra. La nuova cerchia difensiva era dotata di torresini semicirculari e le porte del Molino verso Faenza, e del Mercato verso Bologna.

Nel corso del XV secolo vennero realizzate diverse strutture religiose (la chiesa di Santa Lucia, poi affidata a i frati minori conventuali e quindi rinominata San Francesco con annesso grande monastero, la chiesa di San Petronio fu ampliata, la chiesa della confraternita di Santa Croce), mentre la Rocca venne semidistrutta, per volere di Cesare Borgia, e successivamente restaurata e rafforzata mediante la costruzione di quattro grandi torrioni semicirculari, uno

per lato, che le diedero una singolare forma polilobata. Tuttavia nel tempo perse la sua funzione difensiva e venne demolita parzialmente per dare spazio alla Chiesa Nuova legata alla confraternita del Corpus Domini.

Tra il Cinquecento e per tutto il Settecento gli interventi di maggior rilievo riguardarono prevalentemente gli edifici religiosi. Nel XVIII secolo si sviluppò il sobborgo fuori Porta del Mercato, lungo la via Emilia per Bologna; in questa zona sorse nel 1759, un oratorio oggi ancora esistente.

Il terremoto del 4 aprile 1781 causò danni a numerosi edifici, in particolare alle chiese.

Con l'arrivo dei francesi, alla fine del 1700, il potere del clero venne ridefinito e molte chiese furono chiuse. La struttura urbana di Castel Bolognese, che fino a quel momento era rimasta sostanzialmente quella originaria iniziò a modificarsi soprattutto a seguito dell'apertura della ferrovia Bologna-Forlì nel 1861, e del tronco per Ravenna nel 1863 che trasformò la città in un importante nodo ferroviario. Venne realizzato un accesso diretto dalla stazione al centro storico tramite un varco di cinque metri nelle mura.

Nel decennio successivo furono demolite le due Porte sulla via Emilia, e fu poi aperta una breccia detta "Porta Nuova" nella cinta per agevolare il traffico, realizzando così l'accesso da ogni lato.

Verso la fine del 1800 le mura, giudicate ormai inutili ed ingombranti, vennero abbassate a livello di semplici parapetti e i vecchi fossati vennero alberati. Fino agli anni Venti il centro storico rimase ben delimitato dal giro delle mura e lo sviluppo urbano si estese all'esterno lungo viale Roma.

Durante la seconda Guerra Mondiale il centro storico di Castel Bolognese, situato vicino alla linea del fronte che per tutto l'inverno 1944-45 stazionò sul Senio, subì ingenti danni: l'antica torre del castello fu fatta saltare dai tedeschi, così come diversi portici sulla via Emilia; distrutti la chiesa del Suffragio e il Teatro, mentre gravi danni subirono il palazzo Comunale, palazzo Mengoni, e le chiese di San Francesco, San Petronio e San Sebastiano, oltre a molte case specie del settore orientale del centro.

Il Piano di Ricostruzione che venne redatto successivamente aveva come obiettivo il ripristino delle zone distrutte e l'individuazione di aree per abitazioni e infrastrutture. Inizialmente, il piano prevedeva grandi demolizioni nel centro del paese, per far posto al nuovo Municipio, al Teatro, a un albergo e a un palazzo per la posta e uffici vari. In seguito a forti opposizioni il progetto si ridimensionò, delineando nel 1950 una nuova versione in cui fu deciso di spostare il Municipio in palazzo Mengoni, e di eliminare il vecchio palazzo Comunale e la ormai distrutta chiesa del Suffragio per allargare piazza Bernardi. Gli interventi realizzati non tennero conto dei caratteri delle strutture esistenti permettendo la costruzione di edifici completamente diversi.

## **Solarolo**

Centro storico di origine medioevale, fu fondato verso il 1341, dopo il passaggio dall'influenza imolese al dominio dei Faentini, con una maglia stradale costituita da una via principale e due ad essa parallele, più un collegamento trasversale, ma ancora cinto da una semplice palizzata. A partire dal Quattrocento, le originarie abitazioni in materiali precari furono sostituite da edifici in muratura.

Verso il 1460-65 i Manfredi edificarono una nuova Rocca, incorporandovi la Torre dei bolognesi che era appena all'esterno dell'abitato ed in prossimità dell'unica porta, rivolta verso ovest; nel decennio 1470-80 la palizzata intorno al paese fu sostituita da una cerchia in muratura, leggermente più ampia sul lato nord.

Le mura erano dotate di cinque torresini semicircolari, ed erano costruite con struttura interna ad archi e pilastri simile a quella delle mura di Faenza. Il camminamento di ronda era costituito da un terrapieno o terraglio, che girava su tutto il perimetro. Anche la Rocca subì degli ammodernamenti, mediante la costruzione di due torrioni rotondi sul lato ovest. All'interno delle mura non esisteva una piazza per il mercato; a questa funzione assolveva, in tempo di pace, il grande spiazzo fra la Porta e il Canale dei Mulini.

Nel XVI secolo, sotto il dominio di Isabella d'Este vennero ripristinati la Rocca e il Molino di Borgo Bennoli.

Nel 1587, venute meno le necessità difensive, fu aperta una porta sul lato est delle mura, per migliorare l'accesso da Faenza. L'anno seguente, presso l'angolo nord-ovest del paese fu costruita la chiesa del Rosario, la cui facciata monumentale presentava un grande timpano e nicchie per statue.

Il terremoto del 1688 diede il colpo di grazia alla Rocca Manfrediana, da tempo in abbandono e che da allora fu progressivamente smantellata. Il fossato che la separava dal paese fu interrato, originando l'odierna piazza Garibaldi che divenne luogo per il mercato e il ritrovo.

Nel corso del Settecento, una fila di case fu costruita sulle mura di via Mirasole, sfruttando la favorevole esposizione.

Come a Faenza, anche a Solarolo i torresini furono ceduti a dei privati, e solo uno fu trattenuto dal Comune come ghiacciaia, più di recente divenuta cabina elettrica.

Solarolo non ebbe mai famiglie nobili native del luogo, e per questo in centro non vi sono palazzi di particolare rilievo artistico, eccetto palazzo Bassani (XVIII secolo).

Nei primi anni dell'Ottocento, l'area della Rocca smantellata fu in gran parte venduta a privati, e Solarolo venne momentaneamente unita al Comune di Castel Bolognese, ma col ritorno del regime pontificio l'autonomia fu ripristinata.

Il 24 agosto 1863 in occasione dell'apertura della Stazione ferroviaria, il primo tratto di via Felisio fino alla ferrovia fu risistemato ed alberato con tigli, assumendo il ruolo di Passeggio Pubblico, indirizzando col tempo il futuro sviluppo urbanistico dell'abitato;

Nel aprile 1945 Solarolo venne bombardata data la sua vicinanza col fronte bellico, e il giorno 11 le truppe alleate entrarono in paese. La città fu semidistrutta, e i tedeschi con un ultimo crudele gesto avevano fatto saltare la torre medioevale, piena di civili che vi si erano rifugiati. Nel centro urbano il 55% degli edifici andò distrutto e il 25% molto danneggiato, per cui il danno fu immenso.

Il Piano di Ricostruzione comportò alcune importanti modifiche all'assetto urbano medioevale. In particolare si rileva la creazione di piazza Gonzaga, ricavata sul posto di parte del palazzo Comunale e di alcune case. Un intero isolato fra le vie Geminiani e Schiavonia, dove si trovavano le scuole elementari e l'asilo infantile, fu sostituito da un piazzale (piazza XXV Aprile), e fu creata anche la piazzetta Monsignor Babini. Altri vuoti creati dalle bombe nel tessuto urbano antico non furono però colmati, e sono rimasti sino ad oggi.

Il Piano di Ricostruzione non fu attuato nella parte che prevedeva la riedificazione del Teatro (che era annesso al Municipio), della chiesa del Rosario, e la realizzazione di un mercato coperto e di un lavatoio pubblico. Nella relazione introduttiva, il Piano di Ricostruzione rilevava come gran parte delle case del centro fosse malsana e antigienica già da prima delle distruzioni belliche, per cui in sede d'intervento si pose molta attenzione più alla salubrità degli edifici ricostruiti e riparati, che non alla conservazione degli elementi storico - tipologici.

Nel dopoguerra fu anche demolito il lato nord delle mura, interrando il fossato per realizzare degli impianti sportivi. In epoca più recente si è invece compreso il valore delle mura, e sono iniziati i restauri: nel 1960 e intorno al 1995 sul lato est, e verso il 1980 sul lato ovest. Il Molino fu ristrutturato nel 1967-69 con l'aggiunta di una torre a quattro piani per l'impianto a cilindri, e di un silos alto 12 metri, ma alla fine degli anni Novanta ha cessato l'attività.

## **Riolo Terme**

Il centro storico di Riolo Terme venne fondato verso la fine del 1300 per volere della città di Bologna, in posizione strategica su uno sperone di roccia affacciato sul fiume Senio e sul Rio Vecchio. Accanto al centro abitato, sul lato meno difendibile, venne edificata la Rocca, il cui nucleo originario era costituito da una torre quadrata, attualmente inglobata nella Torre quadra odierna, e probabilmente anche da un cortile cinto da un muro.

La struttura urbanistica del nucleo originario di Riolo è tipica dei centri di fondazione medioevale, con alcune strade parallele ed una trasversale di collegamento, a formare sei isolati, di cui quattro grandi e due più piccoli.

Intorno alla metà del 1400 la Rocca di Riolo venne rafforzata sui lati esterni tramite l'ispessimento dei muri della Torre quadra e dei muri perimetrali e venne realizzato un torrione angolare rotondo (rondella) verso sud. Dal 1470 in poi ulteriori lavori vennero effettuati sulla Rocca (costruzione del torrione ovest, poi il torrione est e ingrossamento del torrione sud) e venne realizzato tutto attorno il fossato alimentato dalle acque del Rio della Doccia.

Nel luglio 1472 Riolo divenne il capoluogo della Contea di Valdisenio.

Durante il dominio di Imola che si protrasse per tutto il XVI secolo Riolo attraversò un periodo di decadenza. Le mura già diroccate iniziarono a risentire dei dissesti del costone argilloso su cui sorgevano e gli angoli della cinta verso sud-ovest e nord-ovest franarono tra Sei e Settecento, smussando notevolmente l'originario perimetro quasi rettangolare della

cerchia muraria. La Comunità di Riolo, costituita quasi esclusivamente da artigiani e braccianti, non aveva realizzato nel tempo edifici di pregio architettonico. Unico edificio di qualche rilievo artistico era la chiesa di S. Giovanni, la cui facciata fu ricostruita nel 1713.

La scoperta delle acque termali nel 1783 in località Rio Vecchio portò ad un graduale sviluppo dell'intera struttura insediativa del centro. Dai primi anni del 1800 i primi edifici vennero costruiti al di fuori della cinta muraria per ricavare locali da affittare ai forestieri che venivano ad usufruire dei benefici delle acque. Successivamente fu realizzata la nuova strada d'accesso al paese, tramite una consistente rettifica del vecchio tracciato, interrando la parte ovest del fossato della Rocca, al fine di ampliare la piazza interna; il resto del fossato interno della Rocca fu interrato nel 1860, demolendo pure il settecentesco arco di ingresso al paese.

Lungo il tracciato a ridosso del paese iniziarono a sorgere nuove case; la prima fila occupò il fossato est della Rocca, lasciando pochi metri di spazio fra l'antico fortilizio e i nuovi fabbricati. Di seguito, iniziarono le prime costruzioni sul lato nord del corso, a partire dai terreni più vicini al centro. Verso metà Ottocento furono edificate case sull'area del fossato nord della Rocca e delle mura, più alcune sul lato opposto dell'attuale via Amendola). Accanto al torresino delle mura tuttora superstita fu realizzata una piazzetta, detta del Macello, sulla quale nello stesso periodo si affacciarono altre case.

A metà dell'Ottocento l'aumento degli utenti delle acque termali rese necessario rinnovare le strutture esistenti. Dopo l'Unità d'Italia, al di là del fiume Senio, nei pressi della strada per Casola, fu realizzato uno stabilimento termale, negli anni a seguire ampliato più volte con l'aggiunta di locali per il teatro e il casinò,

Lo sviluppo urbanistico di Riolo si concentrò essenzialmente nell'area a nord del corso, fra il nucleo antico e l'attuale via Gramsci, mentre la necessità di preservare da inquinamento la zona delle fonti termali impedì ogni edificazione verso ovest ed intorno allo stabilimento.

Durante i celebri 127 giorni in cui il fronte bellico si arrestò sul Senio, Riolo fu soggetta a bombardamenti alleati e a ritorsioni tedesche, che provocarono gravi danni a tutto il centro abitato. L'antica ex abbazia di San Pietro in Sala e la chiesina dei Caduti furono semidistrutte, e pure la Rocca subì diversi danni. Il ponte sul Senio fu pure distrutto, e anche lo Stabilimento termale subì gravi danni.

### *7.2.2 Tipi edilizi*

Le peculiarità orografiche dei diversi centri, rappresentano un elemento fondamentale per la definizione della forma urbana e di conseguenza per la definizione dei tipi edilizi.

Nei paragrafi precedenti si è accennato alle vicende storiche che hanno portato alle diverse configurazioni del tessuto urbano e si è fatto specifico riferimento agli eventi bellici e al peso che le distruzioni legate a questi ultimi hanno avuto nella formazione e trasformazione del costruito.

L'analisi speditiva condotta in maniera estensiva ha consentito di individuare delle tipologie edilizie ricorrenti, declinate a seconda delle specificità orografiche dei centri. In particolare si sono individuate la tipologia tradizionale della casa a schiera, del palazzo e della casa in linea, quest'ultima generalmente frutto di ricostruzioni post-belliche.

### **Brisighella**

Come precedentemente ricordato, è uno dei centri meglio conservati grazie alla quasi totale assenza di danni post bellici. Il centro storico si sviluppa su di un terreno molto acclive ed è caratterizzato dalla presenza di assi viari che seguono le curve di livello. Gli isolati che si attestano su questi assi viari sono caratterizzati da case a schiera impostate su pendio a forte pendenza; un aggregato a ridosso del costone roccioso caratterizzato dalla presenza della strada porticata della via degli Asini. La tipologia del palazzo caratterizza il versante a valle di via Naldi, e comprendono un fronte porticato al piano terra sulla pubblica via. Il resto del centro storico è caratterizzato da tipologie a schiera spesso rimaneggiate e oggetto di rifusioni. Si evidenzia la presenza di palazzi nobiliari, sulla via Fossa e sulla via Roma.

I fattori di vulnerabilità legati al tipo edilizio, nel caso di Brisighella, riguardano in particolare le case con il portico al piano terra e la specifica tipologia che comprende la via degli Asini. I portici sono caratterizzati da una vulnerabilità intrinseca

dovuta alla loro peculiare configurazione strutturale che in risposta all'azione sismica offre la resistenza di elementi puntuali dei pilastri in luogo di muri. Tuttavia, a Brisighella non sono osservabili evidenze che possono riferirsi a particolari dissesti dovuti a tale configurazione.

### **Casola Valsenio**

Pesantemente colpito dalle distruzioni belliche il centro più antico è costituito da grossi aggregati urbani perlopiù composti da edifici a schiera.

Il sito è caratterizzato da una vasta area pianeggiante che si affaccia a strapiombo sulla valle del Senio. Si possono quindi individuare due declinazioni della tipologia a schiera: quella realizzata su terreno in forte pendenza riguardante la porzione di edificato costruita sul bordo del "terrazzo sul Senio" e (ii) in piano per quanto riguarda il resto dell'edificato.

In particolare il grande aggregato definito dalle strade via Fondazza e via Matteotti presenta delle caratteristiche singolari rispetto al resto degli edificati studiati. L'aggregato in questione è costituito da edifici a schiera prospettanti su via Matteotti, quasi tutti presentano delle pertinenze che arrivano fino alla via Fondazza, il terreno su cui è costruito questo agglomerato presenta una depressione centrale che ha influenzato le successive saturazioni, gli edifici ivi costruiti risultano quindi caratterizzati da un numero di piani differenziato sullo sviluppo longitudinale dei lotti.

### **Castel Bolognese**

Anch'esso pesantemente colpito dai bombardamenti, mantiene l'assetto originario caratterizzato da grandi isolati scanditi da una maglia ortogonale.

La caratteristica principale riscontrata è la presenza di portici concentrati in particolar modo lungo la via Emilia.

L'edificato è caratterizzato da edifici a schiera alternati a consistenti porzioni di ricostruzione post-bellica, (grossi volumi in tecnica mista o in cemento armato generalmente caratterizzati da tipologia in linea), si rileva la presenza di alcuni edifici nobiliari sviluppati intorno ad una corte (via Garavini).

Appare utile rilevare la presenza diffusa di edifici specialistici, quali chiese e conventi, inseriti all'interno del tessuto edilizio minore. Questi edifici sono caratterizzati da una configurazione geometrico-strutturale che prevede luci libere di notevole dimensione su entrambe le dimensioni verticale e orizzontale. I punti di connessione tra questa edilizia specialistica e l'edilizia ordinaria sono quindi caratterizzati sistematicamente da sfalsamenti degli orizzontamenti ovvero dall'assenza di diaframmi orizzontali nel caso di chiese.

### **Solarolo**

Come gli altri piccoli centri, colpito in modo significativo dalle distruzioni belliche è stato ricostruito sul medesimo sedime, la tipologia prevalente è la schiera non si rileva la presenza di edilizia specialistica o nobiliare, fatte eccezioni per la chiesa, l'oratorio e il comune.

Particolarmente significativo, il sistema edilizio attestato sulle mura della rocca (via Mirasole, Via Sangiorgi) il quale presenta accessi sia sul lato interno delle mura sia sul lato esterno. Tale sistema insediativo sfrutta il dislivello tra la quota stradale interna e il piano di calpestio esterno alle mura per la realizzazione di ambienti di servizio e cantine.

### **Riolo Terme**

Caratterizzato da differenti situazioni orografiche, il centro storico di Riolo si sviluppa intorno alla rocca e al rispettivo fossato. La zona situata a sud-ovest è caratterizzata da un terrazzamento pianeggiante sul quale si attestano aggregati di forma rettangolare caratterizzati da tipologie a schiera e interessati da consistenti volumi di sostituzione, fatta eccezione per l'hotel Terme, unico edificio con tipologia specialistica prospettante su via Garibaldi.

La zona sud est si attesta su una porzione di terreno in pendio ed è caratterizzata da edifici con tipologia eterogenea, si rileva una consistente presenza di palazzi ottocenteschi prospettanti su via Terme; l'aggregato sito sulla piazza Mazzanti è caratterizzato da una struttura molto articolata all'interno della quale si trovano piccoli spazi vuoti con pubblico accesso (presenza di sottopassi).

Infine la zona nord est è caratterizzata da aggregati con tipologia eterogenea (locali commerciali, edifici a schiera, palazzi e volumi di sostituzione in calcestruzzo armato) caratterizzati da sedime pianeggiante.

A diretto contatto con la rocca si sviluppano due aggregati prevalentemente realizzati con tecnica muraria anche questi caratterizzati da tipologie eterogenee.

### **7.3 Fattori di vulnerabilità e fattori di resistenza relativi alla tecnica costruttiva locale e alle trasformazioni**

L'architettura storica dei comuni presi in esame è dotata dei tradizionali presidi antisismici generalmente utilizzati nelle aree simiche per migliorare le capacità di resistenza, della fabbrica muraria storica, alle azioni orizzontali indotte dai terremoti.

Dalle osservazioni speditive condotte sono stati rilevati con una certa ricorrenza capochiavi metallici di varia forma e datazione sulle facciate degli edifici.

Gli incatenamenti alla quota dei solai intermedi sono ampiamente diffusi, si trovano quasi esclusivamente tra il primo e il secondo livello e solo sporadicamente alla quota d'interpiano superiore (tra il secondo e il terzo livello).

Molto diffuse sono le legature tra l'orditura lignea di copertura e la cimasa muraria; queste legature sono realizzate con elementi metallici (barre piatte) piegate a 90 gradi inserite all'interno dell'orditura lignea e agganciate alla parete di timpano con funzione di trattenimento. Meno frequente la presenza di muri a scarpa, contrafforti e archi di sbatacchio.

### **7.4 La carta delle vulnerabilità e resistenze del tessuto edilizio**

Le vulnerabilità e le resistenze individuate a seguito della campagna di sopralluoghi effettuati sul campo, sul tessuto edilizio sono state mappate sulla cartografia disponibile, alla scala 1:1000, per evidenziarne la diffusione sul tessuto storico. La cartografia di base utilizzata è la base digitale del catasto fabbricati, fornita dall'Ufficio di Piano.

Per l'approvazione, i suddetti elaborati, disegnati in scala 1:1.000, sono allegati al presente Titolo adattati per il formato del documento (Tavole F2.2.1-5).

Le tipologie edilizie escluse dall'indagine sono gli edifici religiosi, i palazzi monumentali e i fabbricati con struttura diversa da quella muraria e altre tipologie edilizie speciali. Alla prima categoria appartengono le chiese e i complessi conventuali non trasformati in residenze, che abbiano quindi una destinazione pubblica o di uso pubblico (scuole, ospedali, ecc.). Le tipologie palaziali escluse dall'indagine sono quelle monumentali, che si distinguono dai palazzi di limitate dimensioni per luci più ampie e altezze maggiori, ma soprattutto per la destinazione che spesso è diventata di uso pubblico; a questa categoria appartengono anche tutti quegli edifici speciali a destinazione pubblica, quali i teatri o cinema, le scuole, gli ospedali, ecc. Infine, sono esclusi anche tutti gli edifici con struttura diversa da quella muraria, in massima parte costituiti da palazzi con struttura a telaio di calcestruzzo armato.

La carta individua e localizza sugli aggregati i fattori di vulnerabilità osservati in modo ricorrente. Tali fattori sono riferiti alle caratteristiche proprie dell'edificato (presenza di volumi svettanti, disallineamento degli orizzontamenti di edifici in adiacenza, disallineamento verticale delle aperture in facciata, ridotto spessore dell'architrave in corrispondenza della cimasa), ma anche derivati da modificazioni derivanti dalla variazione delle esigenze d'uso, tra questa la più evidente è l'allargamento delle aperture al piano terreno.

La scala di rappresentazione della carta non consente la localizzazione puntuale delle vulnerabilità e dei punti di forza individuati, piuttosto suggerisce una riproduzione sintetica degli stessi, che ne attesta la presenza negli aggregati edilizi e al contempo la loro distribuzione nell'ambito dell'intero centro storico.

Alcune tra le vulnerabilità osservate sono più diffuse in zone specifiche del tessuto costruito piuttosto che in altre, e ciò principalmente in ragione delle caratteristiche che distinguono le diverse aree del centro storico. Ad esempio, si riscontra una particolare concentrazione degli allargamenti delle aperture al piano terra in corrispondenza delle strade a maggiore vocazione commerciale, per la realizzazione delle ampie vetrine dei negozi, ma anche in alcune zone quasi esclusivamente residenziali per la formazione di autorimesse.

Il rilevamento delle vulnerabilità e delle resistenze è stato condotto seguendo i criteri di seguito specificati.

Per quanto riguarda i fenomeni di vulnerabilità: i corpi svettanti sono definiti come volumi che si elevano, rispetto ai fabbricati adiacenti, per altezze corrispondenti ad almeno un interpiano; gli allargamenti di aperture al piano terreno sono quelli operati su pareti murarie, in genere per ricavare autorimesse o per le vetrine delle attività commerciali; il disallineamento degli orizzontamenti tra fabbricati contigui, che si può verificare in presenza di altezze di interpiano anomale, è stato rilevato in presenza di notevoli sfalsamenti, prossimi al mezzo interpiano; il disallineamento delle aperture in facciata è definito come lo sfalsamento delle bucatore rispetto all'ipotetica infilata verticale. Infine, la presenza di architravi di spessore ridotto in corrispondenza della cimasa muraria è stata considerata come forma di vulnerabilità quando la porzione muraria soprastante la bucatore raggiunge al massimo lo spessore doppio di un architrave ligneo di dimensioni ordinarie (quindi, una dimensione di circa 40-50 cm al massimo); sono quindi esclusi i casi in cui è presente un cornicione sulla cimasa, che nel caso più generale ha dimensioni maggiori della porzione muraria definita come sopra.

Alcune forme di vulnerabilità sono tipiche delle aree di connessione tra l'edilizia di base e gli edifici specialistici, esclusi dall'indagine. Nel caso più generale, le notevoli altezze di interpiano e le dimensioni monumentali di edifici come chiese, conventi o palazzi, generano, al contatto con edifici di minori dimensioni, ricorrenti casi di sfalsamento degli orizzontamenti e di presenza di volumi svettanti. Tali ricorrenze non sono state riportate nel computo delle vulnerabilità per non falsare i dati raccolti sull'edilizia ordinaria, ma sono intuibili perché gli edifici specialistici sono evidenziati con un retino differente.

I dispositivi che rappresentano punti di forza del tessuto edilizio, sono definiti in base alla posizione e alla tipologia di presidio e rilevati nel numero riscontrabile dall'osservazione del solo perimetro dell'aggregato. Gli incatenamenti dei solai intermedi o delle coperture, in qualsiasi forma siano presenti, sono definiti in base al posizionamento, appunto all'altezza dei solai o delle orditure di copertura. I muri a scarpa e gli speroni o contrafforti sono invece raggruppati nella stessa categoria di forme di resistenza.

La rappresentazione dei fenomeni di vulnerabilità e punti di forza è riassunta in una serie di ideogrammi racchiusi entro un blocco grafico, che riporta i simboli dei singoli fenomeni e il numero delle ricorrenze osservate, oltre al codice identificativo dell'aggregato. Il metodo impiegato è stato approntato ad hoc, sia nei simboli utilizzati che nel modo di raggrupparli, utile nella rappresentazione grafica ma anche nella creazione di un database di informazioni (Figura 22).

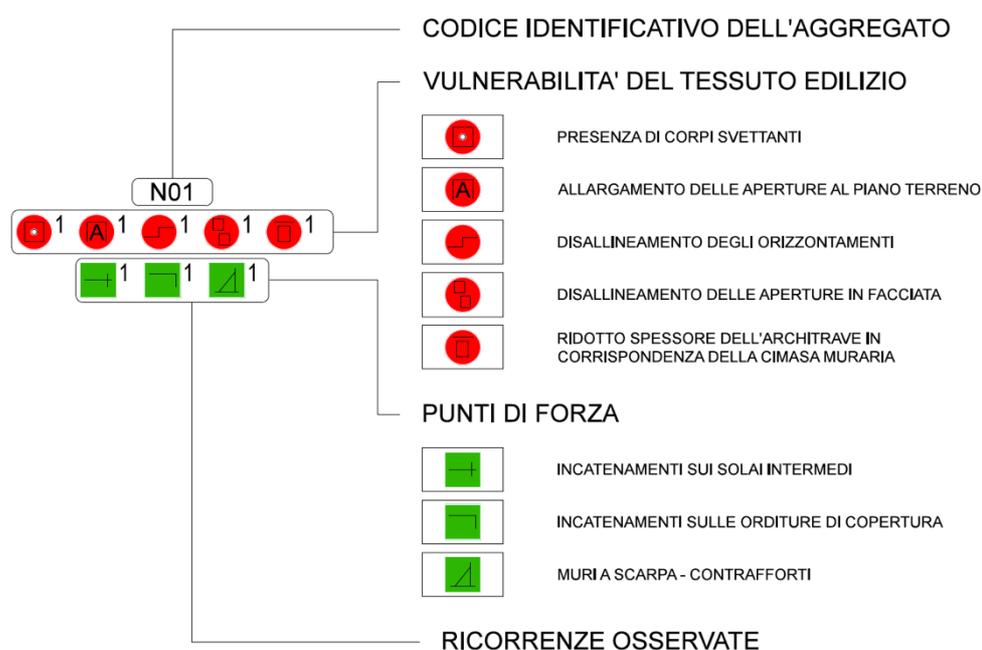


Figura 22 - Legenda dei simboli della carta delle vulnerabilità e resistenze



PRESENZA DI CORPI SVETTANTI



ALLARGAMENTO DELLE APERTURE AL PIANO TERRENO



RIDOTTO SPESSORE DELL'ARCHITRAVE IN CORRISPONDENZA DELLA CIMASA MURARIA



DISALLINEAMENTO DEGLI ORIZZONTAMENTI



INCATENAMENTI SUI SOLAI INTERMEDI



INCATENAMENTI SULLE ORDITURE DI COPERTURA



 MURIA SCARPA - CONTRAFFORTI

### **Analisi speditiva della vulnerabilità del tessuto edilizio del centro storico**

Il presente Titolo costituisce il risultato dell'analisi speditiva del tessuto edilizio del centro storico, **Fase 2** della Convenzione tra l'Unione dei Comuni della Romagna Faentina e l'Università degli Studi di Catania - Dipartimento di Ingegneria Civile e Architettura (DICAr) per lo svolgimento in collaborazione di un progetto di ricerca in materia di vulnerabilità sismica degli aggregati edilizi nei centri storici di Brisighella, Casola Valsenio, Castel Bolognese, Riolo Terme e Solarolo

#### **Gruppo di lavoro analisi di vulnerabilità urbana di primo livello:**

Caterina F. Carocci, Salvatore Giuffrida (Responsabili scientifici)  
Chiara Circo, Margherita Giuffrè, Luciano A. Scuderi (Gruppo di lavoro)

# UNIONE DEI COMUNI DELLA ROMAGNA FAENTINA

Convenzione tra L'Università degli Studi di Catania — Dipartimento di Ingegneria Civile e Architetture (DICAR) e L'Unione dei Comuni della Romagna Faentina

Per lo svolgimento in collaborazione di un progetto di ricerca in materia di vulnerabilità sismica degli aggregati edilizi nei centri storici di

Brisighella, Casola Valsenio, Castel Bolognese, Rido Terme e Solarolo

Responsabili scientifici:

Caterina F. Carocci, Salvatore Guirifida

Gruppo di lavoro:

Chiara Circo, Margherita Giuffrè, Luciano A. Scuderi

## FASE 2 ANALISI SPEDITIVA DEL TESSUTO EDILIZIO DEL CENTRO STORICO

### F2.2.1

Fattori di vulnerabilità e  
resistenza del tessuto edilizio

scala: 1:1000  
Rev. sett. 2017

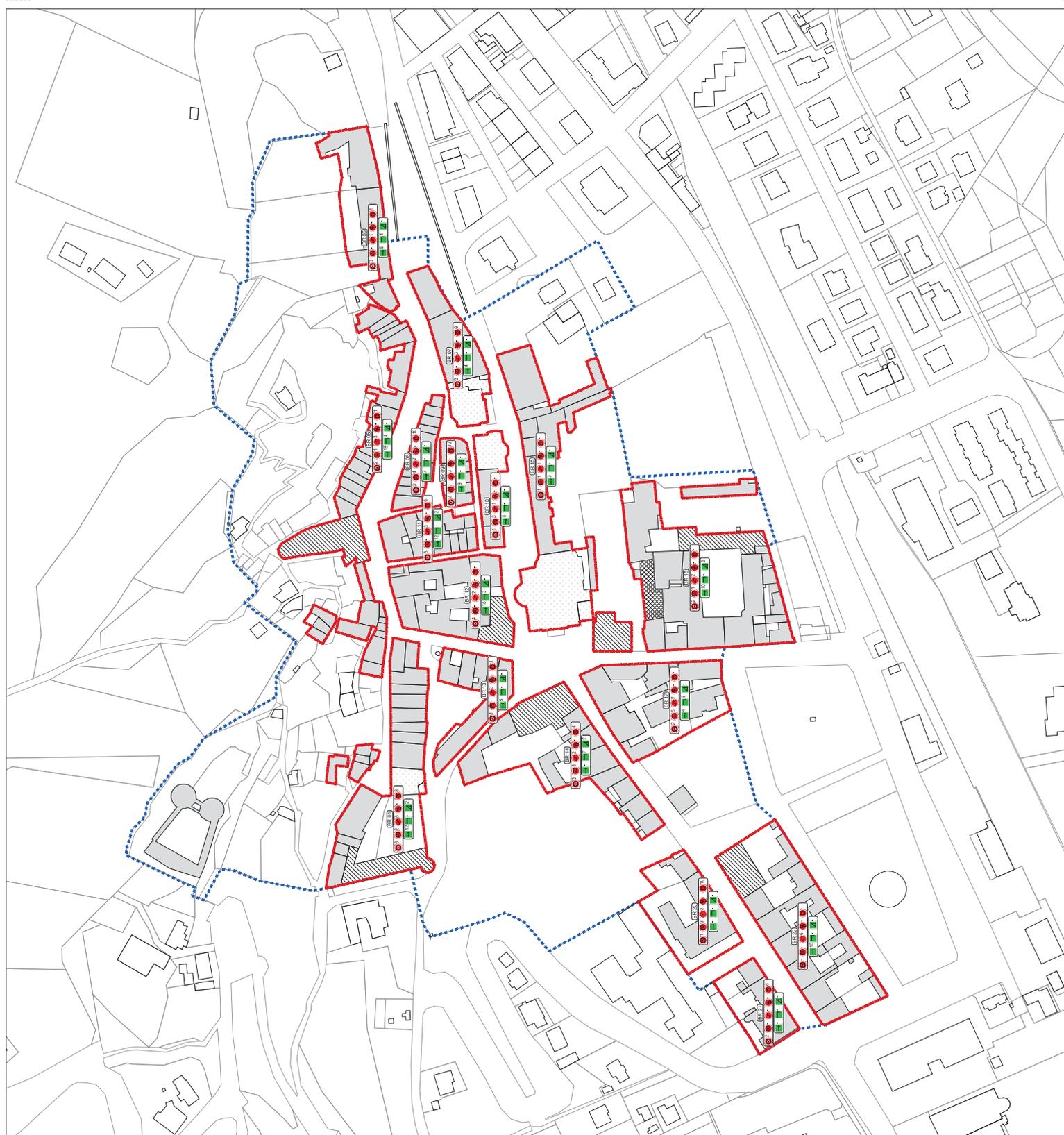
BRISIGHELLA  
FOGNANO

CASOLA  
VALSENI

CASTEL  
BOLOGNESE

RIOLO  
TERMINE

SOLAROLO



#### LEGENDA

- PERIMETRO DEL CENTRO STORICO (LINEA INFINITA)
- PERIMETRO DELL'AGGREGATO
- CODICE IDENTIFICATIVO DELL'AGGREGATO
- ESPRIMO IL PERIMETRO DELL'EDIFICIO
- OPERE E CONVENTI
- PALAZZI A TRE E PIU' STAGIONI SOCIALI E UTILI PER IL PATRIMONIO
- EDIFICI DI STRUTTURA MURARIA DELLA VILLAGGIO

#### CODICE IDENTIFICATIVO DELL'AGGREGATO

#### VULNERABILITA' DEL TESSUTO EDILIZIO

- PRESSIONI IN COPERTURE PIANE
- ALLUNGAMENTO DELLE APERTURE IN PIANO TERRENO
- RENDIMENTO DEGLI APPENDICI
- RENDIMENTO DELLE APERTURE IN FACCIATA
- RIDOTTO PESORE DELLE COPERTURE IN PAVIMENTO
- COMPARTIMENTAZIONE INCONTINUA

#### PUNTI DI FORZA

- INCONTINUITA' E/O APERTURE
- INCONTINUITA' DELLE COPERTURE E/O COPERTURE
- MUR A SCARPA - CONTROFORTI

#### RICORRENZE OSSERVATE

Le vulnerabilità e i punti di forza più rilevanti, identificati sul tessuto storico faentino, sono individuati tra quelli osservabili sul perimetro esterno degli aggregati edilizi. Sono escluse dall'indagine gli edifici speciali, quali:

- i palazzi monumentali e gli altri edifici a destinazione speciale o pubblica (scuole, teatri o cinema, ospedali, ecc.);
- gli edifici con struttura diversa da quella muraria (es. calcestruzzo armato).

I singoli fenomeni di vulnerabilità e i punti di forza sono stati riconosciuti e computati in base a specifici criteri, stabiliti al fine di mappare la diffusione sul centro storico.

Criteri per il riconoscimento delle forme di vulnerabilità:

- i corpi edilizi sono considerati avvertiti quando superano di almeno un interpiano quelli adiacenti;
- gli allungamenti di aperture al piano terra sono operati su strutture murarie, in genere per ricovero armeresse o per la presenza di balconi;
- il distacco tra intonacamenti è identificato quando lo stacco si verifica tra sola contigua e prossima al mezzo interpiano;
- il riconoscimento delle aperture è definito come lo stacco delle bucaie (porte o finestre) dall'altezza verticale della parete;
- lo spessore murario dell'architrave in corrispondenza della cimasa muraria è riconosciuto quando l'altezza della porzione muraria compresa tra la bucaia e la cimasa non supera lo spessore circa doppio di un'architrave comune (40-50 cm).

I criteri per l'identificazione dei punti di forza sono legati al posizionamento del presido strutturale, in particolare per quanto riguarda le opere per l'incollamento, alla base degli edifici per muri a scarpa e controforti (muri in unica categoria).

La base cartografica utilizzata è il catasto urbano



# UNIONE DEI COMUNI DELLA ROMAGNA FAENTINA

Convenzione tra L'Università degli Studi di Catania — Dipartimento di Ingegneria Civile e Architetture (DICAR) e L'Unione dei Comuni della Romagna Faentina

Per lo svolgimento in collaborazione di un progetto di ricerca in materia di vulnerabilità sismica degli aggregati edilizi nei centri storici di

Brisighella, Casola Valsenio, Castel Bolognese, Rido Terme e Solarolo

Responsabili scientifici:

Caterina F. Carocci, Salvatore Guirifida

Gruppo di lavoro:

Chiara Circo, Margherita Giuffrè, Luciano A. Scuderi

## FASE 2 ANALISI SPEDITIVA DEL TESSUTO EDILIZIO DEL CENTRO STORICO

### F2.2.1a

Fattori di vulnerabilità e resistenza del tessuto edilizio

scala: 1:1000  
Rev. sett. 2017

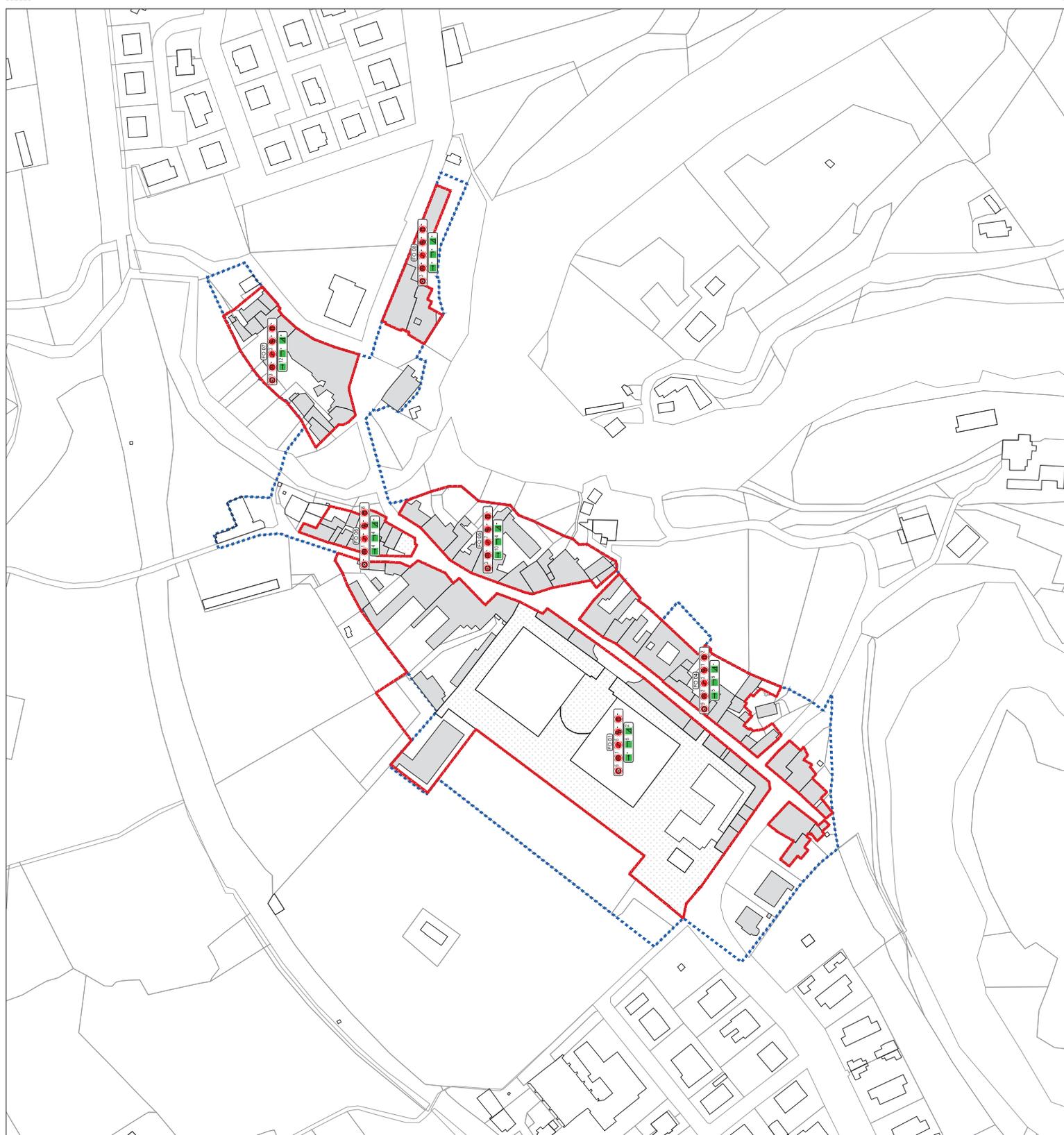
BRISIGHELLA  
FOGNANO

CASOLA  
VALSENI

CASTEL  
BOLOGNESE

RIOLO  
TERMINE

SOLAROLO



#### LEGENDA

- PERIMETRO DEL CENTRO STORICO (LINEA IN GRIGIO)
- PERIMETRO DELL'AGGREGATO (LINEA IN ROSSO)
- PERIMETRO AGGREGATO (LINEA IN BLU TRASPARENTE)
- PERIMETRO EDILIZIO (LINEA IN GRIGIO)

- EDIFICIO IN STRUTTURA MURARIA
- EDIFICIO IN STRUTTURA MURARIA CON ELEMENTI IN CEMENTO ARMATO
- EDIFICIO IN STRUTTURA MURARIA CON ELEMENTI IN CEMENTO ARMATO

- EDIFICIO IN STRUTTURA MURARIA CON ELEMENTI IN CEMENTO ARMATO
- EDIFICIO IN STRUTTURA MURARIA CON ELEMENTI IN CEMENTO ARMATO
- EDIFICIO IN STRUTTURA MURARIA CON ELEMENTI IN CEMENTO ARMATO

#### CODICE IDENTIFICATIVO DELL'AGGREGATO

#### VULNERABILITÀ DEL TESSUTO EDILIZIO

- PRESSIONE IN COPERTURE PAVIMENTI
- ALLINEAMENTO DELLE APERTURE IN PIANO TERRESTRE
- DELL'ALLINEAMENTO DELLE APERTURE IN FACCIATA
- REGOLAMENTO DELLE APERTURE IN FACCIATA
- REGOLAMENTO DELLE APERTURE IN FACCIATA
- REGOLAMENTO DELLE APERTURE IN FACCIATA

#### PUNTI DI FORZA

- INCONTINENTIA E/O APERTURE
- INCONTINENTIA E/O APERTURE
- INCONTINENTIA E/O APERTURE

#### RICORRENZE OSSERVATE

- INCONTINENTIA E/O APERTURE
- INCONTINENTIA E/O APERTURE
- INCONTINENTIA E/O APERTURE

Le vulnerabilità e i punti di forza più rilevanti, identificati sul tessuto storico faentino, sono individuati tra quelli osservabili sul perimetro esterno degli aggregati edilizi. Sono esclusi dall'indagine gli edifici speciali, quali:  
- i palazzi monumentali e gli altri edifici a destinazione speciale o pubblica (scuole, teatri o cinema, ospedali, ecc.);  
- gli edifici con struttura diversa da quella muraria (es. calcestruzzo armato).  
I singoli fenomeni di vulnerabilità e i punti di forza sono stati riconosciuti e computati in base a specifici criteri, stabiliti al fine di mappearne la diffusione sul centro storico.

Criteri per il riconoscimento delle forme di vulnerabilità:  
- i corpi edilizi sono considerati avvertiti quando superano di almeno un interpiano quelli adiacenti;  
- gli allineamenti di aperture al piano terra sono operati su strutture murarie, in genere per ricavarvi botteghe o negozi;  
- il distacco tra orizzontamenti è identificato quando lo sfalsamento tra sola contigui è prossimo al mezzo interpiano;  
- il distacco delle aperture è definito come lo sfalsamento delle bucatine (porte e finestre) dall'altezza variabile sulla facciata;  
- lo spessore ridotto dell'architrave in corrispondenza della cimasa muraria è riconosciuto quando l'altezza della porzione muraria compresa tra la bucatina e la cimasa non supera lo spessore circa doppio di un'architrave ordinaria (40-50 cm).  
I criteri per l'identificazione dei punti di forza sono legati al posizionamento del presidio strutturale, in corrispondenza delle aperture per l'incanalamento, alla base degli edifici per muri a scarpa e controstanti (muri in unità categorici).

La base cartografica utilizzata è il catasto urbano



# UNIONE DEI COMUNI DELLA ROMAGNA FAENTINA

Convenzione tra L'Università degli Studi di Catania – Dipartimento di Ingegneria Civile e Architetture (DICAR) e L'Unione dei Comuni della Romagna Faentina

Per lo svolgimento in collaborazione di un progetto di ricerca in materia di vulnerabilità sismica degli aggregati edilizi nei centri storici di

Brisighella, Casola Valseno, Castel Bolognese, Rido Terme e Solarolo

Responsabili scientifici:

Caterina F. Carocci, Salvatore Guirifida

Gruppo di lavoro:

Chiara Circo, Margherita Giuffrè, Luciano A. Scuderi

## FASE 2 ANALISI SPEDITIVA DEL TESSUTO EDILIZIO DEL CENTRO STORICO

### F2.2.2

Fattori di vulnerabilità e resistenza del tessuto edilizio

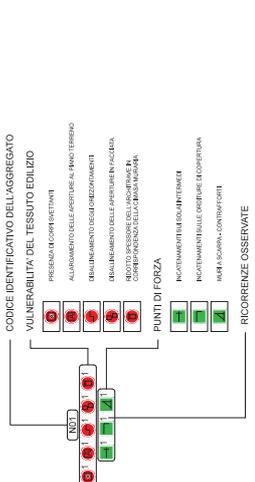
scala: 1:1000  
Rev. sett. 2017

BRISIGHELLA CASOLA VALSENO CASTEL BOLOGNESE RIOLO TERME SOLAROLO  
FOGNANO



#### LEGENDA

- IMPIANTO SISMICO
- PERIMETRO AGGREGATO
- CODICE IDENTIFICATIVO DELL'AGGREGATO
- OPERE DI RINNOVO
- OPERE E COMPLETI
- PALAZZI A DESTINAZIONE SPECIALE (SCUOLE, TEATRI, CINEMA, OSPEDALI, ECC.)
- EDIFICI IN STRUTTURA ARMATA IN CALCESTRUZZO



Le vulnerabilità e i punti di forza più rilevanti, identificati sul tessuto storico faentino, sono individuati tra quelli osservabili sul perimetro esterno degli aggregati edilizi. Sono esclusi dall'indagine gli edifici speciali, quali:

- i palazzi monumentali e gli altri edifici a destinazione speciale o pubblica (scuole, teatri o cinema, ospedali, ecc.);
- gli edifici con struttura diversa da quella murata (es. calcestruzzo armato).

I singoli fenomeni di vulnerabilità e i punti di forza sono stati riconosciuti e computati in base a specifici criteri, stabiliti al fine di mappare la diffusione sul centro storico.

**Criteri per il riconoscimento delle forme di vulnerabilità:**

- i corpi edilizi sono considerati avvertenti quando superano un interpiano quelli adiacenti;
- gli allungamenti di aperture al piano terra sono operate su strutture murate, in genere per ricovero automobili o per il parcheggio;
- il distacco tra cazzonamenti è identificato quando lo sfalsamento tra sola contigua è prossimo al mezzo interpiano;
- il sfalsamento delle aperture è definito come lo sfalsamento delle bucatine (porte e finestre) dall'ultima al prima bucatina;
- lo spessore ridotto dell'architrave in corrispondenza della cimasa muraria è riconosciuto quando l'altezza della porzione muraria compresa tra la bucatina e la cimasa non supera lo spessore circa doppio di un'architrave comune (40-50 cm).

I criteri per l'identificazione dei punti di forza, sono legati al posizionamento del presidio strutturale, in corrispondenza delle aperture, in particolare per l'incollamento, alla base degli edifici per muri a scarpa e controforti (muri in unica categoria).

La base cartografica utilizzata è il caso urbano







# UNIONE DEI COMUNI DELLA ROMAGNA FAENTINA

Convenzione tra L'Università degli Studi di Catania – Dipartimento di Ingegneria Civile e Architetture (DICAR) e L'Unione dei Comuni della Romagna Faentina

Per lo svolgimento in collaborazione di un progetto di ricerca in materia di vulnerabilità sismica degli aggregati edilizi nei centri storici di

Brisighella, Casola Valensino, Castel Bolognese, Rido Terme e Solarolo

Responsabili scientifici:

Caterina F. Carocci, Salvatore Guirifida

Gruppo di lavoro:

Chiara Circo, Margherita Giuffrè, Luciano A. Scuderi

## FASE 2 ANALISI SPEDITIVA DEL TESSUTO EDILIZIO DEL CENTRO STORICO

**F2.2.4** | Fattori di vulnerabilità e resistenza del tessuto edilizio | scala: 1:1000 | Rev. sett. 2017

BRISIGHELLA CASOLA VALENSINO CASTEL BOLOGNESE RIDO TERME SOLAROLO



### LEGENDA

- IMPIANTO DI VULNERABILITÀ
- PERIMETRO AGGREGATO
- CODICE IDENTIFICATIVO DELL'AGGREGATO

- OPERE DI RINNOVAMENTO
- OPERE DI COMPLETAMENTO
- OPERE DI MANUTENZIONE
- OPERE DI RESTAURO

- OPERE DI RINNOVAMENTO
- OPERE DI COMPLETAMENTO
- OPERE DI MANUTENZIONE
- OPERE DI RESTAURO

- OPERE DI RINNOVAMENTO
- OPERE DI COMPLETAMENTO
- OPERE DI MANUTENZIONE
- OPERE DI RESTAURO

- OPERE DI RINNOVAMENTO
- OPERE DI COMPLETAMENTO
- OPERE DI MANUTENZIONE
- OPERE DI RESTAURO

- OPERE DI RINNOVAMENTO
- OPERE DI COMPLETAMENTO
- OPERE DI MANUTENZIONE
- OPERE DI RESTAURO

- OPERE DI RINNOVAMENTO
- OPERE DI COMPLETAMENTO
- OPERE DI MANUTENZIONE
- OPERE DI RESTAURO

- OPERE DI RINNOVAMENTO
- OPERE DI COMPLETAMENTO
- OPERE DI MANUTENZIONE
- OPERE DI RESTAURO

- OPERE DI RINNOVAMENTO
- OPERE DI COMPLETAMENTO
- OPERE DI MANUTENZIONE
- OPERE DI RESTAURO

- OPERE DI RINNOVAMENTO
- OPERE DI COMPLETAMENTO
- OPERE DI MANUTENZIONE
- OPERE DI RESTAURO

- OPERE DI RINNOVAMENTO
- OPERE DI COMPLETAMENTO
- OPERE DI MANUTENZIONE
- OPERE DI RESTAURO

- OPERE DI RINNOVAMENTO
- OPERE DI COMPLETAMENTO
- OPERE DI MANUTENZIONE
- OPERE DI RESTAURO

- OPERE DI RINNOVAMENTO
- OPERE DI COMPLETAMENTO
- OPERE DI MANUTENZIONE
- OPERE DI RESTAURO

- OPERE DI RINNOVAMENTO
- OPERE DI COMPLETAMENTO
- OPERE DI MANUTENZIONE
- OPERE DI RESTAURO

- OPERE DI RINNOVAMENTO
- OPERE DI COMPLETAMENTO
- OPERE DI MANUTENZIONE
- OPERE DI RESTAURO

- OPERE DI RINNOVAMENTO
- OPERE DI COMPLETAMENTO
- OPERE DI MANUTENZIONE
- OPERE DI RESTAURO

- OPERE DI RINNOVAMENTO
- OPERE DI COMPLETAMENTO
- OPERE DI MANUTENZIONE
- OPERE DI RESTAURO

- OPERE DI RINNOVAMENTO
- OPERE DI COMPLETAMENTO
- OPERE DI MANUTENZIONE
- OPERE DI RESTAURO

- OPERE DI RINNOVAMENTO
- OPERE DI COMPLETAMENTO
- OPERE DI MANUTENZIONE
- OPERE DI RESTAURO

- OPERE DI RINNOVAMENTO
- OPERE DI COMPLETAMENTO
- OPERE DI MANUTENZIONE
- OPERE DI RESTAURO

- OPERE DI RINNOVAMENTO
- OPERE DI COMPLETAMENTO
- OPERE DI MANUTENZIONE
- OPERE DI RESTAURO

- OPERE DI RINNOVAMENTO
- OPERE DI COMPLETAMENTO
- OPERE DI MANUTENZIONE
- OPERE DI RESTAURO

- OPERE DI RINNOVAMENTO
- OPERE DI COMPLETAMENTO
- OPERE DI MANUTENZIONE
- OPERE DI RESTAURO

- OPERE DI RINNOVAMENTO
- OPERE DI COMPLETAMENTO
- OPERE DI MANUTENZIONE
- OPERE DI RESTAURO

- OPERE DI RINNOVAMENTO
- OPERE DI COMPLETAMENTO
- OPERE DI MANUTENZIONE
- OPERE DI RESTAURO

- OPERE DI RINNOVAMENTO
- OPERE DI COMPLETAMENTO
- OPERE DI MANUTENZIONE
- OPERE DI RESTAURO

- OPERE DI RINNOVAMENTO
- OPERE DI COMPLETAMENTO
- OPERE DI MANUTENZIONE
- OPERE DI RESTAURO

- OPERE DI RINNOVAMENTO
- OPERE DI COMPLETAMENTO
- OPERE DI MANUTENZIONE
- OPERE DI RESTAURO

- OPERE DI RINNOVAMENTO
- OPERE DI COMPLETAMENTO
- OPERE DI MANUTENZIONE
- OPERE DI RESTAURO

- OPERE DI RINNOVAMENTO
- OPERE DI COMPLETAMENTO
- OPERE DI MANUTENZIONE
- OPERE DI RESTAURO

- OPERE DI RINNOVAMENTO
- OPERE DI COMPLETAMENTO
- OPERE DI MANUTENZIONE
- OPERE DI RESTAURO

- OPERE DI RINNOVAMENTO
- OPERE DI COMPLETAMENTO
- OPERE DI MANUTENZIONE
- OPERE DI RESTAURO

- OPERE DI RINNOVAMENTO
- OPERE DI COMPLETAMENTO
- OPERE DI MANUTENZIONE
- OPERE DI RESTAURO

- OPERE DI RINNOVAMENTO
- OPERE DI COMPLETAMENTO
- OPERE DI MANUTENZIONE
- OPERE DI RESTAURO

- OPERE DI RINNOVAMENTO
- OPERE DI COMPLETAMENTO
- OPERE DI MANUTENZIONE
- OPERE DI RESTAURO

- OPERE DI RINNOVAMENTO
- OPERE DI COMPLETAMENTO
- OPERE DI MANUTENZIONE
- OPERE DI RESTAURO

- OPERE DI RINNOVAMENTO
- OPERE DI COMPLETAMENTO
- OPERE DI MANUTENZIONE
- OPERE DI RESTAURO

- OPERE DI RINNOVAMENTO
- OPERE DI COMPLETAMENTO
- OPERE DI MANUTENZIONE
- OPERE DI RESTAURO

- OPERE DI RINNOVAMENTO
- OPERE DI COMPLETAMENTO
- OPERE DI MANUTENZIONE
- OPERE DI RESTAURO

- OPERE DI RINNOVAMENTO
- OPERE DI COMPLETAMENTO
- OPERE DI MANUTENZIONE
- OPERE DI RESTAURO

Le vulnerabilità e i punti di forza più rilevanti, identificati sul tessuto storico faentino, sono individuati tra quelli osservabili sul perimetro esterno degli aggregati edilizi. Sono esclusi dall'indagine gli edifici speciali, quali:

- i palazzi monumentali e gli altri edifici a destinazione speciale o pubblica (scuole, teatri o cinema, ospedali, ecc.);
- gli edifici con struttura diversa da quella muraria (es. calcestruzzo armato);
- i singoli fenomeni di vulnerabilità e i punti di forza sono stati riconosciuti e computati in base a specifici criteri, stabiliti al fine di mappare la diffusione sul centro storico.

Criteri per il riconoscimento delle forme di vulnerabilità:

- i corpi edilizi sono considerati avvertenti quando superano di almeno un interpiano quelli adiacenti;
- gli allineamenti di aperture al piano terra sono operati su strutture murarie, in genere per ricovero/borrinnesse o per balconi;
- il distacco tra cazzonamenti è identificato quando lo sfalsamento tra sola contigua è prossimo al mezzo interpiano;
- il riparto orizzontale delle aperture è definito come lo sfalsamento delle bucatore (porte o finestre) dall'ultima porzione muraria compresa tra la bucatore e la cimasa non supera lo spessore circa doppio di un'architrave ordinaria (40-50 cm).

I criteri per l'identificazione dei punti di forza sono legati al posizionamento del presidio strutturale, in corrispondenza delle aperture per l'incanalamento, alla base degli edifici per muri a scarpa e contrafforti (muri in unica categoria).

La base cartografica utilizzata è il caso urbano



# UNIONE DEI COMUNI DELLA ROMAGNA FAENTINA

Convenzione tra L'Università degli Studi di Catania – Dipartimento di Ingegneria Civile e Architetture (DICAR) e L'Unione dei Comuni della Romagna Faentina

Per lo svolgimento in collaborazione di un progetto di ricerca in materia di vulnerabilità sismica degli aggregati edilizi nei centri storici di

Brisighella, Casola Valsenio, Castel Bolognese, Rido Terme e Solarolo

Responsabili scientifici:

Caterina F. Carocci, Salvatore Guirifida

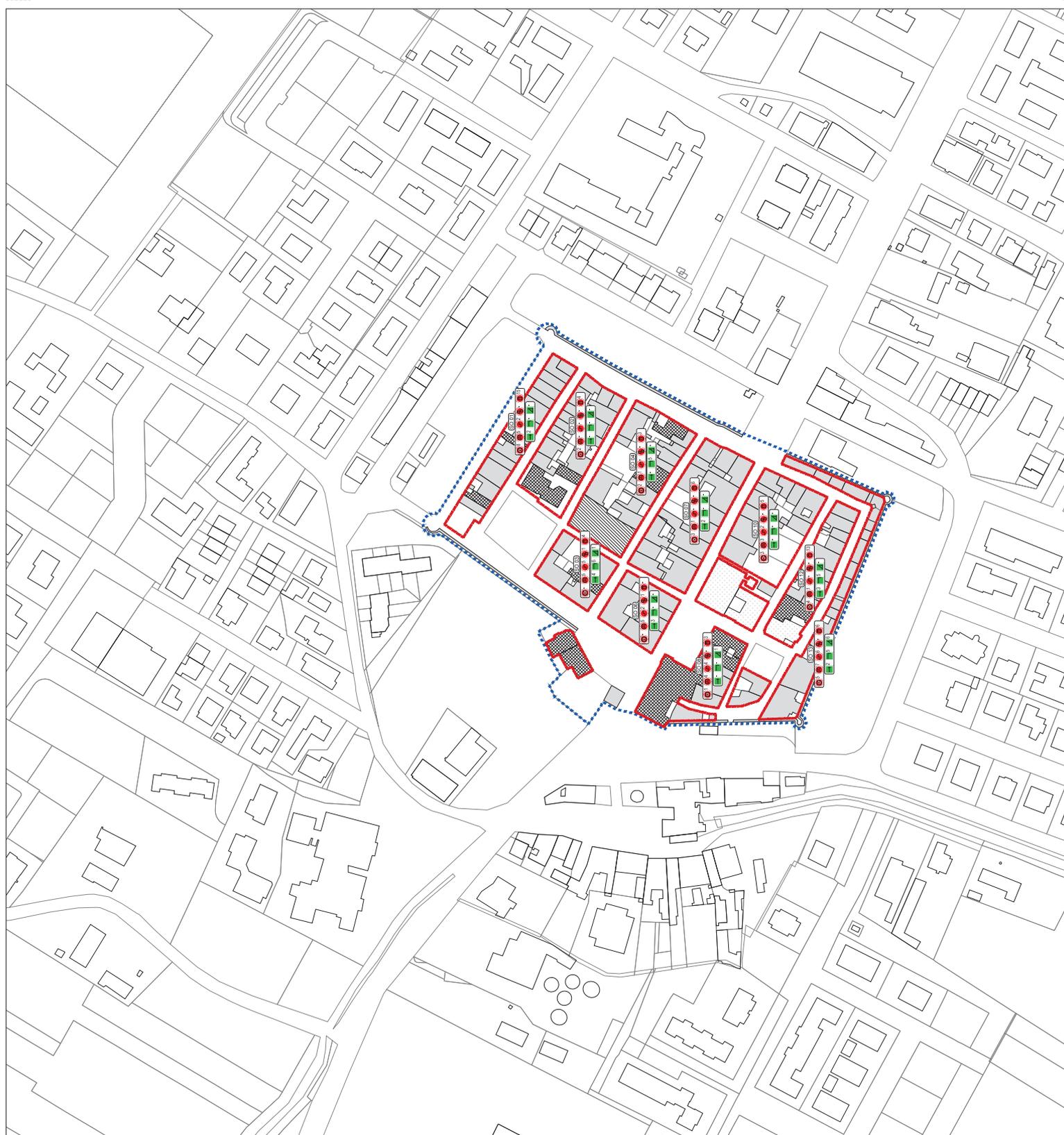
Gruppo di lavoro:

Chiara Circo, Margherita Giuffrè, Luciano A. Scuderi

## FASE 2 ANALISI SPEDITIVA DEL TESSUTO EDILIZIO DEL CENTRO STORICO

**F2.2.5** | Fattori di vulnerabilità e resistenza del tessuto edilizio | scala: 1:1000 | Rev. sett. 2017

BRISIGHELLA CASOLA VALSENSIO CASTEL BOLOGNESE RIDO TERME SOLAROLO  
FOGNANO



### LEGENDA

**UNITÀ DELL'EDILIZIO**  
PERIMETRO AGGREGATO  
CODICE IDENTIFICATIVO DELL'AGGREGATO

**EDIFICIO**

**EDIFICIO IDENTIFICATIVO DELL'AGGREGATO**  
EDIFICIO IDENTIFICATIVO DELL'EDIFICIO  
CORRELEZIONE DEL TESSUTO EDILIZIO  
EDIFICIO IDENTIFICATIVO DELLA STRUTTURA

**CODICE IDENTIFICATIVO DELL'AGGREGATO**

**VULNERABILITÀ DEL TESSUTO EDILIZIO**  
PRESSIONE IN COPERTURE  
ALLUNGAMENTO DELLE APERTURE IN MURO TERMO  
RINFORZAMENTO DEGLI ANGOLI  
RINFORZAMENTO DELLE APERTURE IN FACCIA  
RECUPERO DELLE APERTURE IN FACCIA  
CORRELEZIONE DEL TESSUTO EDILIZIO

**PUNTI DI FORZA**  
INCONTRI DI FORZA  
INCONTRI DI FORZA

**RICORRENZE OSSERVATE**

Le vulnerabilità e i punti di forza più rilevanti, identificati sul tessuto storico faentino, sono individuati tra quelli osservabili sul perimetro esterno degli aggregati edilizi. Sono esclusi dall'indagine gli edifici speciali, quali:  
- i palazzi monumentali e gli altri edifici a destinazione speciale o pubblica (scuole, teatri o cinema, ospedali, ecc.);  
- gli edifici con struttura diversa da quella muraria (es. calcinistrada armata).  
I singoli fenomeni di vulnerabilità e i punti di forza sono stati riconosciuti e computati in base a specifici criteri, stabiliti al fine di mappare la diffusione sul centro storico.

**Criteri per il riconoscimento delle forme di vulnerabilità:**  
- i corpi edilizi sono considerati avvertiti quando superano di almeno un interpiano quelli adiacenti;  
- gli allungamenti di aperture al piano terra sono operati su strutture murarie, in genere per ricovero/bornesse o per il collegamento tra edifici;  
- il rafforzamento tra cazzonamenti è identificato quando lo stallamento tra sola contigui è prossimo al mezzo interpiano.

**Criteri per il riconoscimento delle forme di vulnerabilità:**  
- il rafforzamento delle aperture è definito come lo stallamento delle bucatine (porte e finestre) dall'imita all'interpiano superiore;  
- lo spessore ridotto dell'architrave in corrispondenza della cimasa muraria è riconosciuto quando l'altezza della porzione muraria compresa tra la bucatina e la cimasa non supera lo spessore circa doppio di un'architrave ordinaria (40-50 cm).

I criteri per l'identificazione dei punti di forza sono legati al posizionamento del presidio strutturale: in particolare, si considerano le coperture per l'incollamento, alla base degli edifici per muri a scarpa e contrafforti (murati in unica categoria).

La base cartografica utilizzata è il catasto urbano.



## **Titolo IV Generalizzazione dei risultati all'intero centro storico e formulazione delle indicazioni di intervento (codice di pratica)**

### **Premessa**

Lo studio estensivo condotto sui cinque centri storici dei comuni dell'Unione della Romagna Faentina ha consentito di individuare ricorrenze e peculiarità del costruito storico in aggregato. In particolare, sono emerse le vulnerabilità tipiche che possono essere mitigate attraverso un intervento di restauro e miglioramento sismico e i punti di forza che costituiscono elementi su cui è possibile fondare i criteri di progetto.

Un confronto tra il centro storico di Faenza e i cinque centri storici oggetto del presente studio, consente di chiarire come l'approccio metodologico utilizzato a varie scale -da quella urbana a quella dell'aggregato edilizio- per Faenza, sia stato esteso anche ai centri dell'Unione alla scala urbana e come lo studio alla scala dell'aggregato faentino sia parimenti un riferimento coerente anche per gli aggregati dei centri storici minori.

Rispetto al centro storico di Faenza, i cinque comuni differiscono per le seguenti caratteristiche: (i) la dimensione nettamente inferiore degli aggregati, (ii) la conformazione più semplice dei lotti su cui si attestano gli aggregati, (iii) la ridotta presenza di edilizia specialistica con caratteristiche tipologiche differenziate rispetto all'edilizia ordinaria.

Le suddette differenze non hanno implicato sostanziali modifiche nel metodo di lettura del costruito per due ragioni: i termini dell'osservazione riguardano elementi che influenzano la vulnerabilità sismica dell'edilizia muraria in generale (configurazione geometrica, tecnica costruttiva, trasformazioni); non sono state osservate ricorrenze specifiche rispetto al centro storico di Faenza, se non in rari casi, come si dirà più avanti.

Le differenze assumono rilevanza nella estensione e, in parte, nella tipologia delle vulnerabilità osservate. In particolare, nei centri storici dell'Unione non si osserva la varietà degli elementi osservati a Faenza, e ciò è dovuto alla dimensione ridotta e la configurazione più semplice degli aggregati oggetto del presente studio.

La sporadica presenza di architettura specialistica, quali palazzi e palazzetti, implica una maggiore omogeneità strutturale negli aggregati edilizi -caratterizzati in gran parte da case a schiera- soprattutto per quanto concerne le dimensioni medie delle luci libere sia orizzontali che verticali.

Appare rilevante l'individuazione delle trasformazioni all'interno degli aggregati, con particolare riguardo alle sostituzioni edilizie con edifici in tecnica diversa da quella muraria. Le sostituzioni possono assumere un ruolo preminente in proporzione alle piccole dimensioni dell'aggregato: è il caso, ad esempio, di alcune sostituzioni totali degli edifici di testata con palazzi in cemento armato (v. Solarolo).

Tuttavia, nonostante queste differenze connaturate alla diversa scala dimensionale dei tessuti storici, è bene ribadire che il metodo di lettura critica del costruito del centro storico si è precisato sulle peculiarità dell'oggetto di studio senza mutare il suo quadro concettuale generale.

Per questa ragione l'approccio suggerito per il progetto degli interventi sugli edifici in aggregato, il cui iter è illustrato nella presente relazione, segue la struttura del codice di pratica già redatto per Faenza, con opportune specificazioni rispetto ai casi indagati.

## **8 CONOSCENZE E CONTROLLI PRELIMINARI: IL RILIEVO CRITICO**

Nel seguito si specificano i passi di un approccio al progetto di restauro con miglioramento sismico che si ritiene più idoneo per gli edifici murari storici in aggregato. Per una esemplificazione più estesa si rimanda allo studio condotto sull'aggregato campione di Faenza, contenuto nel RUE 2014<sup>1</sup>, come precedentemente specificato si ritiene che il grado

---

<sup>1</sup> RUE 2014 Approvato con atto di Consiglio dell'Unione della Romagna Faentina n. 11 del 31.03.2005 (file: RUE\_Tav.A.1.3\_Relazione vulnerabilità\_CS)

di complessità riscontrato negli aggregati del centro storico di Faenza, esaurisca le problematiche individuate nei centri storici analizzati, fornendo una base sufficiente per gli interventi descritti nel presente lavoro.

### **8.1 Il percorso della conoscenza degli edifici storici in aggregato**

Lo studio delle modalità costruttive storiche e delle configurazioni dell'edificio in aggregato realizzata attraverso la lettura diretta va considerata punto di partenza per una valutazione qualitativa della sicurezza.

La lettura critica del costruito è lo strumento finalizzato alla disamina dell'edificio storico in aggregato attraverso l'analisi della tecnica costruttiva che lo caratterizza e del processo evolutivo che ne ha definito l'assetto attuale.

Tale tipo di analisi necessita di un bagaglio conoscitivo articolato: è necessario da un lato saper interpretare le peculiarità della tecnica costruttiva locale e dall'altro saper riconoscere nei manufatti le tracce di configurazioni antecedenti succedutesi nel corso del tempo, a volte anche sostanzialmente differenti da quella odierna.

Entrambe le suddette analisi assumono significato alla scala dell'aggregato edilizio; né la tecnica costruttiva locale, né lo studio delle fasi evolutive, infatti, possono essere realizzate se non prendendo in considerazione uno o più brani di un tessuto edilizio. Nel primo caso, l'osservazione allargata di un insieme edificato consente di distinguere la norma costruttiva mediante il riconoscimento della ripetitività di alcuni aspetti salienti; nel secondo caso, lo studio di un certo numero di manufatti contigui permette di avanzare ipotesi di datazione relativa basandosi sulla interpretazione di segni e tracce contenuti nelle fabbriche stesse. L'utilità della lettura critica risiede nella costituzione di un quadro conoscitivo complessivo dell'oggetto analizzato nel quale la diagnosi della sua situazione attuale e la sua rilevanza di bene da tramandare al futuro siano contestualmente chiariti.

#### *8.1.1 Analisi della tecnica costruttiva locale*

Le peculiarità tecnico-costruttive di un contesto edificato possono essere evidenziate sulla scorta della conoscenza della "regola dell'arte" muraria; cioè di quell'insieme di prescrizioni -anche raccolte dai trattatisti del XVIII e XIX secolo- che assicurano la buona qualità costruttiva dell'edificio murario in ogni sua parte e che per questo garantiscono parimenti la buona qualità meccanica.

La "regola dell'arte" consente, per via di raffronti e interpretazioni, di valutare l'efficacia ovvero l'insufficienza della particolare realtà costruttiva analizzata. Si tratta quindi di riconoscere, all'interno di un peculiare lessico costruttivo, l'aderenza sostanziale alle prescrizioni generalmente valide per le costruzioni murarie al di là delle differenze formali che connotano la particolare accezione di ogni specifica cultura costruttiva.

L'analisi della tecnica costruttiva comprende due livelli di lettura. Il primo indaga gli elementi strutturali componenti (muri, solai, volte, architravi, ...) con l'obiettivo di valutarne l'aderenza alla regola dell'arte in termini di qualità costruttiva e il ruolo giocato da ciascun elemento nella risposta sismica dell'edificio, con particolare riguardo ai meccanismi di ribaltamento fuori piano. Un secondo livello di lettura riguarda la valutazione della qualità degli assemblaggi e delle connessioni tra i vari elementi strutturali e, anche in questo caso, mira a indagare eventuali precarietà in relazione all'attivazione di meccanismi di ribaltamento.

Lo scopo finale dell'analisi è comprendere il lessico costruttivo locale e delineare un giudizio meccanico qualitativo sul comportamento sismico della costruzione.

In altre parole, giudicata una tessitura muraria di buona qualità e quindi capace di esibire un comportamento di tipo monolitico<sup>2</sup>, sarà necessario comprendere se la parete è coadiuvata o meno da vincoli capaci di connettere l'assieme.

Gli orizzontamenti, a seconda della disposizione dell'orditura e delle modalità di appoggio possono costituire vincoli per le pareti; altre volte in contesti culturali specifici il lessico costruttivo locale prevede la presenza generalizzata di appositi elementi atti a connettere l'assieme (teste delle travi incatenate, tiranti metallici, radiciamenti, ecc.).

---

<sup>2</sup> Per approfondimenti sulla analisi della qualità muraria si rimanda al volume A. Giuffrè, Sicurezza e conservazione dei centri storici. Il caso Ortigia, Editori Laterza, Bari 1993.

Dal punto di vista meccanico, l'osservazione di queste configurazioni è finalizzata a valutare le snellezze orizzontali e verticali delle pareti.

Informazioni ulteriori vanno inoltre acquisite sui dettagli degli elementi costruttivi, che costituiscono punti singolari. L'interesse nell'analisi di questi ultimi risiede nella possibilità di fornire un contributo alla stabilità o viceversa di esibire debolezze localizzate.

Inoltre, non deve essere tralasciata l'analisi delle aperture – considerate come sottrazioni di porzioni di parete – sia riguardo alla loro fattura (gli stipiti che realizzano la ricucitura laterale della parete, l'elemento superiore sia esso archivolto o architrave, i sottofinestra, i balconi aggettanti, ecc.), che alla loro posizione all'interno della compagine muraria. Un siffatto sistematico studio degli elementi costruttivi naturalmente conduce all'acquisizione d'informazioni inerenti la predisposizione al degrado della tecnica locale; e alla identificazione delle modalità di riparazione o rinforzo pregresse tra le quali risulta agevole, sulla scorta della conoscenza del comportamento della costruzione muraria, riconoscere quelle di comprovata efficacia. Informazioni queste di fondamentale importanza nella prospettiva di un intervento che oltre a perseguire il fine del miglioramento della sicurezza voglia essere anche, a pieno titolo, conservativo.

Di seguito si riporta una carrellata di fotografie delle tessiture murarie osservate nei centri storici, affiancate da considerazioni in merito alla qualità costruttiva. L'osservazione dall'esterno delle tessiture murarie consente di avanzare un giudizio preliminare sulla qualità muraria, basato sulla verifica degli aspetti che definiscono un muro a regola d'arte, che riguardano:

- La dimensione media e forma degli elementi;
- L'ingranamento delle pietre;
- Le modalità di riempimento degli interstizi tra le pietre;
- La presenza di ripianamenti, orizzontamenti più o meno sistematica;
- La quantità e qualità della malta (se presente).

Tuttavia, un giudizio completo sulla qualità muraria non può essere definito senza ipotizzare la fattura del muro nel suo spessore, con particolare riguardo alla presenza di elementi di collegamento (diatoni) a garanzia che il paramento interno ed esterno si comportino come un unico blocco monolitico.

La campionatura presentata si riferisce a paramenti murari visibili all'esterno degli edifici, senza rimuovere intonaci o rivestimenti. Pertanto rappresenta una casistica molto ristretta e non esaustiva della tecnica costruttiva locale. Tale casistica viene comunque utilizzata per fare delle considerazioni di tipo generale sulla qualità muraria dei centri studiati.



*Figura 1 - Murature di Brisighella. Le tessiture murarie più frequenti a Brisighella sono caratterizzate da pietre sbazzate di forma pressoché regolare con facce piane ben disposte lungo giaciture orizzontali, dimensioni medie dai 30 ai 50 cm. Gli interstizi sono colmati con pietre più piccole (10-15 cm) e malta, in alcuni casi erosa in corrispondenza del basamento dell'edificio. La presenza di pietre di medio-grandi dimensioni consente di ipotizzare con discreta attendibilità una sezione compatta con presenza di diatoni disposti a intervalli regolari. Murature di mattoni sembrano essere più rare e localizzate in alcuni palazzi e negli edifici costruiti sopra l'antica cinta muraria.*



Figura 2 – Murature di Fognano. Le tessiture murarie più frequenti a Fognano sono costituite da pietre sbazzate di forma pressoché regolare, piatte e allungate, con facce piane ben disposte lungo giaciture orizzontali, dimensioni medie dai 30 ai 70 cm. Gli interstizi sono colmati con malta, che in alcuni casi si presenta erosa in corrispondenza del basamento dell'edificio. La presenza di pietre di dimensioni medie consente di ipotizzare con discreta attendibilità una sezione complessivamente compatta. La presenza di laterizi appare sporadica ed in ogni caso associata a tessiture lapidee, in particolare si osserva l'utilizzo di elementi fittili per la realizzazione di rincocciature ripianamenti o cornici.

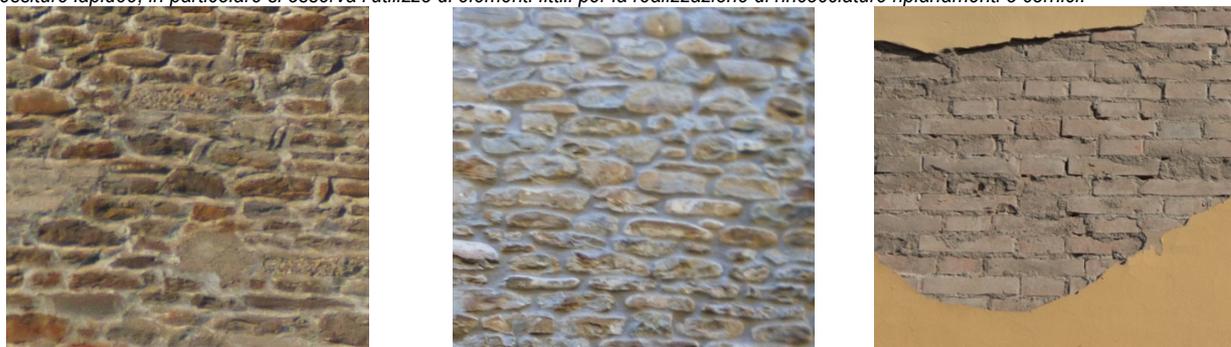


Figura 3 – Murature di Casola Valsenio. Le tessiture murarie più frequenti a Casola Valsenio sono costituite da pietre sbazzate di forma pressoché regolare, basse e allungate, con facce piane ben disposte lungo giaciture orizzontali, dimensioni medie dai 30 ai 40 cm. Gli interstizi sono colmati con malta. La presenza di pietre di dimensioni medie consente di ipotizzare con discreta attendibilità una sezione complessivamente compatta. Seppur abbastanza rare si riscontra la presenza di edifici costruiti in mattoni.



Figura 4 – Murature Castel Bolognese. Le tessiture murarie più frequenti sono realizzate in laterizio considerando il consistente spessore delle murature si presuppone una sezione a tre o a quattro teste. Sul paramento esterno non si riscontra una regola rigorosa nella disposizione dei filari, i quali presentano alternativamente elementi disposti di testa o di fascia. Si rilevano elementi lapidei inseriti all'interno dei paramenti murari.



Figura 5 - Muratura di Riolo Terme. Le tessiture murarie più frequenti a Riolo Terme, sono realizzate con ciottoli piatti e allungati ma arrotondati su tutte le fasce. Gli interstizi sono colmati con malta. L'apparecchiatura muraria prevede spesso la presenza di elementi laterizi con funzione di cantonale o di ripianamento.



Figura 6 - Murature di Solarolo. A Solarolo non è stato possibile osservare un numero di paramenti sufficiente per poter fare delle considerazioni seppur di livello generale. I campioni osservati sono realizzati in laterizio con disposizione organizzata degli elementi disposti generalmente di testa.

### 8.1.2 Ricostruzione ipotetica delle fasi evolutive

L'assegnazione di questo ruolo fondamentale alla storia delle mutazioni avvenute sulle fabbriche, proviene dalle riflessioni scaturite a seguito degli effetti che recenti terremoti italiani hanno avuto sull'edilizia storica minore e da alcune esperienze condotte nell'ambito di studi ed analisi su edifici monumentali.

Mediante l'analisi della storia delle mutazioni è possibile individuare eventuali punti di debolezza o fattori di resistenza che possono passare inosservati, alla semplice lettura sincronica del manufatto.

L'interpretazione critica della configurazione raggiunta, dal complesso edificato, in ciascuna fase identificata, fornisce informazioni che possono essere talvolta determinanti per la lettura di eventuali anomalie presenti. Inoltre, il confronto tra le fasi evolutive è utile per distinguere il ruolo che ciascuna di esse gioca nei confronti della vulnerabilità sismica e a evidenziare, se l'assetto raggiunto ad una data fase risulti aggravato ovvero migliorato rispetto al precedente.

Ricostruire le fasi edificatorie della fabbrica muraria consente anche di definire il più appropriato modello di comportamento meccanico -parti costruite in epoche diverse, ad esempio, possono essere diversamente sollecitate, alcune possono risultare addirittura scariche- ma anche di individuare, attraverso l'equivalente di una sperimentazione al vero, le porzioni più esposte al danneggiamento o, viceversa, quelle più affidabili.

Al pari dell'analisi della tecnica costruttiva locale, i risultati di tale tipo d'indagine hanno spesso significative ricadute sulla comprensione del comportamento meccanico dell'insieme costruito.

Nonostante l'apparente complessità di questo percorso conoscitivo, si vuole qui sottolineare che la sistematicità delle osservazioni unita a una visione evolutiva del costruito storico indicano la via per l'identificazione delle ragioni della realtà attuale degli aggregati storici e che una siffatta conoscenza è un valore aggiunto rispetto alle ormai riconosciute necessità conservative dei tessuti cosiddetti "minori".

## 8.2 Il rilievo critico

Il *rilievo critico*, è lo strumento utilizzato per analizzare il tessuto urbano, aggiunge alla canonica registrazione dei dati geometrici, l'identificazione e localizzazione di elementi che potrebbero influenzare il comportamento meccanico della costruzione. Le informazioni raccolte riguardano: la natura dei materiali, le modalità costruttive locali, i segni delle mutazioni storiche ed eventuali trasformazioni e alterazioni recenti.

Principale finalità di questo strumento utilizzato a scala urbana è l'individuazione della regola costruttiva locale, di cui si mettono in evidenza le qualità e le carenze, le trasformazioni subite dal sistema costruttivo (siano esse di matrice antica o recente) e in fine eventuali fenomeni di danneggiamento in atto.

Riguardo lo studio del singolo aggregato la scala più consona alla realizzazione del rilievo critico è il rapporto 1:200 che consente la mappatura sistematica delle peculiarità tecnico-costruttive, dei segni delle evoluzioni/trasformazioni, dei dissesti e dei degradi.

Tale lettura costituisce la base per le considerazioni contenute nel Titolo III del presente lavoro, all'interno della quale convergono in forma sintetica (per aggregato) le informazioni registrate in modo puntuale. Per una esemplificazione del rilievo critico alla scala dell'aggregato edilizio si rimanda al RUE2014 del Comune di Faenza.

Le finalità del rilievo critico sono:

- a. Individuare valori architettonico tecnologici caratterizzanti il costruito storico al fine di garantirne la conservazione (le valenze storico - paesaggistiche e i valori architettonico tipologici, i valori tecnologici, tecnico - costruttivi e materici);
- b. Individuare le irregolarità plano-altimetriche del sistema edilizio al fine di valutare eventuali punti di debolezza:
  - irregolarità dovute a caratteristiche morfologiche del sito (sfalsamento della quota di imposta delle fondazioni, strutture di sostegno o terrazzamenti) individuate nei centri di Riolo terme e Brisighella caratterizzati da porzioni di centro storico costruite su pendio e nel centro di Casola Valsenio caratterizzato da una depressione del terreno in corrispondenza di uno degli aggregati più articolati;
  - interruzioni del sistema edilizio continuo sia verticali che orizzontali (quote di interpiano molto differenziate/presenza di edifici specialistici); compresenza di strutture murarie con caratteristiche differenti (strutture archeologiche, mura civiche o torri), individuate ne centro di Castel Bolognese e di Brisighella i quali presentano una rilevante presenza di edifici specialistici;
- c. Individuare la qualità degli elementi costruttivi al fine di segnalare problematiche che ne compromettono l'efficacia:
  - tipologia di murature e loro rispondenza alla "regola dell'arte": disposizione equilibrata tra diatoni (elementi posti di punta) e ortostati (elementi posti di fascia), dimensione e qualità degli elementi, presenza di cantonali e loro ammorsature, presenza di antiche lesioni risarcite, ecc.;
  - tipologia e posa in opera dei solai di interpiano e delle coperture (dimensione degli elementi e corretto posizionamento nelle sedi murarie, presenza di elementi di ripartizione o di collegamento tra i diversi livelli di orditura);
  - Presenza di elementi di irrigidimento, cordoli di interpiano o sommitali, eventuali sostituzioni dell'intera struttura del solaio
  - Stato di conservazione dei vari elementi e individuazione delle cause di degrado.  
Per fare qualche esempio si è riscontrata una consistente presenza di solai di copertura sostituiti con elementi pesanti nel centro di Solarolo, e la presenza di cellule edilizie abbandonate, con conseguente ammaloramento degli elementi costruttivi nella frazione di Fognano.
- d. Analizzare le connessioni tra singoli elementi costruttivi al fine di verificare l'effettiva «chiusura» delle scatole murarie e le eventuali carenze di connessione, rilevando in particolare:
  - fasi evolutive delle strutture murarie che hanno portato alla configurazione attuale, in particolare: (i) accostamenti murari privi di ammorsature o (ii) sopraelevazioni o accrescimenti, realizzati con tecniche differenti non collegate o scarsamente collegate alle strutture preesistenti (le fasi di edificazione e trasformazione possono efficacemente essere descritte con schemi grafici);
  - presenza di discontinuità nella struttura muraria. (canne fumarie, impianti in traccia, aperture in breccia); posizione e dimensione delle aperture (prossimità ai cantonali, larghezza o altezza eccessiva dei vani, mancanza di allineamento, interassi ridotti);
  - eliminazione di elementi costruttivi con conseguente indebolimento della cellula muraria (per esempio rimozione di muri ortogonali alla facciata);
  - inserimento di elementi geometricamente e morfologicamente estranei alla scatola muraria chiusa (corpi addossati, in aggetto, superfetazioni incongrue);
- e. mettere in evidenza le snellezze orizzontali e verticali delle pareti murarie al fine di evidenziare le parti soggette a cinematismi, individuando:

- rapporti geometrici delle pareti ( $B/l$  e  $B/h$ ) in relazione alle condizioni di vincolo (connessioni ai muri ortogonali e agli orizzontamenti) considerando anche i casi di muri plurivincolati per la presenza di orizzontamenti sfalsati;
  - vincoli verticali (qualità delle connessioni tra le pareti ortogonali: semplice ammorsamento, assenza di ammorsamento) e vincoli orizzontali (appoggio dei solai e del tetto, presenza di catene) di ciascuna parete;
- f. mettere in evidenza le contiguità tra sistemi costruttivi diversi al fine di valutare eventuali interazioni ovvero problemi tecnico-costruttivi specifici, individuando:
- caratteristiche dei punti di contatto tra edifici con struttura portante diversa (edifici in muratura ed edifici con struttura portante intelaiata) e l'eventuale presenza del giunto di separazione;
  - presenza di interventi strutturali pregressi che potrebbero aver mutato le caratteristiche di rigidità dei muri o dei solai o il rapporto fra peso dei muri e peso degli orizzontamenti, comunque tutti quegli interventi che possono provocare alterazioni dell'equilibrio d'insieme;
- g. leggere il quadro dei dissesti al fine di comprendere il comportamento meccanico, individuando:
- congruenza geometrica di: lesioni, distacchi, dislocazioni, fuori piombo, disallineamenti, perdite di sesto;
  - possibili ipotesi sui meccanismi di danno sismico avvenuti e sulla loro successione temporale;
  - lesioni a carattere «patologico» quali quelle innescate dal sisma o da altri meccanismi individuati (precedenti sismi, cedimenti di fondazione, eliminazione o inefficacia di vincoli); lesioni a carattere «fisiologico» quali assestamenti dovuti alla fase di costruzione o di trasformazione, o a cicli termo-igrometrici.

## 9 PUNTI DI DEBOLEZZA E PUNTI DI FORZA NEL COSTRUITO

### 9.1 Interpretazione

Il tessuto urbano storico si forma per successive addizioni dalla fase di primo impianto alla configurazione attualmente osservabile; questo implica che ogni cellula muraria coi suoi elementi (pareti, orizzontamenti e relative connessioni) è anch'essa frutto di un processo di trasformazione che, tra le altre cose, determina posizione e quantità dei vincoli presenti tra i vari elementi che la costituiscono.

Possiamo indicare con la definizione di cellula muraria "chiusa" un assemblaggio (pareti e orizzontamenti) in cui gli elementi sono tra loro vincolati (in verticale e in orizzontale) seguendo una organizzazione costruttiva. La distanza tra i suddetti vincoli determina le snellezze (orizzontali e verticali) che caratterizzano l'assemblaggio.

L'analisi delle fasi costruttive mette in luce i punti di debolezza imputabili alla scarsa connessione tra cellule o ad accostamento successivo privi di morse murarie o per altri versi a indebolimenti introdotti da demolizioni di porzioni di tessuto più o meno consistenti.

Altro elemento di fondamentale importanza, in riferimento al danno che un eventuale terremoto può provocare alle costruzioni murarie, è il tipo edilizio predominante all'interno del tessuto (case monocellulari, bicellulari, palazzetti). Una volta individuata la tipologia edilizia, va osservata in riferimento ad alcune questioni generali: (i) la posizione della cellula all'interno del tessuto (interclusa, d'angolo, di testata), utile a valutare la quantità di fronti esposte; (ii) la quantità e l'estensione di pareti esterne presenti (siano questi su strada o su corti interni o svettanti su altri edifici ecc.); (iii) la posizione delle aperture su ciascuna parete di facciata (la posizione delle aperture definisce la forma specifica che sarà assunta dalle porzioni di parete in movimento fuori del piano); (iv) Inoltre deve essere controllata la relazione con gli edifici contigui in termini di altezze relative (le pareti svettanti possono essere sedi di innesco dei meccanismi fuori piano che devono essere impediti).

In merito ai vincoli che caratterizzano la cellula muraria, va osservato con specifica attenzione su quali di questi possono contare le pareti più esposte al ribaltamento (fronti strada e pareti perimetrali esterne in generale).

Di seguito è descritta la disposizione più frequente dei suddetti vincoli.

*Vincoli verticali (connessioni tra le pareti convergenti):* tali vincoli sono in primo luogo quelli forniti dall'ammorsamento con le pareti contigue nella stessa direzione e nella direzione ortogonale (connessione dell'apparecchio in

corrispondenza dei martelli murari e delle angolate). La visione diacronica suggerisce di verificare (mediante l'analisi dei processi evolutivi e mediante saggi mirati) la modificazione di posizione, relazione e connessioni (vincoli) che può essersi verificata nel corso della storia edificatoria.

*Vincoli orizzontali (connessioni tra pareti e orizzontamenti):* generalmente la cellula muraria è delimitata in orizzontale dai solai e dalle coperture; le predette strutture possono – in relazione all'azione sismica – esplicare un ruolo positivo nel mantenimento delle pareti verticali nel loro piano. Il peso degli orizzontamenti lignei (di interpiano o di copertura) costituisce un vincolo orizzontale per la parete esterna tale da modificare la qualità del meccanismo di ribaltamento fuori piano. Mentre l'assenza di un siffatto vincolo facilita l'insorgere del ribaltamento, la presenza di un orizzontamento obbliga la parete a un comportamento, per il quale è necessario un lavoro maggiore per avviare il cinematismo fuori piano. Anche le strutture orizzontali voltate possono costituire un vincolo per le pareti esterne, purché la spinta sul piedritto sia correttamente bilanciata (anche con l'ausilio di incatenamenti).

Partendo da tutte queste osservazioni generali e includendo le considerazioni sulla posizione dei vincoli per la parete di facciata di una cellula muraria sita all'interno del tessuto edilizio, si chiarisce l'influenza della configurazione costruttiva (organizzazione della cellula muraria in relazione a spessori delle pareti, passi murari e tessiture, come della tecnica costruttiva e degli assemblaggi tra gli elementi) nel manifestarsi dei meccanismi fuori piano attesi in occasione di un terremoto.

Gli interventi di trasformazione più o meno recenti, costituiscono un altro importante aspetto da conoscere e interpretare per la definizione di un giudizio sul comportamento strutturale. Questi interventi a seconda della loro qualità e della loro compatibilità con la costruzione muraria possono modificare anche radicalmente il comportamento dell'organismo murario, in alcuni casi introducendo debolezze aggiuntive che aumentano la vulnerabilità sia della cellula interessata che di quelle contermini che fanno parte dell'aggregato.

La disamina della condizione attuale dell'edificato con riferimento alle modificazioni introdotte da interventi soprattutto recenti deve essere finalizzata al controllo dell'alterazione del sistema costruttivo. Non si tratta esclusivamente di interventi di tipo strutturale; infatti a volte anche i soli adeguamenti di tipo impiantistico possono introdurre delle precarietà precedentemente assenti. Una delle situazioni più diffuse è riferibile allo spostamento e/o allargamento di aperture poste nelle pareti ortogonali alle facciate su strada che può comportare indebolimenti differenziati a seconda della quantità di parete sottratta e delle modalità di sottrazione. La casistica è estesa e non può essere esaustiva dipendendo dalle singole situazioni locali.

## **9.2 Sintesi delle vulnerabilità sismiche**

La disamina speditiva dei centri storici (Titolo III) ha consentito l'individuazione di vulnerabilità ricorrenti che verranno sinteticamente esposte nel presente paragrafo.

La disamina dei fattori di vulnerabilità che si presenta non è ovviamente esaustiva basandosi su una raccolta di dati proveniente da sopralluoghi speditivi estesi all'intero centro storico; inoltre, proprio in dipendenza della modalità di acquisizione delle conoscenze (osservazioni dall'esterno), la vulnerabilità qui trattata è quella relativa ai possibili meccanismi di ribaltamento delle pareti fronte strada, che possono comunque estendersi alle pareti esterne fronteggianti spazi aperti interni quali pertinenze e corti.

Alcuni dei fattori di vulnerabilità esposti nel seguito riguardano invece situazioni aggiuntive (condizioni riferibili all'organizzazione interna degli edifici), questi sono stati desunti dallo studio più dettagliato eseguito sull'aggregato campione, nell'ambito del lavoro svolto sul centro storico di Faenza (v. RUE2014). Anche in questo caso però è necessario premettere che durante tale studio non è stato possibile indagare sistematicamente la fattura degli elementi costruttivi e degli assemblaggi perché le informazioni relative a questo aspetto sono spesso nascoste dall'intonaco, essendo gli edifici in buono stato di conservazione e di utilizzazione.

Ulteriore precisazione riguarda il fatto che nella esposizione dei fattori di vulnerabilità si fa riferimento alla condizione attuale dell'edificato, comprendendo quindi le vulnerabilità dovute a modificazioni e trasformazioni storiche o recenti apportate al costruito del centro storico.

Appare opportuno specificare che le vulnerabilità di seguito descritte sono rappresentative delle modalità esecutive e della storia edilizia locale, esse infatti sono confrontabili a quelle osservate in occasione dello studio effettuato sul centro storico di Faenza precedentemente citato, per quanto riguarda le peculiarità derivanti da contesti orografici o tipologie architettoniche peculiari dei diversi centri storici analizzati, è stato introdotto un paragrafo specifico (Rif. Par. 9.2.4).

### 9.2.1 Configurazione d'assieme

Caratteristiche principali della configurazione d'assieme dell'edificio in aggregato e influenza su di essa della consistenza (e delle modifiche) degli apparecchi degli elementi che compongono l'assemblaggio murario.

#### *Snellezze orizzontali e verticali*

Tale vulnerabilità si riscontra, in presenza di passi murari (distanza tra le pareti ortogonali alla facciata, ovvero dimensione della cellula muraria sul fronte) eccedenti la media del tessuto murario storico. Si evidenziano situazioni di debolezza relativa dovute alla maggiore snellezza muraria che da tali configurazioni deriva. Parallelamente, interpiani di dimensioni importanti, anche se caratterizzati da orizzontamenti tessuti parallelamente alla facciata, possono introdurre rilevanti situazioni di debolezza. Per entrambe le configurazioni non si riscontra una consistente diffusione nei cinque centri storici analizzati, queste caratterizzano solo alcune tipologie, quali palazzetti o palazzi nobiliari, talvolta presenti all'interno degli aggregati (in particolar modo nei centri di Brisighella, Castel Bolognese e Riolo Terme) (Figura 6).

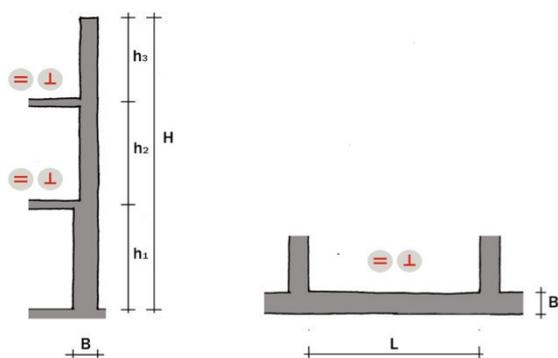
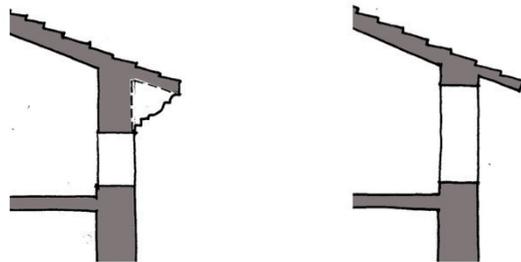


Figura 6 - schema esemplificativo snellezza orizzontale, elevate dimensioni di  $h_1$ ,  $h_2$  o  $h_3$  introducono un elemento di debolezza, nonostante la presenza di solai con orditura principale disposta ortogonalmente alla parete di facciata.

#### *Ricucitura della cimasa muraria insufficiente*

Una configurazione osservata in modo diffuso sia su edifici monocellulari che su edifici di maggiore importanza, è caratterizzata dalla presenza di aperture in corrispondenza del livello sottotetto. Questa tipologia di aperture generalmente presenta una maggiore estensione in larghezza rispetto all'altezza, a questa si associa una ridotta dimensione della cimasa muraria che generalmente include l'elemento architrave e la sovrapposta cucitura muraria. L'insieme delle due condizioni sopradescritte provoca un consistente indebolimento di tutta la porzione sommitale dell'edificio, sulla quale poggiano le strutture della copertura (Figura 7).



**A. apparentemente insufficiente**

**B. insufficiente**

Figura 7 - esemplificazione di due configurazioni della cimasa muraria in corrispondenza delle finestre di sottotetto. La configurazione A presenta una porzione di cimasa di consistenza sufficiente, anche se mascherata da elementi decorativi. La configurazione B presenta una cimasa muraria molto ridotta in corrispondenza del vano finestra.

#### Disallineamento verticale delle aperture

I fronti del centro storico sono generalmente caratterizzati da un'organizzazione delle aperture regolare proveniente dalla tipologia edilizia prevalente nel tessuto. Si rilevano comunque casi in cui particolari situazioni presentano assetti in cui le aperture appaiono disallineate o disposte in modo irregolare in dipendenza per lo più a modifiche trasformative (riconfigurazioni interne degli spazi o spostamento del vano scala); in alcuni casi situazioni non particolarmente organizzate si possono osservare nei fronti tergali posti sulle aree di pertinenza degli edifici. La vulnerabilità di tali configurazioni riguarda il percorso dei carichi verticali e la presenza di allineamenti murari intrinsecamente più deboli nei confronti delle azioni orizzontali.

#### Alterazione della maglia muraria

Fenomeno ricorrente in tutti i centri storici analizzati è l'eliminazione di porzioni murarie in corrispondenza del pianterreno per la realizzazione di garage o negozi. Ai piani superiori le pareti ortogonali alla facciata possono essere eliminate per ottenere ambienti di maggiori dimensioni o per realizzare vani di passaggio più grandi. Tale alterazione costituisce un indebolimento generale della struttura; in particolare l'eliminazione delle pareti ortogonali alla facciata provoca un'alterazione del passo della maglia e introduce una diminuzione sia della resistenza a ribaltamento della parete di facciata (per incremento della snellezza orizzontale) sia della resistenza a taglio considerando nel complesso la massa delle pareti di controvento (Figura 8).

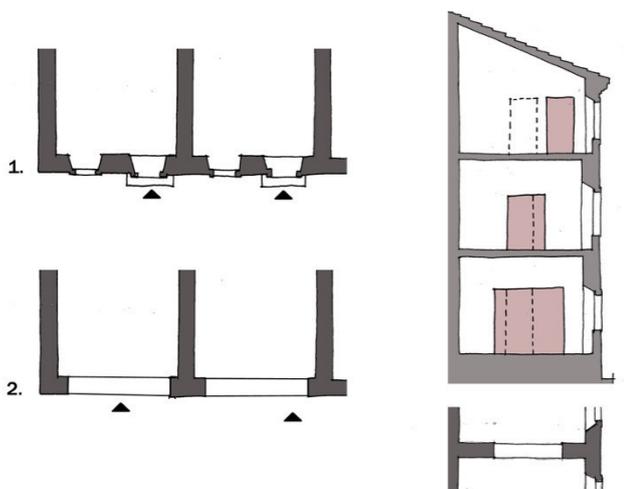


Figura 8 - esemplificazioni di indebolimento della maglia muraria, immagine 1 demolizioni delle pareti di controvento; immagine 2 ingrandimento delle aperture a pianterreno per la realizzazione di garage o negozi, 3 spostamento o ingrandimento di aperture sui muri di controvento

### *Vele murarie in copertura*

La presenza di pareti libere svettanti in copertura è ricorrente in associazione all'intervento di sostituzione delle originarie coperture a falda con coperture piane. In seguito a tale trasformazione, nasce presumibilmente la necessità di evitare l'introspezione e la conseguente realizzazione di pareti sommitali sottili. La vulnerabilità di tali strutture (caratterizzate da una forte snellezza), in presenza di azioni orizzontali, è elevata. Tale vulnerabilità è comunque molto rara nei centri storici analizzati.

### *Sostituzione delle strutture orizzontali*

Tale vulnerabilità è conseguenza dell'inserimento di elementi orizzontali con caratteristiche meccaniche diverse da quelle degli orizzontamenti originari. L'introduzione di solai o di cordoli in calcestruzzo armato costituisce un fattore di vulnerabilità in quanto caratterizzati da rigidità e peso sostanzialmente differenti rispetto a quelli caratterizzanti gli orizzontamenti tradizionali; inoltre la loro realizzazione comporta, frequentemente, il taglio esteso delle murature perimetrali (cordolo in breccia); l'indebolimento delle pareti conseguente a tale trasformazione unito alla maggior entità di azione che i solai rigidi trasferiscono alle pareti stesse determina un incremento di debolezza.

### *Volumi aggiunti*

Queste situazioni sono presenti quasi esclusivamente sui fronti tergalì degli edifici e, per quanto è stato possibile osservare, in maniera abbastanza diffusa, in particolar modo in alcune case a schiera di Casola Valsenio e in alcuni aggregati della frazione di Fognano. I piccoli volumi aggiunti sia a sbalzo dalle pareti verticali che in sommità dell'edificio sono intrinsecamente precari.

### *Impianti in breccia*

Il problema dell'inserimento degli impianti in breccia nello spessore delle pareti murarie è abbastanza diffuso (anche se non facilmente osservabile) e rende la compagine muraria vulnerabile introducendo delle sconessioni (tagli orizzontali e verticali) che indeboliscono la continuità delle cellule murarie. La presenza di vuoti o discontinuità sulle pareti sollecitate in caso di sisma facilita l'innescarsi di meccanismi di danno anche di notevole rilevanza.

### *9.2.2 Interazioni tra gli edifici contigui nell'aggregato*

Alcune vulnerabilità coinvolgono il comportamento di porzioni estese di aggregato; tali interazioni si manifestano al contatto tra unità edilizie e introducono elementi di complessità nella fase progettuale e in quella esecutiva in quanto possono coinvolgere proprietà diverse. Di seguito si elencano le vulnerabilità di questo tipo riscontrate con maggiore frequenza

### *Differenze di altezza tra edifici contigui*

I volumi svettanti in un fronte murario continuo costituiscono un elemento di vulnerabilità in quanto la porzione muraria eccedente rispetto agli edifici limitrofi è passibile di ribaltamento alla stregua delle altre pareti esposte. Tale configurazione è diffusamente presente nei centri studiati (sia nei fronti strada che in quelli interni) e merita le dovute attenzioni in fase progettuale (Figura 9).

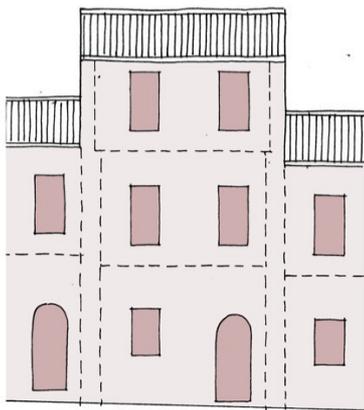


Figura 9 - esemplificazione di volume svettante all'interno di un fronte edilizio continuo

#### *Disallineamenti tra gli orizzontamenti degli edifici contigui*

Il disallineamento delle quote di orizzontamento negli edifici adiacenti si individua con facilità mediante osservazione dall'esterno (posizione reciproca delle aperture sul prospetto). In tali casi se la disposizione delle orditure dei solai di interpiano presenta travi disposte parallelamente alle facciate su strada sono da temere – soprattutto in presenza di altezze di interpiano fortemente differenti tra gli edifici affiancati – fenomeni di punzonamento sulle pareti comuni (Figura 10).

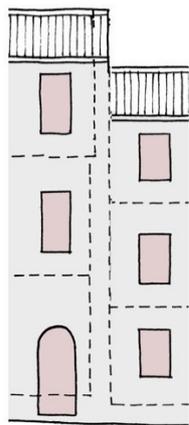


Figura 10 - esemplificazione della configurazione con solai sfalsati

#### *Relazione tra le strutture dei sovrappassi e gli edifici contigui*

In questi casi è necessario verificare l'allineamento tra le pareti del sottopasso con quelle degli edifici a cui quest'ultimo è addossato con la finalità di controllare la possibilità del verificarsi di fenomeni di martellamento dovuti al contempo alla non corretta disposizione e al mancato ammorsamento delle pareti del sovrappasso.

#### *Edifici contigui con orizzontamenti voltati*

Un ulteriore problema che può presentarsi tra gli edifici affiancati è quello della presenza di volte a fianco di solai in legno o in metallo. In questo caso è necessario controllare il regime delle spinte associate al funzionamento statico delle volte allo scopo di evitare la trasmissione di azioni orizzontali non adeguatamente contenute a unità edilizie che non siano in grado di assorbirle ovvero che, dovendo assorbire tali spinte, non abbiano poi sufficienti riserve di resistenza per opporsi alle azioni orizzontali indotte dal terremoto.

### *Edifici contigui con orizzontamenti di diversa rigidità*

Un caso frequente è quello dei solai in cemento armato che vengono a trovarsi a fianco di solai lignei originari. Le diverse caratteristiche inerziali e di peso dei solai in c.a. rispetto ai più flessibili e leggeri solai lignei inducono differenti risposte dinamiche con conseguenti, imprevedibili, amplificazioni locali che possono accentuare i danni prodotti dal sisma.

### *9.2.3 Elementi strutturali*

Le vulnerabilità dei singoli elementi strutturali riguardano sia la qualità degli elementi in sé sia la maggiore precarietà inevitabilmente associata alla presenza di forme significative di degrado o dissesto negli elementi stessi (minore efficienza statica e maggiore vulnerabilità alle azioni sismiche).

### *Muri manomessi*

Come già evidenziato, un fenomeno frequentemente riscontrato nel centro storico è quello dell'allargamento delle aperture dei piani terra delle pareti di facciata per la realizzazione di accessi ai garage. Si tratta di una situazione che si rivela particolarmente insidiosa in prospettiva sismica, sebbene anche in condizioni ordinarie sia responsabile di alcune forme di dissesto. La condizione più problematica è quella delle cellule d'angolo per le quali la riduzione della muratura resistente a taglio, nel piano della facciata, può rivelarsi fatale, in caso di sisma (a differenza delle cellule intermedie che possono comunque contare sul contributo delle cellule contigue). Altri tipi di manomissioni non sempre osservabili perché generalmente coperti da intonaco, sono lo spostamento o la chiusura di bucatore o di altri vuoti murari, tale situazione rappresenta una vulnerabilità qualora le tamponature realizzate non siano state correttamente ammorsate al resto della struttura o presentino spessori differenti rispetto al resto della muratura.

### *Eliminazione parziale di volte*

La parziale eliminazione di volte, realizzata mediante taglio di una porzione più o meno estesa della superficie originaria, è motivata soprattutto dalla necessità di ricavare dei passaggi di collegamento tra livelli sovrapposti. In relazione alla geometria della superficie voltata e alla disposizione ed entità del taglio, le situazioni risultanti possono essere anche molto diversificate ma, in ogni caso meritevoli di approfondimenti progettuali specifici. La natura intrinsecamente bidimensionale del funzionamento statico delle volte – anche quelle a semplice curvatura – e la conseguente possibilità di mobilitare risorse resistenti secondo due direzioni principali, garantisce una ampia possibilità di adattamento a modifiche anche consistenti; tuttavia, tali modifiche comportano delle concentrazioni di sforzo in corrispondenza dei bordi di taglio che, per quanto possano essere contenute dalla accortezza utilizzata nell'operare il taglio stesso, richiedono comunque una particolare attenzione progettuale.

### *Orditure di copertura spingenti*

La presenza di orditure lignee spingenti in copertura si può associare a due diverse situazioni: (i) tetti a testata di padiglione con paradossi angolari e (ii) tetti con orditura principale ortogonale alle pareti di facciata. Naturalmente, in entrambi i casi, l'entità (e, forse, la presenza stessa) della spinta trasmessa dalla copertura dipende dalle modalità di appoggio dei legni e dalla presenza e disposizione di vincoli che colleghino i legni stessi alle murature di imposta.

### *Sostituzione delle coperture lignee con solai in calcestruzzo armato*

Fenomeno riscontrato, in maniera più o meno diffusa, in tutti i centri storici analizzati è la sostituzione delle coperture lignee tradizionali con solette rigide realizzate in calcestruzzo armato o tecnica costruttiva simile (non sempre comprensibile da una visione dall'esterno). Tale situazione rappresenta una duplice vulnerabilità, tali coperture sono caratterizzate da un comportamento rigido non compatibile con il comportamento della muratura sulla quale sono impostate, e da un considerevole peso che altera le condizioni di carico dell'intero sistema edilizio. In caso di sisma il comportamento di coperture di questo tipo può provocare martellamento sulle murature con conseguente espulsione di porzioni murarie consistenti e nei casi più gravi il collasso della struttura per schiacciamento.

#### 9.2.4 *Vulnerabilità peculiari osservate in alcuni centri storici*

Oltre alle vulnerabilità ricorrenti elencate sopra, è opportuno segnalare alcune vulnerabilità peculiari osservate nei centri storici oggetto di studio.

Nel caso di Brisighella, l'aggregato che comprende la via porticata degli asini è caratterizzato da una vulnerabilità intrinseca dovuta alla particolare configurazione strutturale. Il piano porticato, infatti, è di per sé un elemento vulnerabile all'azione sismica per l'assenza di massa muraria. Tuttavia, è da segnalare la presenza di appositi presidi antisismici atti a migliorare le connessioni tra gli elementi in tutte le direzioni.

Un discorso analogo vale per Castel Bolognese, che presenta edifici con portico a piano terra lungo la via Emilia. Come osservato in alcuni centri colpiti dal terremoto del 2012, il portico si è rivelato un elemento particolarmente vulnerabile, soprattutto se associato a trasformazioni della maglia muraria (demolizioni di pareti, allargamento delle aperture, ecc.).

Si segnala, inoltre, la costruzione di edifici ad uso residenziale sulle antiche cinte murarie. È il caso di Solarolo e di Brisighella. Nell'ambito di una valutazione della vulnerabilità è opportuno indagare i rapporti di contiguità tra gli elementi murari dalla differente configurazione geometrica e costruttiva (ad esempio: i muri di ingente spessore della cinta muraria e i muri meno spessi delle costruzioni ordinarie).

### **9.3 Punti di forza: tecnica costruttiva locale e presidi nei centri storici**

L'analisi della tecnica costruttiva locale, seppur condotta dall'esterno degli edifici consente di affermare, in primo luogo la generale buona qualità delle murature che caratterizzano i centri storici oggetto di studio. Gli orizzontamenti non sono osservabili sistematicamente ma dalle informazioni reperite, i solai lignei appaiono costituiti da elementi di dimensioni adeguate alle luci che coprono, le volte (spesso in mattoni) sono ben tessute.

In linea generale, non sono osservabili delle precarietà legate a carenze della tecnica costruttiva.

Si è detto inoltre della diffusa presenza, all'interno dei tessuti urbani, di dispositivi tradizionali di rinforzo -muri a scarpa, catene metalliche, arpioni di copertura- denuncia la consapevolezza del maggiore punto di debolezza della costruzione muraria (ovvero l'assenza di connessioni tenaci tra le parti) e la volontà di supplire a tale carenza introducendo vincoli più efficaci.

In tale volontà si può ravvisare sicuramente una esplicita finalizzazione antisismica della tecnica muraria tradizionale.

Quale che sia la motivazione della diffusa presenza dei citati dispositivi di rinforzo sembra evidente l'opportunità di renderne sistematico l'uso, introducendoli laddove non presenti e potenziandoli laddove insufficienti secondo le indicazioni contenute nel successivo paragrafo.

Sulla base di tale elementare opportunità si impone una considerazione: ai fini della redazione dei progetti di intervento sulle singole unità edilizie è imprescindibile la formulazione di un giudizio sulla efficacia dei dispositivi di rinforzo antisismici, quando presenti. Tale considerazione è evidentemente giustificata dalla assunzione che, qualora il sistema dei presidi presenti necessiti di essere integrato, è necessario adottare preferenzialmente dispositivi tecnici in grado di garantire il massimo di omogeneità meccanica con i dispositivi storici.

I parametri da prendere in considerazione per la valutazione dell'efficacia dei presidi antisismici storici dipende naturalmente dal tipo di dispositivo in esame.

Per i ringrossi a scarpa delle pareti di elevazione è essenziale poter valutare la qualità e lo stato di conservazione dell'ammorsatura del ringrosso stesso alle pareti ed è quindi indispensabile poter effettuare dei saggi localizzati con la finalità di mettere in evidenza la connessione.

Per gli incatenamenti metallici di piano è essenziale poter valutare per un verso lo stato di conservazione degli elementi metallici e dei relativi dispositivi di ancoraggio (ovvero l'assenza di rilevanti fenomeni di corrosione e conseguente riduzione delle sezioni resistenti) e per altro verso l'efficienza della funzione di vincolo esplicita dagli incatenamenti stessi (il tiro delle catene). Per entrambi gli aspetti sembra indispensabile l'ispezione visiva, estesa ad ampie porzioni dei dispositivi, e la conseguente adozione dei sistemi usuali di controllo – da quelli semplicemente visivi a forme di controllo strumentale più o meno raffinate in relazione all'importanza del caso in esame.

Per gli elementi lignei, di piano o di copertura, ai quali è assegnata la funzione di incatenamento mediante l'uso di ancoraggi metallici terminali, alle problematiche già richiamate per le catene metalliche si aggiungono quelle della conservazione ed efficienza degli elementi lignei.

#### **9.4 Ricostruzioni post-belliche e sostituzioni edilizie nei centri storici**

La presenza di edifici integralmente ricostruiti a seguito delle distruzioni provocate dai bombardamenti dell'ultima guerra costituisce un problema a sé stante all'interno dell'intero tessuto storico, con particolare riguardo ai centri di Solarolo, Casola Valsenio -oggetto di piani di ricostruzione- e, in minor parte, Castel Bolognese, parzialmente colpita dai bombardamenti. In assenza di una conoscenza anche solo approssimativa della configurazione strutturale degli edifici ricostruiti non è possibile precisare gli elementi di precarietà che tali ricostruzioni possono aver introdotto all'interno di un aggregato compatto: ma è evidente che, in presenza di soluzioni tecnologiche diverse tra edifici contigui, si innescano forme di interazione difficilmente prevedibili.

Tali forme d'interazione devono essere attentamente valutate perché qualunque soluzione progettuale non può che fondarsi su una loro comprensione e sull'adozione delle misure più idonee al loro controllo.

All'interno del lavoro svolto sui centri storici, tale tematica è stata solamente individuata ma non approfondita essendo indispensabile la realizzazione di indagini specialistiche che coinvolgono anche la necessità di procedere a saggi distruttivi per appurare le modalità esecutive della ricostruzione attuata. In generale si può però evidenziare che gli interventi di ricostruzione o sostituzione (anche attualmente in corso) di porzioni di tessuto (dal singolo lotto a parti più estese) con strutture realizzate con tecnica costruttiva diversa da quella muraria (più frequentemente in cemento armato), possono -in particolari condizioni- introdurre delle vulnerabilità prima assenti.

La correttezza esecutiva impone che la nuova struttura sia separata da quella muraria adiacente (giunto tecnico), ma questo comporta anche che le cellule murarie adiacenti alla nuova struttura si troveranno in una nuova situazione in cui le pareti precedentemente interne diverranno pareti esterne non potendo più contare sul contributo stabilizzante delle pareti adiacenti eliminate.

A seguito di tali trasformazioni le pareti murarie coinvolte si troveranno in una situazione di debolezza superiore a quella precedentemente consolidata. In definitiva la sostituzione con modifica della tecnica costruttiva comporta delle possibili ricadute negative sul tessuto murario contermini.

## **10 CRITERI PER LA MITIGAZIONE DELLA VULNERABILITÀ SISMICA NEGLI EDIFICI DEI CENTRI STORICI**

### **10.1 I criteri di progetto**

La metodologia proposta vede come centrale l'analisi delle modalità costruttive considerata punto di partenza per la valutazione della sicurezza e per la prefigurazione dei meccanismi di danno attivabili da un sisma; sulla scorta di tale processo conoscitivo e di interpretazione della realtà costruita, vengono definiti gli interventi progettuali atti a migliorare il comportamento strutturale in occasione del terremoto e al contempo a conservare la città storica.

La conoscenza sintetica della struttura della casa e quella analitica dei suoi elementi si riconnettono in questa fase nella lettura dell'assemblaggio strutturale e nel giudizio sulla qualità meccanica d'insieme della costruzione.

La conoscenza acquisita evidenzia i punti deboli e permette la prefigurazione del danneggiamento che è lecito attendersi. Da tale conoscenza critica discende la definizione dell'intervento che è esplicitamente finalizzato a sanare le precarietà e a rinsaldare le condizioni riconosciute intrinsecamente carenti.

In alcuni casi il miglioramento strutturale si realizza semplicemente eliminando le cause che hanno alterato la buona consistenza originaria, altre volte la tecnica costruttiva locale mostra carenze intrinseche che vanno sanate introducendo specifici presidi. Tali presidi possono fare riferimento alla tecnica locale, o essere a questa estranei, ma in ogni caso si preferiranno soluzioni affini alla logica costruttiva muraria al fine di evitare disomogeneità.

La fase interpretativa consente la prefigurazione di scenari e meccanismi locali di danno sismico in grado di evidenziare debolezze e precarietà che potrebbero evidenziarsi in situazioni di emergenza sismica.

La costruzione dello scenario di danno viene realizzata utilizzando le informazioni raccolte nella fase della conoscenza, opportunamente selezionate e messe a sistema in modo tale da ottenere una lettura critica del sistema costruttivo, evidenziando aspetti positivi e negativi in termini di vulnerabilità sismica. L'insieme delle informazioni che consentono la lettura critica comprende: (i) modalità costruttive e configurazione d'assieme, (ii) storia evolutiva del sistema edilizio, (iii) quadro fessurativo, (iv) presenza di riparazioni o di presidi antisismici storici (incatenamenti, speroni, ringrossi murari, etc.). In particolare per quanto riguarda gli ultimi due punti, il quadro fessurativo consente di individuare meccanismi di danno in atto, quali cedimenti fondali eccessi di carico di porzioni murarie ecc., l'individuazione di presidi antisismici storici -a cui viene attribuito il ruolo di vincoli aggiuntivi- consente di precisare la forma dei distacchi e la estensione delle porzioni murarie in ribaltamento.

La estrema variabilità delle situazioni strutturali e la loro intrinseca complessità rende illusoria la pretesa di un controllo numerico dello scenario prefigurato se non in forme assai semplificate.

Le recenti norme sismiche italiane prendono atto di questa oggettiva difficoltà proponendo, per l'edificato delle città storiche, verifiche numeriche semplificate rispetto a quelle richieste per la generalità degli edifici murari esistenti.

Il quadro conoscitivo e interpretativo sopra delineato è premessa indispensabile per la definizione della fase progettuale ove vengono stabiliti gli strumenti per la mitigazione della vulnerabilità sismica.

Gli interventi necessari a ottenere un miglioramento della risposta strutturale derivano dal giudizio sulla qualità meccanica formulato nelle fasi precedenti, essi non vengono illustrati mediante dettagli tecnici ma piuttosto evidenziando i risultati a cui il progetto deve mirare.

L'espressione della fase progettuale in forma di prestazioni da ottenere lascia una libertà progettuale che mantiene un solo irrinunciabile vincolo: il rispetto della logica costruttiva muraria, che è garanzia di efficacia e di compatibilità dell'intervento con la costruzione su cui si opera.

La disamina del danneggiamento occorso al costruito murario storico italiano a seguito dei terremoti avvenuti sullo scorcio del millennio trascorso ha infatti indotto a riflettere in maniera pesantemente critica sulla dubbia efficacia delle modalità di intervento strutturale fondate sull'uso estensivo del cemento armato. L'osservazione degli effetti su edifici consolidati mediante l'uso di tale tecnica ha mostrato la inadeguatezza di soluzioni non solo accettate, ma a volte anche suggerite dagli strumenti normativi e la loro sostanziale incontrollabilità meccanica.

Il suddetto approccio progettuale risponde alle esigenze del binomio sicurezza e conservazione, derivate dalla metodologia originariamente proposta da Antonino Giuffrè. Seguendo tale approccio l'intervento sulla costruzione assume carattere marcatamente strutturale, le operazioni tecniche attraverso le quali esso viene attuato sono concepite in modo da rispettare la natura originale della costruzione e consentirne in tal modo la conservazione. Risulta chiaro che il termine "conservazione" assume qui un significato più esteso di quello usualmente adottato, esso supera i consueti valori architettonici e estetici del costruito per includere anche quelli strettamente tecnici e costruttivi, visti come portatori, anch'essi al pari dei primi, di valori storici e culturali.

## **10.2 Indicazioni per la mitigazione della vulnerabilità edilizia**

Si ripercorrono, in questo paragrafo, le vulnerabilità puntualmente elencate nel paragrafo precedente proponendo, per alcune di esse, l'indicazione di criteri generali di intervento. La rassegna delle problematiche progettuali è preceduta da una breve introduzione sui contenuti della normativa tecnica nella quale si effettua una sintetica lettura critica del dettato normativo evidenziandone le specificità con riferimento al tema degli edifici in aggregato.

I criteri d'intervento sono presentati, nei successivi punti "10.2.2 Interventi finalizzati alla riduzione della vulnerabilità derivante dalla *configurazione d'assieme*" e "Interventi finalizzati alla riduzione della vulnerabilità dei singoli elementi strutturali" -Par. 10.2.2 e 10.2.3- raggruppandoli in due diverse categorie che riprendono la suddivisione già operata nel precedente paragrafo 9.2 dove le vulnerabilità sono state riferite (i) alla configurazione d'assieme dell'edificio murario (anche in termini di interazione con gli edifici contigui) e (ii) ai singoli elementi componenti l'assemblaggio.

Vale la pena precisare tale suddivisione che, per confronto con le indicazioni della attuale normativa attuale (NTC 2008 e Circolare 617/2009), potrebbe indurre qualche difficoltà interpretativa (cfr. RUE2014 Faenza).

In NTC 2008 è introdotta infatti, accanto ai classici interventi di miglioramento (già previsti dalle precedenti normative sismiche, a partire da quella del 1986, come categoria privilegiata per le costruzioni esistenti), la nuova categoria delle riparazioni o interventi locali. L'elemento discriminante tra intervento locale e intervento di miglioramento è individuato dalla Circolare 617/2009 non nell'estensione dell'intervento stesso bensì nella significatività delle modifiche apportate al *"comportamento strutturale locale o globale, particolarmente rispetto alle azioni sismiche"*.

È dunque evidente come la distinzione proposta, tra interventi sulla configurazione e interventi sugli elementi, non si identifichi con la distinzione normativa tra interventi di miglioramento e interventi locali: le categorie presentate nei successivi paragrafi 10.2.2 e 10.2.3 si riferiscono entrambe, in realtà, alla categoria del "miglioramento sismico" dal momento che entrambe perseguono la finalità di migliorare (significativamente) il comportamento sismico dell'intera costruzione coinvolta o di una sua porzione anche limitata.

In altri termini, indipendentemente dall'estensione della porzione strutturale alla quale gli interventi sono riferiti la finalità che con gli interventi stessi si persegue è comunque quella del miglioramento. Anche quando si interviene su singoli elementi della fabbrica, l'obiettivo è comunque il comportamento complessivo dell'edificio; e, d'altra parte, anche la semplice riparazione di un elemento ammalorato o degradato, nel momento stesso in cui rinforza la capacità dell'elemento (in tema resistenza, rigidità, etc.) migliora, ovviamente, anche il comportamento d'insieme dell'assemblaggio di cui quell'elemento fa parte.

Una ulteriore precisazione che vale la pena effettuare riguarda il tema della valutazione della sicurezza che, secondo NTC 2008, deve essere effettuata, nel caso del miglioramento, con riferimento alla struttura nel suo insieme, e nel caso degli interventi locali, con riferimento ai singoli elementi coinvolti. Tale precisazione si rende necessaria per chiarire che l'indicazione della norma non comporta necessariamente un maggior onere di calcolo, nel caso degli edifici in aggregato dei centri storici, qualora si operi in ambito di miglioramento piuttosto che di intervento locale.

La stessa normativa, infatti, riconosce esplicitamente, nel caso degli edifici in aggregato, le oggettive difficoltà connesse a una valutazione di tipo globale:

*"L'analisi di una US secondo i metodi utilizzati per edifici isolati, senza una adeguata modellazione oppure con una modellazione approssimata dell'interazione con i corpi di fabbrica adiacenti assume un significato convenzionale. Di conseguenza, si ammette che l'analisi della capacità sismica globale dell'US possa essere verificata attraverso metodologie semplificate, come descritto di seguito"*<sup>3</sup>

La normativa propone verifiche non solo semplificate rispetto a quelle richieste per la generalità degli edifici murari esistenti ma anche limitate a singole porzioni (o elementi) strutturali, purché la totalità delle porzioni stesse sia presa in considerazione:

*"Nel caso di solai sufficientemente rigidi, la verifica convenzionale allo Stato limite di salvaguardia della vita e allo Stato limite di esercizio di un edificio (unità strutturale) in aggregato può essere svolta, anche per edifici con più di due piani, mediante l'analisi statica non lineare analizzando e verificando separatamente ciascun interpiano dell'edificio, e trascurando la variazione della forza assiale nei maschi murari dovuta all'effetto dell'azione sismica"*<sup>4</sup>

*... "Qualora i solai dell'edifici all'analisi delle singole pareti o dei sistemi di pareti complanari che costituiscono l'edificio, ciascuna analizzata come struttura indipendente, soggetta ai carichi verticali di competenza ed all'azione del sisma nella direzione parallela alla parete"*<sup>5</sup>

---

<sup>3</sup> Circolare 617/2009, § C8A.3

<sup>4</sup> Circolare 617/2009, § C8A.3

<sup>5</sup> Circolare 617/2009, § C8A.3

### 10.2.1 *Aggregati e unità strutturali in riferimento alle Norme Tecniche*

È comunque evidente che la possibilità di una verifica per parti (singoli piani o addirittura singole pareti), che le NTC introducono per superare le difficoltà connaturate alla valutazione della sicurezza sismica per gli edifici in aggregato, non esclude in ogni caso la necessità di tenere conto nell'analisi strutturale delle interazioni derivanti dalla contiguità strutturale con edifici adiacenti.

La porzione di aggregato oggetto dell'intervento dovrà essere individuata definendo una porzione caratterizzata "dall'aver continuità da cielo a terra per quanto riguarda il flusso dei carichi verticali". Questa la caratteristica principale minima per la definizione della US (assimilabile alla UE di piano) necessaria per avviare l'analisi finalizzata ad evidenziare "le azioni che su di essa possono derivare dalle unità strutturali contigue".

Naturalmente la US/UE può anche essere a volte delimitata "da spazi aperti, o da giunti strutturali, o da edifici contigui strutturalmente ma, almeno tipologicamente, diversi". Tali condizioni (alle quali possono aggiungersene altre derivate dalla lettura della realtà costruttiva) possono presentarsi a volte nel tessuto edilizio, in quel caso supportano -con una separazione fisica- la individuazione della US/UE.

Ma la condizione più diffusa è quella di pareti murarie comuni tra edifici ben differenziati e riconoscibili come unità. In questi casi -che rappresentano la maggioranza- la delimitazione deriva dall'individuazione proprio dei muri in comune, con la successiva ricerca delle azioni che le unità contigue trasmettono a quella oggetto di studio. Questo comporta da un lato la necessità di estendere lo studio preliminare alla valutazione della sicurezza anche alle porzioni limitrofe all'unità oggetto di studio, dall'altro lato di valutare attentamente le scelte di intervento al fine di non introdurre precarietà alle porzioni limitrofe contigue.

### 10.2.2 *Interventi finalizzati alla riduzione della vulnerabilità derivante dalla configurazione d'assieme*

Gli interventi finalizzati al miglioramento della configurazione d'assieme degli edifici sebbene chiari dal punto di vista degli obiettivi perseguiti e delle metodologie tecniche adoperabili si caratterizzano per una intrinseca problematicità legata alle concrete modalità operative richieste per la loro concreta realizzazione. Si tratta infatti di interventi che implicano, in alcuni casi, il coinvolgimento delle unità edilizie contigue e la loro realizzazione si pone, pertanto, naturalmente a una scala superiore a quella del singolo edificio, sebbene non necessariamente estesa a quella dell'intero aggregato.

*Riduzione delle snellezze orizzontali e/o verticali, interventi compatibili con le esigenze di conservazione tipologica e di uso.*

Come premessa alla discussione degli interventi mirati a eliminare o ridurre le precarietà derivanti da eccessiva snellezza orizzontale o verticale, osserviamo che il miglioramento dell'organizzazione complessiva dell'edificio murario passa per il miglioramento delle connessioni tra i diversi elementi strutturali (pareti e orizzontamenti), effettuato nel rispetto della tecnica muraria. In generale, dunque, sono auspicabili l'introduzione di incatenamenti metallici, dove assenti, il miglioramento delle condizioni di appoggio e di vincolo degli elementi di orizzontamento, la realizzazione di ammorsature tra pareti ortogonali.

La snellezza orizzontale delle pareti di facciata è frequentemente dovuta alla presenza di pareti sottili all'interno delle unità edilizie, disposte ortogonalmente alla facciata stessa, e usate come divisori dei diversi ambienti e anche come appoggio delle travi dei solai. In questi casi, la sostituzione delle pareti sottili con pareti di spessore adeguato, o in alternativa il loro ispessimento, sebbene rappresentino le soluzioni strutturalmente più efficaci non sono sempre perseguibili. Esse infatti rappresentano una forma di intervento non solo problematica dal punto di vista dei requisiti di conservazione ma anche piuttosto impegnativa per quanto attiene gli aspetti più propriamente realizzativi al punto da risultare addirittura improponibile in presenza di ambienti interrati voltati sui quali le pareti stesse dovrebbero insistere in falso.

Una soluzione alternativa è rappresentata dal ricorso a strutture reticolari affiancate alle pareti sottili, allo scopo di irrigidire la scatola muraria ripartendo tra i diversi ordini di pareti le azioni sismiche. Si tratta di una soluzione

interessante ma altrettanto, se non più, impegnativa delle più invasive soluzioni di ispessimento o sostituzione e richiede una attenzione progettuale ed esecutiva anche maggiore.

Infine una soluzione minima -che però potrebbe non risultare del tutto efficace in relazione alla configurazione d'assieme dell'edificio- è rappresentata dall'inserimento di catene metalliche non solo in corrispondenza delle pareti ortogonali al fronte da trattenerne ma anche in corrispondenza di uno o più punti intermedi, con la finalità esplicita di ridurre la snellezza, ma naturalmente riportando tali incatenamenti ulteriori alle pareti di controvento presenti. Il problema di questa soluzione consiste nel fatto che la presenza di una snellezza orizzontale eccessiva non solo espone maggiormente le pareti di facciata al pericolo di ribaltamento, ma rende anche più onerosa la richiesta di resistenza a taglio delle (poche) pareti di controvento: per cui, solo a valle di un controllo delle effettive capacità di resistenza delle suddette pareti di taglio è lecito attribuire ad esse la maggiore forza sismica conseguente alla presenza di incatenamenti intermedi.

In alternativa agli incatenamenti intermedi -ma con un onere tecnico ed economico di gran lunga superiore e, con lo stesso problema già evidenziato relativamente alla resistenza a taglio delle pareti di controvento- è anche possibile irrigidire nel proprio piano i solai lignei e introdurre dei collegamenti puntuali tra i solai irrigiditi e le pareti di facciata.

La snellezza verticale delle pareti di facciata è dovuta, nella quasi totalità dei casi, alla presenza di tessiture dei solai di interpiano parallele alle pareti di facciata. In questo caso l'introduzione di incatenamenti metallici in corrispondenza delle pareti di controvento può risultare spesso decisiva e, in presenza di una contemporanea, eccessiva, snellezza orizzontale potrebbe essere accompagnata dall'inserimento di tiranti intermedi o dall'irrigidimento dei solai lignei come sopra discusso.

In presenza di snellezze verticali eccessive sembra inoltre assai opportuno prevedere un miglioramento sistematico delle ammorsature delle pareti di controvento nelle pareti di facciata, intervento che, in realtà, si potrebbe comunque effettuare in ossequio alla tradizionale regola dell'arte muraria, anche in assenza di particolari problemi di snellezza.

#### *Controllo di spinte non contenute negli ambienti semi-interrati e interrati.*

La presenza di ambienti interrati e seminterrati coperti da orizzontamenti voltati non si configura, evidentemente, come una precarietà ma induce ad esaminare la configurazione complessiva degli ambienti stessi ponendo particolare attenzione al problema del contenimento delle spinte.

Volte contigue o delimitate dal terreno si possono in linea generale considerare come "bilanciate" dal punto di vista delle azioni orizzontali trasmesse e ricevute. Ma volte che vengano modificate nella loro configurazione (per sostituzione con solai orizzontali) o nel loro intorno (per realizzazione di ulteriori ambienti interrati, non coperti a volta) possono essere sede di fenomeni di interazione più complessi caratterizzati dalla comparsa di spinte sbilanciate che vanno attentamente valutate e, nel caso, contrastate. È difficile proporre indicazioni di carattere generale, stante la grande varietà di situazioni che potrebbero presentarsi, ma il problema merita comunque di essere sottolineato all'attenzione dei progettisti.

#### *Miglioramento della cucitura muraria nelle aperture di sottotetto*

La debolezza introdotta dal ridotto spessore della cimasa muraria in corrispondenza delle aperture di sottotetto, può essere risolta efficacemente quando si preveda la realizzazione di un cordolo murario sommitale. In questo caso, infatti, l'architrave dell'apertura può diventare parte integrante del cordolo stesso garantendo il comportamento unitario della muratura sommitale.

Quando invece non si realizza un cordolo sommitale, sarebbe comunque opportuno prevedere una qualche forma di collegamento tra i pieni murari che realizzano gli stipiti delle aperture sommitali allo scopo di evitare un funzionamento completamente indipendente dei suddetti pieni.

#### *Interventi su maglie murarie alterate (sottrazioni e aperture)*

Il problema delle alterazioni della maglia muraria si può presentare, come si è visto, con connotati di diversa gravità tra i due estremi della (i) eliminazione completa di pareti murarie interne e della (ii) riorganizzazione del sistema delle

aperture con il loro spostamento e, spesso, allargamento (sistematico quello relativo agli accessi ai garage al piano terra). Il primo tipo di problema non può che essere affrontato caso per caso controllando l'effettiva situazione dell'allineamento delle pareti murarie. Il secondo tipo di problema è particolarmente delicato in quanto difficilmente suscettibile di essere affrontato in maniera risolutiva senza pensare a una riconfigurazione del sistema delle aperture, operazione che solo per le pareti interne sembra percorribile con qualche realismo.

Il problema coinvolge sia il comportamento statico, in relazione alla presenza di sezioni murarie eccessivamente ridotte anche in presenza del solo peso proprio, sia il comportamento sismico, in relazione alla inadeguatezza dell'area resistente a taglio.

Con riferimento al comportamento sismico, il semplice rafforzamento, ad esempio per cerchiatura, dei maschi murari insufficienti potrebbe non essere risolutivo, essendo il problema legato a una carenza di sezione muraria trasversale, e in questi casi si imporrebbe una revisione più sostanziale della maglia muraria. Il problema è particolarmente grave nelle pareti di facciata con grosse aperture ai piani terra e collocate alle estremità degli isolati: per queste la riconfigurazione delle aperture sembra inevitabile. Ugualmente grave, ma forse più facile da affrontare, la presenza di aperture eccessive nelle pareti ortogonali alle facciate che andrebbero ricondotte a dimensioni compatibili con la resistenza alle azioni orizzontali.

In ogni caso, la riconfigurazione delle aperture murarie, o la loro chiusura, dovrebbe essere attuata mediante uso della tecnica muraria, con la realizzazione di nuove porzioni murarie ben ammassate a quelle esistenti e a tutto spessore.

#### *Interventi per strutture orizzontali pesanti*

Le soluzioni al problema di solai in c.a. possono coprire un campo piuttosto ampio di possibilità, dalla sostituzione con orditure leggere di tipo tradizionale (evidentemente molto impegnativa, al limite della impraticabilità, dal punto di vista sia tecnico sia economico) al rinforzo delle pareti murarie allo scopo di renderle idonee a sostenere i maggiori carichi derivanti dal più pesante solaio in cemento armato. Il problema è ancora più grave quando l'orizzontamento è quello di copertura, al punto da indurre a ritenere accettabile la soluzione più drastica (che, oltre tutto, in questo caso, sembra tecnicamente più semplice).

#### *Controllo dell'interazione tra gli orizzontamenti di edifici contigui*

Il problema dei solai pesanti non è limitato alle sole unità edilizie che li contengono ma coinvolge anche le unità contigue. Detto problema dunque andrebbe, correttamente, affrontato non alla scala della singola unità ma coinvolgendo più unità contigue ed è evidente come non si possano dare criteri generali di intervento se non pensando di ripristinare condizioni il più possibile vicine al funzionamento statico delle strutture murarie.

Analogo problema di interazione in presenza di volte con solai contigui piani, sebbene in questo caso sembrano percorribili soluzioni anche limitate a una sola unità edilizia prevedendo opportuni sistemi di contenimento delle spinte.

#### *Controllo delle spinte di copertura*

La soluzione classica consiste nel collegamento delle orditure di copertura alle strutture murarie in modo da trattenere le spinte associate alla particolare disposizione. Per le coperture a testata di padiglione questa sembra l'unica soluzione percorribile, mentre per coperture a falda è anche pensabile la modifica della disposizione dei legni in modo da ottenere configurazioni non spingenti.

### *10.2.3 Interventi finalizzati alla riduzione della vulnerabilità dei singoli elementi strutturali*

#### *Riparazione degli elementi degradati o dissestati*

Poiché si è visto come alla presenza di forme di degrado o dissesto significative sia inevitabilmente associata una maggiore precarietà degli elementi interessati, un criterio generale di intervento, tanto semplice quanto efficace, consiste innanzitutto nella adozione di una sistematica strategia di riparazione (e manutenzione periodica).

La riparazione dovrebbe essere effettuata, preferibilmente, adoperando materiali e tecniche compatibili con i materiali e le tecniche originali non solo perché in questo modo è implicitamente assicurato un maggior grado di conservazione delle caratteristiche dell'edificio storico ma anche perché è più facile garantire una omogeneità di comportamento meccanico e strutturale che l'adozione di nuovi materiali e nuove tecniche rende oggettivamente più problematica.

#### *Integrazione degli elementi insufficienti*

Delle pareti sottili (muri a una testa) impegnate strutturalmente si è già detto a proposito della configurazione d'assieme dell'edificio e si sono viste alcune possibili soluzioni.

Alcune di quelle soluzioni, come ad esempio la semplice introduzione di tiranti intermedi, risolvono la precarietà sismica ma non eliminano quella statica: la parete sottile, soggetta al carico del solaio, è comunque un elemento non completamente soddisfacente anche dal punto di vista del comportamento ai soli carichi verticali e, in alcuni casi, potrebbe essere necessaria una qualche forma di intervento da definire in relazione alle condizioni specifiche e alla entità della insufficienza.

L'insufficienza può riguardare anche gli elementi di orizzontamento, dalle dimensioni degli elementi lignei o metallici allo spessore delle volte in foglio. La sostituzione con elementi di dimensioni più adeguate o l'aggiunta di elementi di supporto (rompitratte, travi affiancate, ecc.) può essere una modalità di intervento semplice ed efficace.

#### *Miglioramento degli elementi manomessi*

La casistica degli elementi manomessi è evidentemente molto varia. Tuttavia è possibile suggerire un criterio di intervento assolutamente generale: qualora l'entità della modifica sia tale da alterarne inaccettabilmente le prestazioni, l'elemento manomesso va riportato alla condizione originaria (purché naturalmente questa sia ritenuta soddisfacente), operando con la stessa tecnica (muraria, lignea) in modo da garantire omogeneità di comportamento meccanico.

## **11 SINTESI DELLA PROCEDURA CONOSCENZA-INTERPRETAZIONE-PROGETTO**

Questa sezione è dedicata all'illustrazione della metodologia di analisi e interpretazione che si propone come approccio per il progetto dell'intervento edilizio espressamente finalizzato alla riduzione della vulnerabilità sismica e alla conservazione dell'architettura muraria storica.

Tale approccio si fonda sulla convinzione dell'utilità del rilievo critico quale fattore determinante le scelte di intervento e al contempo garante della loro correttezza.

Dalle acquisizioni conoscitive e critiche raccolte mediante il rilievo critico possono essere oggettivamente definiti i criteri progettuali finalizzati alla sicurezza (miglioramento sismico) e alla conservazione (rispetto dei caratteri costruttivi e meccanici del patrimonio edilizio e tutela urbana).

### **11.1 Conoscenza**

Il rilievo geometrico/architettonico descrive lo stato dell'oggetto d'intervento con un livello di dettaglio tale da:

- distinguere la struttura primaria (muri) dalle partizioni interne (tramezzi e controsoffitti);
- indicare la tessitura degli orizzontamenti (solai e coperture) e la geometria delle volte;
- posizionare e descrivere i principali fenomeni fessurativi e deformativi.

Il rilievo critico descrive le trasformazioni e i danni subiti dal fabbricato, localizza, descrive, dettaglia e sintetizza:

- la tecnica costruttiva (materiali e organizzazione degli elementi) e gli assemblaggi;
- le interazioni strutturali tra gli edifici in aggregato;
- le tracce di formazione e trasformazione, con particolare riferimento a quelle che individuano condizioni di danno e vulnerabilità;
- la condizione di degrado e dissesto attuale distinguendola da quella pregressa.

In tal modo vengono evidenziati gli aspetti di carattere geometrico, meccanico, tecnico-costruttivo e architettonico; sulla base di tali aspetti, delle tracce di formazione e trasformazione e dei danni osservati potranno essere formulate le ipotesi dei meccanismi di danno in atto e quelli attivabili da un eventuale sisma.

Il rilievo geometrico documenta quindi lo «stato di fatto», mentre il rilievo critico documenta «come» si è prodotto lo stato di fatto ed evidenzia i punti di debolezza e gli eventuali i punti di forza del contesto costruttivo. Dalla conoscenza acquisita mediante il rilievo critico emerge l'evidenziazione sistematica dei problemi (elementi di vulnerabilità) che il progetto è chiamato a risolvere.

## 11.2 Interpretazione

Tutte le informazioni derivanti dal rilievo critico, organizzate sistematicamente, confluiscono nella formulazione delle ipotesi dei meccanismi di danno già attivati o attivabili da un futuro sisma (comportamento atteso-vulnerabilità). Tali informazioni possono essere documentate mediante una sintesi grafica accompagnata da una relazione illustrativa (parte della relazione tecnica di progetto).

Le informazioni raccolte nel rilievo critico possono riassumersi in tre categorie generali di problematiche che costituiscono la linea d'impostazione di scelte progettuali efficaci e congruenti:

- manca qualcosa o l'efficacia di qualcosa;
- qualcosa è di troppo;
- qualcosa di corretto è ammalorato;

Una volta evidenziate le problematiche sopra descritte, le scelte minime di progetto scaturiscono in modo consequenziale e possono essere sintetizzate nelle seguenti operazioni:

- introdurre ciò che manca;
- eliminare ciò che è di troppo;
- sostituire l'elemento ammalorato;

## 11.3 Progetto

Il progetto può prevedere la necessità di ulteriori indagini mirate ad accertare l'esistenza di discontinuità prevedibili in relazione alle ipotesi scaturite dal rilievo critico.

Nel caso in cui non sia possibile mantenere (per motivi tecnici, funzionali, distributivi) la stretta relazione fra rilievo e progetto introdotta tramite il rilievo critico (modifiche alle tecniche costruttive rilevate, alla rigidità nel piano dei muri e degli orizzontamenti, alla configurazione di equilibrio esistente), il progettista giustifica le scelte operate e valuta le conseguenze delle variazioni apportate, con riferimento alle eventuali vulnerabilità indotte.

Rispetto al comportamento strutturale d'assieme storicamente collaudato e evidenziato tramite il rilievo critico, occorre ripercorrere nel progetto, anche per iterazioni successive:

- le analisi dei meccanismi e giustificare le scelte di progetto nell'ottica di compatibilità, durabilità, manutenibilità e reversibilità degli interventi di progetto.
- Il progetto deve mirare al conseguimento di due obiettivi generali: (i) riparare gli eventuali danni presenti, (ii) ridurre o eliminare le vulnerabilità individuate attraverso il rilievo critico.

Nella valutazione del progetto sarà posta particolare attenzione:

- alla riduzione o eliminazione della vulnerabilità nell'aggregato o almeno nelle unità contermini;
- all'estensione quanto più possibile uniforme del grado di riduzione o eliminazione della vulnerabilità nell'aggregato o almeno nelle unità contermini;
- alla conservazione delle caratteristiche architettoniche, tecnico costruttive e materiali che caratterizzano l'edificato.

Per quanto riguarda la riduzione o eliminazione delle vulnerabilità, le operazioni elencate di seguito vanno condotte considerando ogni singolo elemento costruttivo come partecipe della stabilità del complesso e considerando che gli interventi progettati non causino danni alle strutture limitrofe in caso di cinematismi:

- assicurare i collegamenti tra gli orizzontamenti e i maschi murari
- assicurare i collegamenti tra maschi murari contigui
- ridurre le spinte derivanti da strutture voltate e coperture
- prevenire i dissesti che possono derivare da condizioni particolari del substrato di fondazione o degli stessi elementi fondali, con particolare riferimento agli eventuali effetti di amplificazione sismica locale;
- ridurre le possibili vulnerabilità derivanti da:
  - carenze o disomogeneità nelle qualità costruttiva;
  - carenze o disomogeneità nello stato di conservazione;
  - irregolarità morfologiche e plano-altimetriche (nel rispetto dei valori architettonici e tipologici);
  - presenza di interventi strutturali pregressi che hanno mutato le caratteristiche di rigidità dei muri o dei solai o il rapporto fra peso dei muri e peso degli orizzontamenti
  - contatto tra edifici (o loro parti) realizzati con struttura portante diversa (es: muratura e c.a.)
  - incongruenza strutturale delle aperture (nel rispetto dei valori architettonici e tipologici)

Per quanto concerne il risultato atteso della conservazione e della sicurezza sarà posta particolare attenzione al rispetto dei seguenti criteri generali:

- compatibilità meccanica, chimico-fisica, tecnico-costruttiva e tecnologica dei materiali e degli interventi di progetto;
- durabilità degli interventi proposti, la cui efficacia deve essere garantita tanto nella situazione presente quanto in situazioni future, soprattutto in relazione al differimento temporale degli eventi sismici attesi;
- manutenibilità degli interventi proposti attraverso una puntuale indicazione delle modalità, dei tempi e dei costi delle operazioni di manutenzione ritenute necessarie a garantire nel tempo l'efficacia dell'intervento proposto.

Il rispetto di tali criteri, ritenuti basilari nell'elaborazione di un efficace intervento di miglioramento sismico dell'intervento unitario, viene esposto e argomentato nella relazione tecnica di progetto.

### **Generalizzazione dei risultati all'intero centro storico e formulazione delle indicazioni di intervento (codice di pratica)**

Il presente Titolo costituisce il risultato della generalizzazione dei risultati all'intero centro storico e formulazione delle indicazioni di intervento (codice di pratica), **Fase 3** della Convenzione tra l'Unione dei Comuni della Romagna Faentina e l'Università degli Studi di Catania - Dipartimento di Ingegneria Civile e Architettura (DICAr) per lo svolgimento in collaborazione di un progetto di ricerca in materia di vulnerabilità sismica degli aggregati edilizi nei centri storici di Brisighella, Casola Valsenio, Castel Bolognese, Riolo Terme e Solarolo

#### **Gruppo di lavoro analisi di vulnerabilità urbana di primo livello:**

Caterina F. Carocci, Salvatore Giuffrida (Responsabili scientifici)

Chiara Circo, Margherita Giuffrè, Luciano A. Scuderi (Gruppo di lavoro)



## Titolo V Protezione della Struttura Urbana

### 12 L'ANALISI DELLA CLE (CONDIZIONE LIMITE PER L'EMERGENZA)

Dopo il terremoto dell'Aquila del 2009, sono stati avviati alcuni percorsi di ricerca finalizzati ad inquadrare le ricadute degli studi di Microzonazione Sismica (MS) negli strumenti di piano<sup>1</sup>.

Queste attività di ricerca sono state approfondite nell'ambito del Progetto Urbisit finanziato dal Dipartimento della protezione civile (DPC), in collaborazione con il CNR-IGAG. All'interno delle attività del Progetto Urbisit il rapporto tra studi di MS e pianificazione, a partire dai principi degli "Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica" (ICMS), è stato affrontato secondo due obiettivi principali: la definizione di un percorso metodologico per l'utilizzo degli studi di MS nella pianificazione comunale e l'individuazione di categorie di riferimento utili per orientare analisi e interventi di riduzione del rischio sismico per gli insediamenti urbani.

Nell'ambito del primo obiettivo sono stati affrontati alcuni temi critici già emersi nelle prime elaborazioni dell'Aquila. Per raggiungere questo obiettivo sono stati studiati i diversi possibili casi di rapporto tra zone di MS, situazioni insediative e previsioni urbanistiche; attraverso questa sovrapposizione, oltre ad individuare diverse tipologie di situazioni, si è reso evidente che gli studi di MS non possono essere limitati nel loro impiego alla fase di emergenza, ma devono far parte delle indagini di base ed essere integrati nel processo di formazione dei piani urbanistici.<sup>2</sup>

Il secondo obiettivo si è tradotto nella definizione delle possibili Condizioni Limite per l'Emergenza degli insediamenti urbani, intese come diverse soglie di danneggiamento fisico e funzionale dell'insediamento conseguenti al sisma. Le condizioni limite sono state studiate sia come riferimento per l'analisi della situazione attuale di uno specifico insediamento, sia come obiettivo da raggiungere in termini di riduzione del rischio sismico a scala urbana.

I percorsi metodologici delineati e le categorie di riferimento definite all'interno del progetto, in relazione con quanto descritto negli ICMS (2008), hanno contribuito a definire alcuni strumenti operativi messi a punto dal DPC assieme alle Regioni, fra i quali norme e standard recepiti a scala nazionale<sup>3</sup>.

Il Comune di Faenza è stato sede della sperimentazione condotta in collaborazione con il Dipartimento della protezione civile e dalla Regione Emilia-Romagna; in questo ambito è stato possibile sperimentare l'analisi della Condizione Limite per l'Emergenza (CLE), evidenziando così i punti di forza dell'analisi, i futuri sviluppi e rendendo possibile la messa a punto di una strategia a livello nazionale. L'esperienza di Faenza è riassunta nel capitolo 3 "Un esempio applicativo" del "Manuale per l'analisi della Condizione Limite per l'Emergenza (CLE) dell'insediamento urbano" elaborato dalla Commissione tecnica per la microzonazione sismica e riferimento per l'analisi CLE sull'intero territorio italiano.

In analogia con gli stati limite della normativa tecnica per le costruzioni (riferiti alle opere strutturali),<sup>4</sup> le condizioni limite per l'insediamento possono essere diverse e corrispondono a livelli crescenti di perdita di funzionalità dei suoi sistemi

---

<sup>1</sup> Gruppo di lavoro MS-AQ (2010), *Microzonazione sismica per la ricostruzione dell'area aquilana*, Regione Abruzzo- Dipartimento della protezione civile, L'Aquila, 3 vol. e CD-rom.

<sup>2</sup> Anche per questo motivo oggi in Italia si è introdotto l'obbligo di recepimento negli strumenti urbanistici vigenti, con riferimento all'attuazione degli interventi di *prevenzione del rischio sismico* di cui all'art. 11 della legge 77/2009 OPCM 3907/2010, articolo 5, comma 3: "Le Regioni, sentiti gli Enti locali interessati, con proprio provvedimento individuano i territori nei quali è prioritaria la realizzazione degli studi di cui al comma 1 e lo trasmettono al Dipartimento della Protezione Civile. Nel medesimo provvedimento sono definite le condizioni minime necessarie per la realizzazione degli studi di microzonazione sismica avuto riguardo alla predisposizione ed attuazione degli strumenti urbanistici e sono individuate le modalità di recepimento degli studi di microzonazione sismica negli strumenti urbanistici vigenti." Con l'OPCM 4007/2012, oltre agli studi di microzonazione sismica, le Regioni devono definire anche le modalità di recepimento dell'analisi della Condizione Limite per l'Emergenza (CLE) negli strumenti urbanistici vigenti.

<sup>3</sup> La Condizione Limite per l'Emergenza è stata recepita dall'OPCM 4007/2012, la quale ha dato seguito alla predisposizione di schede di rilevamento, standard e software.

<sup>4</sup> NTC2008, Capitolo 2. Sicurezza e prestazioni e capitolo 3.2.1 Stati limite e relative probabilità di superamento.

componenti. Immaginando una curva con due estremi -uno in cui l'insediamento non subisce alcuna modificazione sensibile in seguito al sisma, l'altro in cui subisce danneggiamenti irreversibili tali da renderne impossibile la ripresa- si possono individuare diverse condizioni limite, collocabili lungo tale curva:

- la **condizione limite di operatività** (in cui l'insediamento non risente di modificazioni significative);
- la **condizione limite di danno** (corrispondente a riduzioni di funzionalità limitate nel tempo o parziali);
- la **condizione limite di salvaguardia della vita dell'insediamento** (corrispondente a danneggiamenti nel complesso significativi o prolungati ma tali da non comprometterne i caratteri generali);
- la **condizione limite di collasso dell'insediamento** (quando sono in grado di resistere solo poche funzioni urbane principali, mentre le altre funzioni, compresa la residenza, sono compromesse nel loro insieme nel medio periodo).

Per ogni condizione limite, in sostanza, si presuppone il mantenimento di alcuni sistemi e alcune funzioni urbane e la progressiva perdita di funzionalità di altri, fino alla crisi totale.

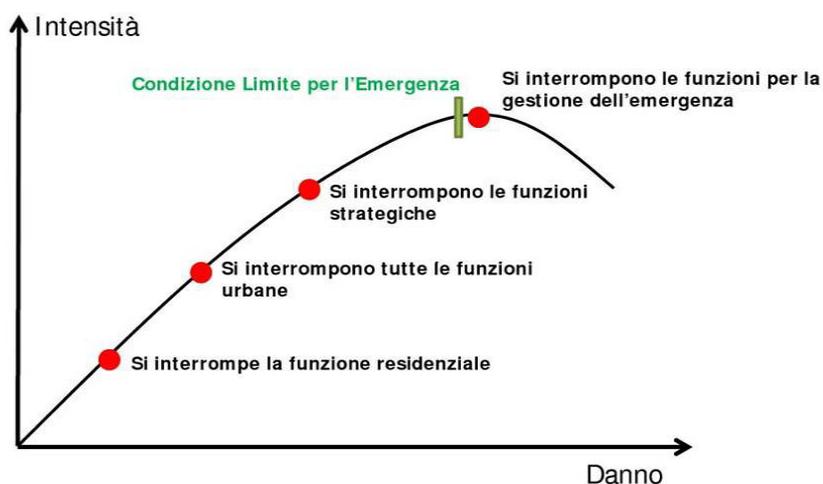


Fig.1: graficizzazione della condizione limite per l'emergenza.

Con gradi diversi di compromissione, fino alla condizione limite di collasso, l'insediamento, anche se danneggiato, conserva la possibilità di recupero, ossia è ancora possibile mantenere o ripristinare le sue caratteristiche generali e la funzionalità dei sistemi componenti necessari per la ripresa delle attività urbane ordinarie, economico-sociali e di relazione. Superato il danneggiamento corrispondente alla condizione limite di collasso, la ripresa dell'insediamento non è più assicurata; le uniche prestazioni urbane che è possibile garantire sono quelle indispensabili per la gestione dell'emergenza.

La "Condizione limite per l'emergenza" (CLE) rappresenta quella condizione al cui superamento, a seguito del manifestarsi di un evento sismico, l'insediamento urbano conserva comunque nel suo complesso, l'operatività della maggior parte delle funzioni strategiche per l'emergenza e la loro accessibilità e connessione con il contesto territoriale. La condizione limite per l'emergenza ammette che, conseguentemente all'attivarsi del sisma, nell'insediamento urbano possano verificarsi danni fisici e funzionali tali da condurre all'interruzione della quasi totalità delle funzioni urbane presenti, compresa la residenza.

### 13 LA METODOLOGIA PER L'ANALISI DELLA CLE

L'analisi della CLE dell'insediamento urbano viene introdotta con l'OPCM 4007/2012 con lo scopo di verificare i principali elementi fisici del sistema di gestione delle emergenze definiti nel piano di protezione civile al fine di assicurarne l'operatività dopo un evento sismico. Tale analisi comporta:

- a) l'individuazione degli edifici e delle aree che garantiscono le funzioni strategiche per l'emergenza;
- b) l'individuazione delle infrastrutture di accessibilità e di connessione con il contesto territoriale, degli edifici e delle aree di cui al punto a) e gli eventuali elementi critici;
- c) l'individuazione degli aggregati strutturali e delle singole unità strutturali che possono interferire con le infrastrutture di accessibilità e di connessione e con le aree di emergenza.

A tal fine sono stati predisposti degli standard di archiviazione dei dati, questi ultimi rilevati attraverso una apposita modulistica (5 tipi di schede) e rappresentati cartograficamente (in formato shape file).

Le 5 schede sono:

ES	Edificio Strategico
AE	Area di Emergenza
AC	Infrastruttura di Accessibilità/Connessione
AS	Aggregato Strutturale
US	Unità Strutturale

### Scheda ES

La scheda è riferita ad un edificio con funzioni strategiche in caso di emergenza, ai sensi del Decreto del Capo Dipartimento della Protezione Civile 21 ottobre 2003, n. 3685.

La scheda va compilata per un intero edificio, intendendo per edificio una unità strutturale "cielo terra", individuabile per omogeneità delle caratteristiche strutturali e quindi distinguibile dagli edifici adiacenti per tali caratteristiche, nonché per differenza di altezza, piani sfalsati e così via.

L'edificio, ossia unità strutturale con funzioni strategiche (ES), può far parte di un Aggregato Strutturale. In tal caso prima di compilare la scheda ES è necessario compilare la scheda AS. Pertanto al momento della compilazione della scheda ES, il rilevatore dovrà essere in possesso:

1. Della mappa (CTR) ove sono riportati -da DataBase Topografico della Regione Emilia-Romagna- gli identificativi univoci degli aggregati strutturali.
2. Della eventuale scheda AS compilata di cui l'ES fa parte.
3. Dell'eventuale scheda di Edificio Strategico LV0 di cui alla Circolare del Dipartimento della protezione civile del 21 aprile 2010.

### Scheda AE

La scheda è riferita unicamente alle aree di ammassamento e/o di ricovero del sistema di gestione dell'emergenza; le aree di attesa possono essere individuate graficamente nella cartografia allegata all'analisi CLE, ma su di esse non va compilata la scheda di analisi.

La scheda per le aree di emergenza è divisa in 2 sezioni: nella prima sono riportate informazioni utili all'identificazione dell'area, nella seconda sono riportate le caratteristiche fisiche -dimensionali, naturali e infrastrutturali- dell'area.

La scheda va compilata tenendo conto delle caratteristiche medie valutate a vista, a meno di informazioni più precise fornite dall'Ufficio Tecnico Comunale o dall'Ente che coordina i rilievi.

L'area di emergenza è pre-individuata dal Piano di emergenza elaborato per fini di protezione civile/emergenza.

### Scheda AC

La scheda va compilata per le infrastrutture di accessibilità o connessione nell'ambito dell'Analisi della CLE.

La scheda va compilata tenendo conto delle caratteristiche medie valutate a vista, a meno di informazioni più precise fornite dall'Ufficio Tecnico Comunale o dall'Ente che coordina i rilievi.

Per infrastruttura di connessione si intende la strada, o la sequenza di strade, di collegamento fra un edificio strategico, o un'area di emergenza, e un altro edificio strategico, o un'altra area di emergenza.

Per infrastruttura di accessibilità si intende la strada, o la sequenza di strade, di collegamento fra il sistema di gestione dell'emergenza, costituito da edifici strategici, aree di emergenza e infrastrutture di connessione, e la viabilità principale esterna all'insediamento urbano.

La scheda va compilata per:

- ciascuna infrastruttura che connette due elementi del sistema (per esempio un edificio strategico con un altro edificio strategico, un edificio strategico con un'area di emergenza o un'area di emergenza con un'area di emergenza);
- ciascuna infrastruttura di accesso al sistema nel suo insieme dall'esterno.

Nel caso di intersezione di infrastrutture verrà creato un "nodo" nel punto di intersezione. Una scheda andrà compilata per ciascuna infrastruttura che connette tale nodo con un edificio strategico o con un'area di emergenza.

Come per gli edifici strategici e le aree di emergenza, l'individuazione delle infrastrutture di connessione e accessibilità è desunta dal Piano di protezione civile definito a livello comunale o sovracomunale.

Le infrastrutture di connessione e di accessibilità dovranno essere:

- quelle individuate come condizione minima indispensabile per garantire il transito per almeno i veicoli a motore per il trasporto di persone (classificate in una delle categorie da A a F del Codice della Strada, D.Lgs 285/1992);
- quelle individuate come eventuale condizione minima di ridondanza.

### Scheda AS

La scheda va compilata per un intero aggregato strutturale (AS).

Per aggregato strutturale si intende un insieme non necessariamente omogeneo di edifici (unità strutturali), posti in sostanziale contiguità strutturale. Anche in questo caso la scheda va compilata tenendo conto delle caratteristiche medie valutate a vista, a meno di informazioni più precise fornite dall'Ufficio Tecnico Comunale o dall'Ente che coordina i rilievi. L'aggregato è pre-individuato sulla base della Carta Tecnica Regionale (CTR) e pre-numerato univocamente sulla base del DataBase Topografico Regionale. In ogni caso l'osservazione sul campo può determinare anche una successiva e motivata suddivisione (o accorpamento) del poligono dell'aggregato.

Prima di compilare le schede delle US (Unità Strutturali) è necessario compilare le schede AS. In tal modo saranno state risolte anche le eventuali incoerenze di identificazione degli AS (accorpamenti o suddivisioni non riportati nella mappa).

Al momento della compilazione della scheda US, il rilevatore dovrà pertanto essere in possesso dei seguenti dati:

1. della mappa (CTR) ove sono riportati gli identificativi degli AS, come corretti in fase di identificazione sul campo;
2. della eventuale scheda AS compilata, dell'Aggregato Strutturale, di cui l'US fa parte.

### Scheda US

La scheda va compilata per un intero edificio, intendendo per edificio una unità strutturale "cielo terra" (isolata o in aggregato), individuabile per omogeneità delle caratteristiche strutturali e quindi distinguibile dagli edifici adiacenti per tali caratteristiche, nonché per differenza di altezza, piani sfalsati e così via. Nel caso l'unità strutturale faccia parte di un aggregato prima di compilare la scheda US è necessario compilare la scheda dell'aggregato AS, nel caso l'unità strutturale sia "isolata" va compilata unicamente la scheda US (senza la scheda AS) e all'unità andrà attribuito il numero identificativo 999.

La scheda US è suddivisa in 3 sezioni: nella prima sono riportate informazioni utili all'identificazione dell'unità strutturale; nella seconda sono riportate le caratteristiche dimensionali, tipologiche, relative al danno, allo stato manutentivo e alle condizioni geomorfologiche, idrogeologiche e geologiche del sito; nella terza sono riportate alcune delle caratteristiche specifiche riguardanti la destinazione d'uso, l'epoca di costruzione e l'utilizzazione.

Lo schema delle informazioni ricalca sostanzialmente quello della scheda AeDES per la valutazione della agibilità conseguente a danni provocati dal sisma.

L'OPCM 4007/2012 ha previsto la predisposizione di specifici standard -a livello nazionale- per l'analisi della CLE dell'insediamento urbano. Tali standard vanno ad integrare quelli per gli studi della microzonazione sismica e riguardano

la rappresentazione cartografica dell'analisi CLE, la compilazione delle 5 schede standard e il sistema di archiviazione informatica dei dati elaborati. Il manuale che descrive le modalità di elaborazione, graficizzazione ed archiviazione dell'analisi della CLE<sup>5</sup> è stato elaborato dalla Commissione tecnica per la microzonazione ai sensi dell'art. 5 dell'OPCM 3907/2010. Nel sistema di rappresentazione grafica vengono definiti univocamente la legenda da utilizzare per la Carta degli elementi per l'analisi della CLE e il layout del cartiglio. Nelle tavole vengono riportati gli edifici strategici, le aree di emergenza, le infrastrutture di accessibilità e connessione, gli aggregati strutturali interferenti e le relative unità strutturali. Nella parte relativa al sistema di archiviazione vengono definite le specifiche informatiche da seguire: i dati devono essere archiviati in tabelle e shape file fra loro relazionate. Per ciascuna tabella e shape file va seguito uno specifico "tracciato" relazionale attraverso nome, tipo campo, dimensione, descrizione e codifiche. Ciascuna tabella si riferisce ad una delle 5 schede di rilevamento.

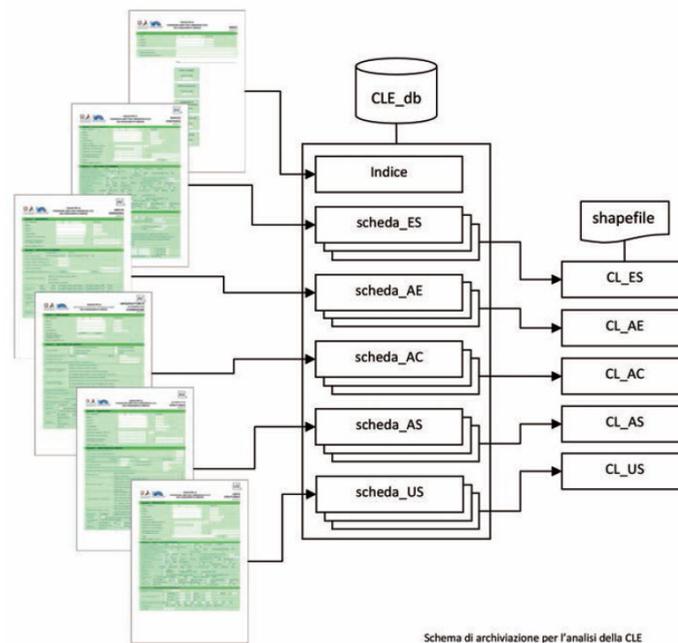


Fig.2: Rappresentazione del sistema di archiviazione delle schede per l'analisi della CLE

Per agevolare il lavoro di inserimento dei dati alfanumerici è stato predisposto dalla Protezione Civile uno specifico software "SoftCLE" che riproduce tutte le schede di rilevamento.

Descrizioni dettagliate sulle modalità di compilazione delle schede sono riportate nelle istruzioni allegate alle schede stesse. Istruzioni e schede possono essere scaricate al seguente link:

[http://www.protezionecivile.gov.it/jcms/it/standard\\_analisi\\_cle.wp](http://www.protezionecivile.gov.it/jcms/it/standard_analisi_cle.wp)

## 14 L'ANALISI DELLA CLE DEI COMUNI DI BRISIGHELLA, CASOLA VALSENI, CASTEL BOLOGNESE, RIOLO TERME E SOLAROLO

L'analisi della CLE dei Comuni di Brisighella, Casola Valsenio, Castel Bolognese, Riolo Terme e Solarolo è stata elaborata, in coerenza e relazione con l'analisi della CLE del Comune di Faenza, partendo dai Piani di Protezione Civile vigenti in ogni singolo Comune.

<sup>5</sup> Commissione tecnica per la microzonazione sismica. Manuale per l'Analisi della Condizione Limite per l'Emergenza (CLE) dell'insediamento urbano. Versione 1.0. Roma 2014.

Pur trattandosi di 5 analisi di CLE a sé stanti (per ragioni di coerenza agli standard di rappresentazione e archiviazione informatica dei dati imposti dalla Protezione Civile non è stato possibile elaborare un unico elaborato per tutti e 5 i Comuni) il lavoro svolto ha tenuto in debita considerazione la scala intercomunale del RUE ed ha sviluppato alcune specificità che permettono di cogliere il livello "territoriale" dell'analisi (ad esempio gli assi che collegano edifici strategici o aree di emergenza fra Comuni dell'Unione sono definiti come "Assi di connessione" e non come "Assi di accessibilità").

Il materiale di base utilizzato per l'elaborazione della CLE dei 5 Comuni è stato il seguente:

- Carta Tecnica Regionale (CTR) e DataBase Topografico ad essa associato;
- Progetto del PSC associato dei Comuni dell'Unione della Romagna Faentina (Piano Strutturale Comunale);
- Studi di microzonazione sismica (III livello di analisi microzonazione sismica per il Comune di Solarolo e adeguamento al II livello di analisi di microzonazione sismica per i Comuni di Brisighella, Casola Valsenio, Castel Bolognese e Riolo Terme);
- Schede AeDES compilate per gli edifici strategici in occasione dello sciame sismico del 2000;
- Schede di livello 0 compilate per gli edifici strategici;
- Piani di Emergenza e Protezione Civile di livello comunale, intercomunale e provinciale vigenti.

Per prima cosa sono state individuate le funzioni strategiche ritenute essenziali (attività civili collettive, attività collettive militari, strutture ospedaliere e sanitarie, attività per il trasporto) e sono stati localizzati sulla mappa (CTR) gli edifici dove tali funzioni sono svolte.

Successivamente è stato attribuito un identificativo progressivo (numerazione uniforme per tutti i Comuni dell'Unione) delle tipologie di funzioni strategiche e sono stati individuati gli eventuali aggregati strutturali di appartenenza degli edifici strategici, secondo lo schema sinteticamente di seguito riportato.

L'elenco progressivo delle funzioni strategiche dei Comuni dell'Unione della Romagna Faentina (compreso il Comune di Faenza) è stato così definito (le prime tre funzioni sono già codificate dal *SoftCLE* della Protezione Civile):

- ES\_001 - Coordinamento interventi (Municipio, COM, COC);
- ES\_002 - Soccorso sanitario per la prima assistenza (Ospedale, Pronto Soccorso, 118);
- ES\_003 - Servizi per la ripresa delle normali condizioni di vita (Vigili del Fuoco, Protezione Civile...);
- ES\_004 - Municipio (Sede secondaria...);
- ES\_005 - Sede di altre forze dell'ordine (Carabinieri, Polizia Stradale, Polizia Municipale...);
- ES\_006 - Magazzini Comunali deputati alla gestione delle emergenze;
- ES\_007 - Stabilimento per produzione di pasti in emergenza;
- ES\_008 - Stazione ferroviaria;
- ES\_009 - Servizio sanitario secondario (Case di cura);
- ES\_010 - Servizio di prima assistenza (Aree coperte per assistenza e ricovero della popolazione).

Gli edifici strategici, scelti fra gli edifici individuati nei Piani di Protezione Civile dei Comuni dell'Unione per entrare a far parte della Condizione Limite di Emergenza sono i seguenti:

**Comune di Brisighella**

<b>Funzione strategica</b>	<b>Edificio strategico</b>	<b>Localizzazione</b>	<b>Identificazione</b>
ES_001	Municipio	Via Naldi	0000002591_02
ES_005	Carabinieri	Via Roma	0000001467_00
ES_006	Magazzino comunale Fognano	Via Brigata Maiella	0000001811_00
ES_008	Stazione Brisighella	Via De Gasperi	0000001471_00
ES_008	Stazione Fognano	Viale Stazione	0000003203_00
ES_008	Stazione San Cassiano	Via Stazione	0000003823_00
ES_008	Stazione San Martino in Gattara	Via Stazione San Martino	0000000083_00
ES_009	Casa di Cura	Via Cicognani	0000001569_00

**Comune di Casola Valsenio**

<b>Funzione strategica</b>	<b>Edificio strategico</b>	<b>Localizzazione</b>	<b>Identificazione</b>
ES_001	Municipio	Via Roma	0000000852_00
ES_005	Carabinieri	Via Roma	0000000859_00
ES_005	Vigili del Fuoco	Via XXV Aprile	0000000809_00

**Comune di Castel Bolognese**

<b>Funzione strategica</b>	<b>Edificio strategico</b>	<b>Localizzazione</b>	<b>Identificazione</b>
ES_001	Municipio	Piazza Bernardi	0000001205_00
ES_001	Municipio (Sede secondaria)	Via Canale	0000002004_00
ES_002	Ospedale	Viale Roma	0000001394_00
ES_005	Carabinieri	Via Emilia	0000001039_00
ES_006	Magazzino comunale	Via Canale	0000000850_00
ES_008	Stazione Castel Bolognese	Via Cairoli	0000000716_00
ES_009	Casa di Cura	Viale Roma	0000001320_00
ES_010	Palestra campo sportivo	Via Morelli	0000001583_00

**Comune di Riolo Terme**

<b>Funzione strategica</b>	<b>Edificio strategico</b>	<b>Localizzazione</b>	<b>Identificazione</b>
ES_001	Municipio	Via Aldo Moro	0000000623_00
ES_001	Protezione Civile	Via Zauli	0000000184_00
ES_002	Soccorso Sanitario	Via Tarlombani	0000000182_00
ES_003	Sede volontari Protezione Civile	Via degli Alpini	0000000827_00
ES_005	Carabinieri	Via Battisti	0000000590_00
ES_006	Magazzino comunale	Via Ripa	0000000339_00
ES_006	Magazzino comunale	Via Ripa	0000000345_00
ES_009	Pubblica Assistenza	Via Noiret	0000000372_00
ES_010	Palestra scuola	Via Gramsci	0000000176_00

### **Comune di Solarolo**

<b>Funzione strategica</b>	<b>Edificio strategico</b>	<b>Localizzazione</b>	<b>Identificazione</b>
ES_001	Municipio	Piazza Gonzaga	0000000476_00
ES_005	Carabinieri	Via Risorgimento	0000000538_00
ES_006	Magazzino comunale	Via Montale	0000000273_00
ES_008	Stazione	Viale Stazione	0000000813_00
ES_009	Casa di Cura	Via San Mauro	0000000344_00

Sempre basandosi sui vari Piani di Protezione Civile vigenti sono state poi prese in considerazione le aree di emergenza (di ammassamento e di ricovero). Le aree di emergenza sono le aree idonee ad essere allestite per le esigenze di protezione civile, nelle quali poter ospitare d'urgenza soccorritori e mezzi di soccorso oppure la popolazione.

Le "Aree di ammassamento" sono le aree dove far affluire i materiali, i mezzi e gli uomini necessari alle operazioni di soccorso: in tale area affluiranno gli aiuti destinati ai vari Comuni (campitura gialla in planimetria).

Le "Aree di ricovero" sono le aree in grado di assicurare, una volta allestite, un ricovero per la popolazione evacuata (campitura rossa in planimetria).

Le "Aree di ammassamento/ricovero" sono le aree che possono svolgere, contemporaneamente, entrambe le funzioni di cui sopra (campitura rossa su sfondo giallo).

Le "Aree di attesa" individuate in planimetria anche se non oggetto di un'apposita schedatura, rappresentano il luogo sicuro dove la popolazione deve recarsi con urgenza a seguito dell'ordine di evacuazione (campitura verde in planimetria).

Sulla base della suddivisione sopra riportata vengono definite:

### **Comune di Brisighella**

<b>Numero e tipo area</b>	<b>Localizzazione</b>	<b>Area (mq)</b>
01 - Ricovero	Viale delle Terme - Via di Naldo (Brisighella)	2.750
02 - Ricovero	Via Risorgimento - Via Billi (Brisighella)	14.270
03 - Ricovero	Via Canaletta di Sarna - Campo sportivo (Brisighella)	7.000
04 - Ammassamento	Via Masironi - Cimitero (Brisighella)	4.550
05 - Ricovero	Via Moreda (Brisighella)	9.700
06 - Ricovero	Via Masironi - Osservanza (Brisighella)	3.650
07 - Ricovero	Via Brisighellese - Villa Spada (Brisighella)	23.650
08 - Ammassamento	Via dell'Industria (Fognano)	3.500
09 - Ricovero	Via Brisighellese - Campo sportivo (Fognano)	8.300
10 - Ammassamento	Via Laghi (Fognano)	6.450
11 - Ricovero	Via Brenti (Fognano)	21.600
12 - Ricovero	Via Brisighellese - Campo sportivo (San Cassiano)	3.700
13 - Ricovero	Via Ca' Battistoni - Campo sportivo (San Martino in Gattara)	3.500
14 - Ricovero	Via Trieste - Campo sportivo (Villa Vezzano)	2.550
15 - Ricovero	Via Lame (Zattaglia)	5.250

### **Comune di Casola Valsenio**

<b>Numero e tipo area</b>	<b>Localizzazione</b>	<b>Area (mq)</b>
01 - Ricovero	Via I Maggio (Casola Valsenio)	12.200
02 - Ammassamento	Via I Maggio (Casola Valsenio)	1.250

03 - Ammassamento/Ricovero	Via Pirazzoli (Casola Valsenio)	10.100
04 - Ricovero	Via XXV Aprile (Casola Valsenio)	5.000

### **Comune di Castel Bolognese**

<b>Numero e tipo area</b>	<b>Localizzazione</b>	<b>Area (mq)</b>
01 - Ricovero	Via Morelli - Campo sportivo (Castel Bolognese)	32.300
02 - Ricovero	Via Donati - Parcheggio (Castel Bolognese)	13.050
03 - Ricovero	Via Donati (Castel Bolognese)	12.350
04 - Ricovero	Via Casolana - Cimitero (Castel Bolognese)	15.100
05 - Ricovero	Via Cavina (Castel Bolognese)	6.950
06 - Ricovero	Via Emilia Levante - Via Casanola (Castel Bolognese)	13.650
07 - Ricovero	Via Santa Croce (Castel Bolognese)	3.700
08 - Ammassamento	Via Emilia Levante (Castel Bolognese)	3.500

### **Comune di Riolo Terme**

<b>Numero e tipo area</b>	<b>Localizzazione</b>	<b>Area (mq)</b>
01 - Ammassamento	Via Bologna - Cimitero (Riolo Terme)	3.500
02 - Ricovero	Via Bologna - Area industriale (Riolo Terme)	16.050
03 - Ammassamento	Via Fermi (Riolo Terme)	2.650
04 - Ricovero	Via Berlinguer - Campo sportivo (Riolo Terme)	21.900
05 - Ricovero	Via Einaudi (Riolo Terme)	13.150
06 - Ricovero	Via Einaudi (Riolo Terme)	11.000
07 - Ammassamento/Ricovero	Via Casolana - Parco fluviale (Riolo Terme)	11.350
08 - Ricovero	Via Limisano - Terme (Riolo Terme)	9.000
09 - Ricovero	Via Casolana (Isola)	10.900
10 - Ricovero	Via Casolana (Isola)	4.250
11 - Ricovero	Via Martiri dei Crivellari - Campo sportivo (Borgo Rivola)	11.400

### **Comune di Solarolo**

<b>Numero e tipo area</b>	<b>Localizzazione</b>	<b>Area (mq)</b>
01 - Ricovero	Via Felisio (Solarolo)	9.050
02 - Ricovero	Via Kennedy (Solarolo)	45.050
03 - Ricovero	Via Madre Teresa di Calcutta (Solarolo)	11.300

### Sistema di gestione dell'emergenza

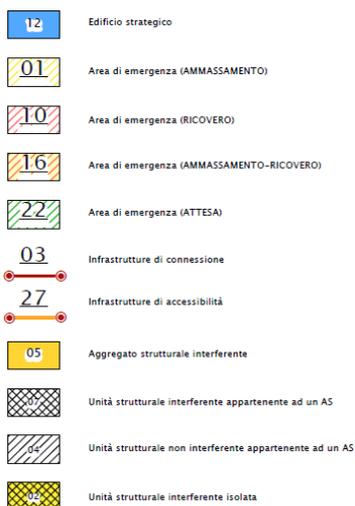


Fig.3: Legenda delle tavole di analisi della CLE

Una volta individuati gli edifici strategici e le aree di emergenza (di ammassamento e di ricovero) sono state definite le infrastrutture di connessione di questi elementi strategici (strade di collegamento) e le infrastrutture di accessibilità al sistema di emergenza dal territorio circostante. Gli assi viari che collegano edifici strategici o aree di emergenza di Comuni diversi, ma che fanno parte dell'Unione della Romagna Faentina sono stati considerati "assi di connessione" e non "assi di accessibilità" per enfatizzare il livello intercomunale del progetto sulla CLE dell'ambito faentino.

La presenza di edifici strategici, aree di emergenza e gli incroci delle infrastrutture "strategiche" hanno generato i nodi rispetto a cui è stata effettuata la numerazione progressiva delle infrastrutture e la loro identificazione: ogni infrastruttura di accessibilità e connessione ha origine in un nodo e termina in un altro nodo.



Fig.4: Stralcio della tavola di analisi della CLE di Casola Valsenio

Nell'analisi di CLE sono state definite 133 assi di connessione e 7 assi di accessibilità territorialmente così suddivisi:

- Comune di Brisighella: 44 assi di connessione e 2 assi di accessibilità;
- Comune di Casola Valsenio: 13 assi di connessione e 2 assi di accessibilità;
- Comune di Castel Bolognese: 27 assi di connessione e 1 asse di accessibilità;
- Comune di Riolo Terme: 36 assi di connessione e 1 asse di accessibilità;
- Comune di Solarolo: 14 assi di connessione e 1 asse di accessibilità.

La scelta degli assi di connessione/accessibilità che collegano i vari presidi di emergenza è stata fondata basandosi su criteri progettuali definiti dalla Protezione Civile seguendo i quali sono state definite le scelte progettuali riportate nel progetto. I criteri seguiti nella valutazione della scelta degli assi da inserire sono i seguenti:

- definire un sistema di viabilità non eccessivamente ridondante e con più opportunità di collegamento per gli elementi considerati prioritari nel piano;
- limitare al massimo, ove possibile, il numero di aggregati e/o edifici interferenti con gli assi di collegamento;
- garantire non solo la connessione dalla strada "di fondo valle", ma inserire nel progetto anche gli assi di collegamento "fra valle e valle";
- considerare strategica, per l'accessibilità territoriale, anche la rete ferroviaria;
- prediligere infrastrutture con tracciato, dimensioni e stato manutentivo tale da garantire la percorribilità dei veicoli ed anche di mezzi pesanti;
- considerare i collegamenti anche con tutte le frazioni di ogni Comune.

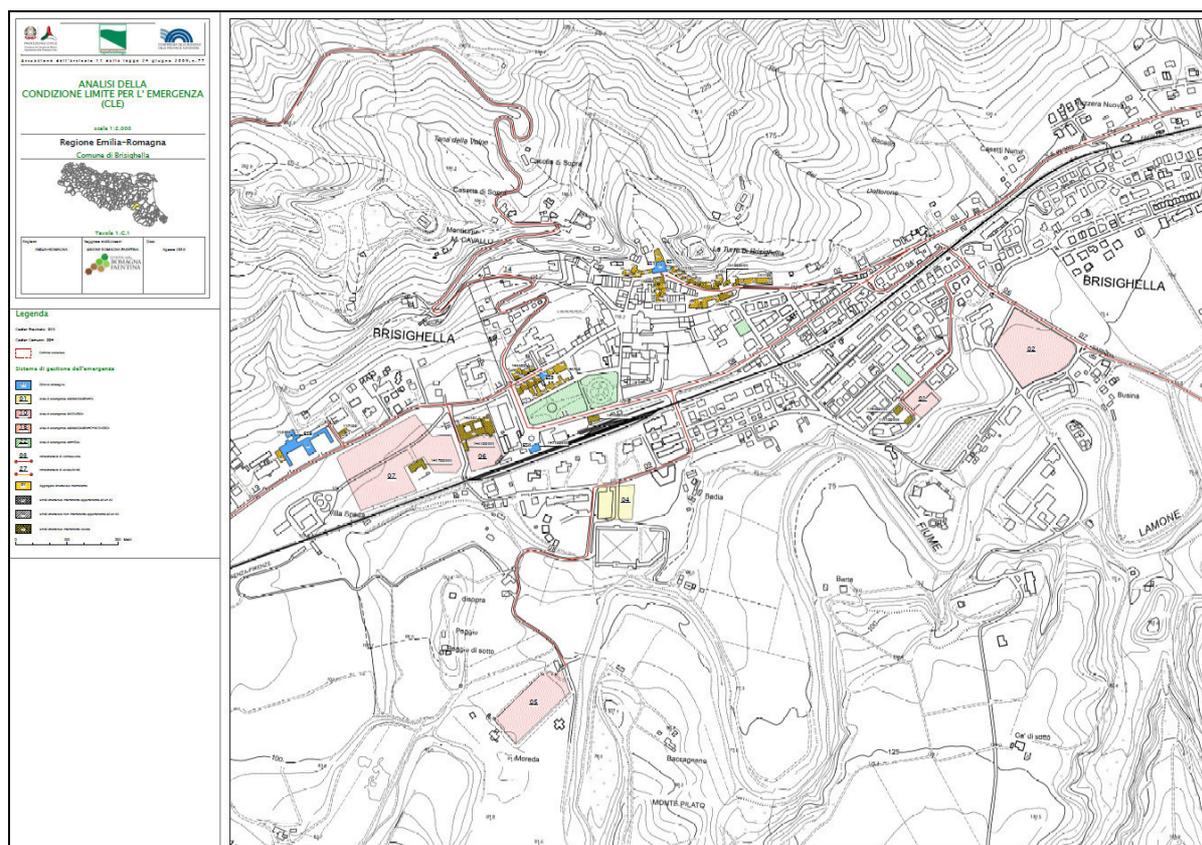


Fig.5: Tavola di analisi della CLE di Brisighella

L'ultimo passaggio per completare il progetto dell'analisi della CLE consiste nello studio degli aggregati strutturali e degli edifici interferenti con assi di connessione/accessibilità e aree di emergenza e nella conseguente compilazione della rispettiva "Scheda di analisi". La Protezione Civile definisce "interferenti" quegli aggregati o edifici isolati la cui altezza è

maggiore della distanza tra l'aggregato/edificio e il limite opposto dell'infrastruttura sulla quale prospettano o la cui altezza sia maggiore del limite più vicino dell'area di emergenza su cui si affacciano. L'introduzione del concetto di "interferenza degli aggregati strutturali e delle unità strutturali isolate" rispetto alle infrastrutture di connessione/accessibilità e alle aree di emergenza è di fatto finalizzata a mettere in luce eventuali criticità indotte e legate ai possibili crolli di edifici prospicienti tali elementi.

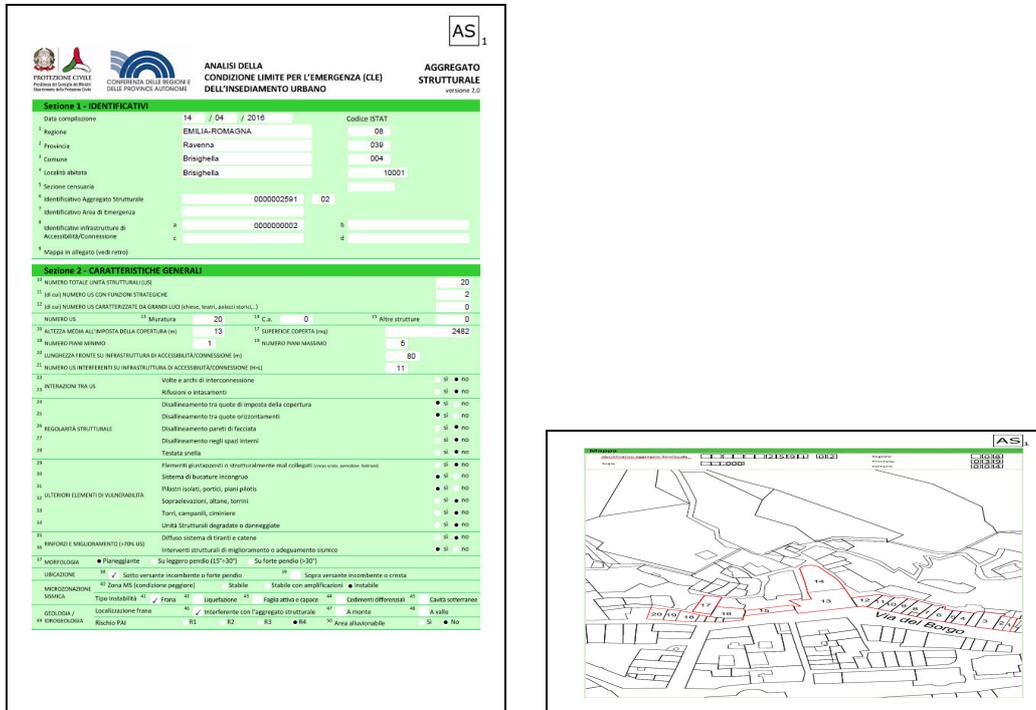


Fig. 6: Scheda dell'Aggregato Strutturale n. 2591\_02 di Brisighella, composto da 20 Unità Strutturali di cui 11 interferenti

Le schede di analisi degli aggregati strutturali (e delle unità strutturali che compongono l'aggregato) e delle unità strutturali isolate sono state compilate seguendo le indicazioni riportate nel Manuale sull'Analisi per la CLE elaborato dalla Protezione Civile. Ogni aggregato strutturale, definito quale insieme non necessariamente omogeneo di edifici (unità strutturali) posti in sostanziale contiguità, è stato quindi suddiviso in unità strutturali, individuate per omogeneità delle caratteristiche strutturali, per differenza di altezza, piani sfalsati, ecc.

Rispetto al progetto di CLE sono stati individuati i seguenti aggregati/unità strutturali e unità strutturali isolate:

- Comune di Brisighella: 49 aggregati strutturali (composti da 273 unità strutturali) e 22 unità strutturali isolate;
- Comune di Casola Valsenio: 6 aggregati strutturali (composti da 17 unità strutturali) e 5 unità strutturali isolate;
- Comune di Castel Bolognese: 5 aggregati strutturali (composti da 42 unità strutturali) e 19 unità strutturali isolate;
- Comune di Riolo Terme: 10 aggregati strutturali (composti da 23 unità strutturali) e 6 unità strutturali isolate;
- Comune di Solarolo: 7 aggregati strutturali (composti da 22 unità strutturali) e 21 unità strutturali isolate.

Per un totale di 77 aggregati strutturali (composti da 377 unità strutturali) e 73 unità strutturali isolate.

L'analisi della CLE, sviluppata secondo gli standard di elaborazione e di archiviazione informatica dei dati, così come richiesto dalla Protezione Civile con l'OPCM 4007/2012, è inviata alla Regione Emilia-Romagna e al Dipartimento di Protezione Civile per la validazione definitiva del progetto; il progetto è costituito dai seguenti elaborati:

- Tavole grafiche: divise per ogni singolo Comune rappresentano la CLE dalla scala territoriale (1:50.000) fino alla scala di dettaglio (1:2.000). Le tavole evidenziano i presidi per l'emergenza e riportano i numeri univoci di identificazione di ogni presidio (Vedi Figg. 4 e 5).

- Schede di Analisi: elaborate per ogni tipologia di presidio -Edificio Strategico, Area di Emergenza, Infrastruttura di Accessibilità/Connessione, Aggregato Strutturale, Unità Strutturale- utilizzando il software della Protezione Civile *SoftCLE* e completate inserendo uno stralcio grafico sul retro utile per la localizzazione della scheda (Vedi Fig.6).
- Relazioni Illustrative: riassumono e descrivono le fasi di lavoro e le specificità proprie di ogni Comune.

Le tavole allegate al presente Piano Regolatore della sismicità, pur rappresentando lo stesso progetto di analisi della CLE inviato alla Regione Emilia-Romagna e al Dipartimento di Protezione Civile, per semplicità di lettura e flessibilità di gestione non sono allineate, per metodologia e scale di rappresentazione, con quanto richiesto dall'OPCM 4007/2012. Il presente elaborato -e le tavole ad esso allegate- non sono sviluppate per individuare il singolo presidio di emergenza (aggregato o singola unità strutturale che sia) e la scheda di analisi ad esso collegata, ma sono sviluppate per avere una visione organica e complessiva delle analisi di CLE dei Comuni dell'Unione e per individuare la presenza di eventuali interferenze fra edifici strategici, aree di emergenza, assi di connessione/accessibilità, aggregati ed unità strutturali. Le tavole che rappresentano l'analisi della CLE, allegate al presente PRG della sismicità, non sono quindi suddivise per singolo Comune, ma rappresentano l'intero territorio dell'Unione inquadrato su tavolette alla scala 1:10.000 che riportano gli inquadramenti usati nel RUE per l'analisi dei vincoli territoriali. Le 14 tavole che rappresentano i presidi di emergenza (edifici strategici, assi di connessione/accessibilità, aree di emergenza, aggregati e unità strutturali) presi in considerazione nell'analisi della CLE sono le seguenti: 1, 2, 5, 6, 10, 11, 12, 17, 18, 19, 23, 24, 27 e 28; le altre tavole (7, 16, 20, 21, 22, 25 e 26) non rappresentano nessun presidio di emergenza e pertanto non sono state elaborate.

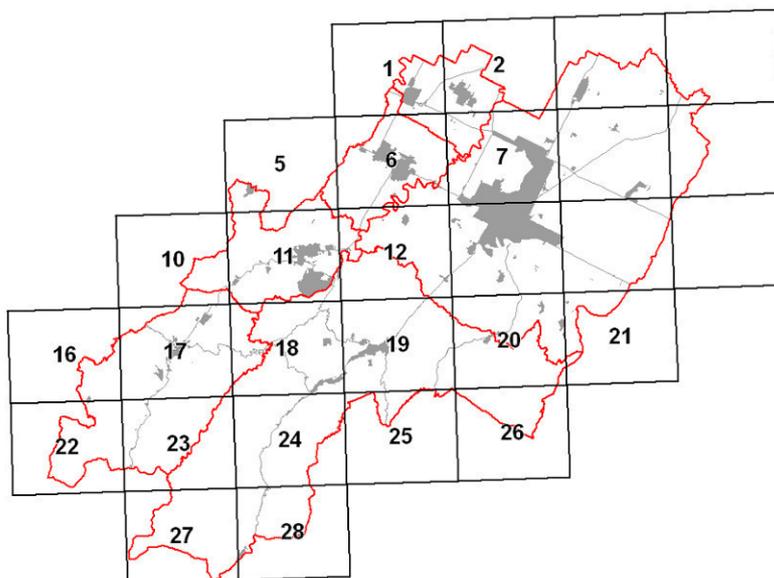


Fig.7: Inquadramento territoriale alla scala 1:10.000 dei Comuni della Romagna Faentina

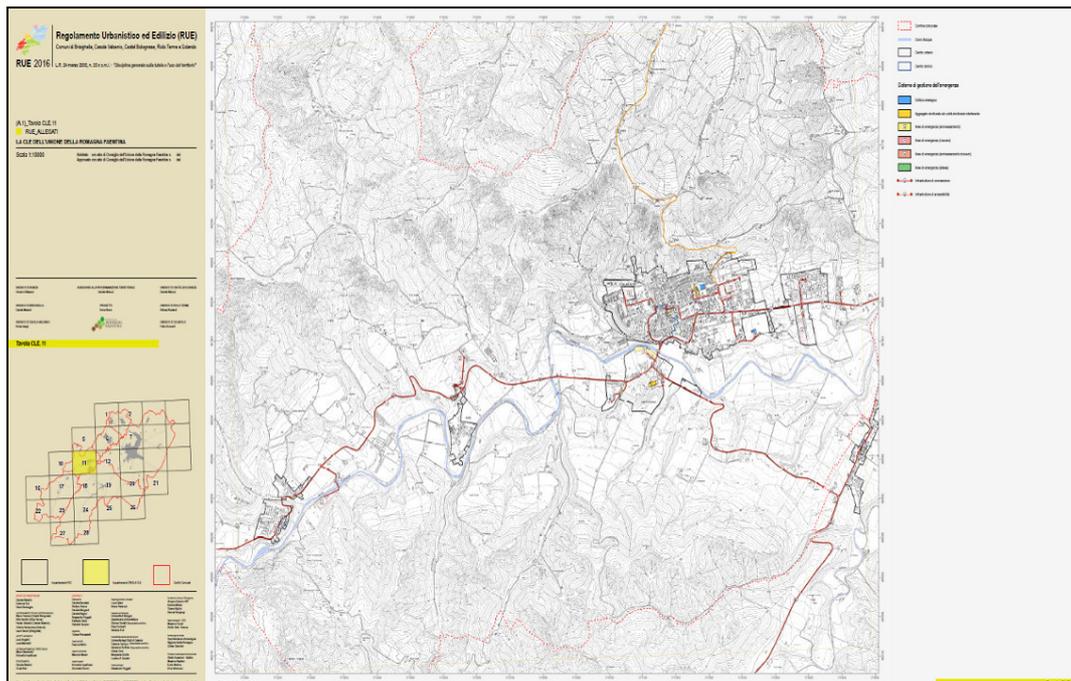


Fig.8: Tavola n.11 allegata al PRG della sismicità (Riolo Terme)

Da quanto appena descritto, in relazione all'elaborazione dell'analisi della Condizione Limite per l'Emergenza, appare chiaro ed evidente quanto il Piano di Protezione Civile e la CLE siano strumenti fortemente connessi, la modifica dell'uno comporta inevitabilmente l'automatico aggiornamento dell'altro. Lo studio della CLE è utile, oltre che a valutare la "tenuta" del sistema emergenza in caso di sisma, anche ad approfondire alcune riflessioni sulla eventuale opportunità di aggiornare il Piano di Emergenza in riferimento alla localizzazione e alla consistenza delle aree di emergenza e degli edifici strategici. Essendo la CLE sviluppata congiuntamente all'elaborazione del RUE, la verifica e congruenza della CLE rispetto alle previsioni degli strumenti urbanistici ed alle possibili ricadute sugli stessi è un implicito benefit ad essa connesso.

La divulgazione dello studio della CLE per i Comuni dell'Unione della Romagna Faentina comporta importanti risvolti ed implicazioni sia da parte privata che da parte pubblica: per quanto concerne i privati, nell'apparato normativo del RUE sono state inserite misure incentivanti quali lo stimolo a svolgere in centro storico "Valutazioni sulla sicurezza" ai sensi delle vigenti norme tecniche delle costruzioni (tali misure sono ulteriormente amplificate nel caso in cui l'edificio su cui vengono redatte le valutazioni sia interferente con i presidi di emergenza); per quel che riguarda la parte pubblica il RUE promuove interventi di miglioramento sismico da parte di privati sul proprio patrimonio comunale.

Lo scopo dell'analisi della CLE, così accorpata al progetto del RUE, non si esaurisce con la verifica del sistema dell'emergenza in caso di sisma o dando atto della localizzazione dei vari immobili rispetto al sistema delle emergenze, ma ha il più nobile scopo di incrementare la consapevolezza della cittadinanza in relazione al ruolo che esercitano i singoli edifici della città in caso di emergenza (ad esempio in caso di manufatto interferente) e comunque di sensibilizzare indirettamente la cittadinanza a svolgere interventi di miglioramento sismico delle strutture.

## Titolo VI - Valutazione economica e formazione di scenari di intervento

### Premessa

I contenuti e i risultati delle attività di ricerca e le applicazioni del presente Titolo si inseriscono nell'ambito della normativa sulla Condizione Limite per l'Emergenza (CLE).

*"Si definisce Condizione Limite per l'Emergenza (CLE) dell'insediamento urbano quella condizione al cui superamento, a seguito del manifestarsi dell'evento sismico, 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"*

L'analisi della CLE è stata introdotta con l'OPCM 4007/12 e viene condotta in concomitanza agli studi di microzonazione sismica (MS), non può prescindere dal piano di emergenza o di protezione civile e serve a verificare le scelte contenute nel piano alla luce della vulnerabilità del patrimonio edilizio nel suo complesso, rispetto alla quale propone le integrazioni necessarie alla migliore gestione dell'emergenza. Queste integrazioni sono intese inoltre a consentire all'intero organismo urbano di continuare a svolgere le funzioni minime anche dopo il sisma, in modo da evitare che esso venga interamente evacuato e che sfiorisca quindi, a causa del prolungarsi delle attività amministrative e operative della ricostruzione, il tessuto economico e l'affezione generale nei confronti di luoghi. L'esperienza dei recenti eventi sismici ha dato contezza della misura di quanto – in assenza di mirate azioni di prevenzione a vantaggio delle aree più vulnerabili ed esposte – il prevalere delle ricostruzioni sulle riparazioni e l'abbandono prolungato da parte della popolazione dei nuclei urbani danneggiati, siano state due cause decisive della perdita del legame identitario primigenio con il territorio.

In proposito valgono alcune considerazioni generali relative al ruolo che in una prospettiva di crescita economica radicata nelle specificità dei luoghi, e che interessa in generale l'intero territorio nazionale, assume il patrimonio architettonico della città storica. Esso, infatti, risponde sia in senso lato, sia in senso proprio alla nozione di capitale, di complesso cioè di occorrenze capace nel suo insieme di erogare flussi stabili di servizi e di essere soggetto di processi di auto-accrescimento in volume (ammontare fisico e funzionale) e in valore (patrimoniale e simbolico).

Il prevalere della componente immateriale, segnatamente riferibile alla nozione di capitale urbano e umano – quindi culturale e antropica – si riconduce alla necessità che queste due ultime dimensioni, permangano nel tempo involupando nei processi della loro conservazione e valorizzazione quante più generazioni possibile, attuando cioè nella maniera più fedele al concetto originario, la prospettiva della sostenibilità.

Il riuso valorizzato del patrimonio costruito di qualità, infatti, costituisce una delle principali opportunità di sviluppo economico, cioè dell'evoluzione del modello socio-economico post-industriale – ancora centrato, nel nostro Paese, sull'impresa e sulla produzione, seppur di qualità – nella direzione di un modello orientato al territorio alle identità, alla forma architettonico-urbana, al paesaggio.

Questo insieme di considerazioni emergono anche alla luce della presa di coscienza della misura economica, monetaria ed extra-monetaria, del danno inferto alle prospere comunità del centro e del nord Italia interessate dal 2009 da una serie di eventi calamitosi incessante quanto al sovrapporsi delle conseguenze, e che motivano come mai fino a ora l'implementazione di politiche proattive diffuse.

Va da sé che nessuna politica dovrebbe essere delineata e implementata al di fuori di una consapevolezza circa i diversi elementi della fattibilità quali le modalità di attuazione, vincoli di budget, il grado di coinvolgimento e adesione dei soggetti che, come nel caso degli interventi su patrimoni immobiliari prevalentemente privati, divengono inevitabilmente interlocutori diretti nel processo decisionale che conduce alla realizzazione effettiva degli interventi; questi ultimi, infatti, non possono che effettuarsi in maniera coordinata, cioè all'interno di un programma che ne stabilisca priorità ed estensione.

## 15 CONTENUTI E OBIETTIVI

Nella direzione fin qui delineata volgono le attività svolte in questa quarta fase avente come oggetto il calcolo dei costi di miglioramento strutturale graduati in base alla definizione di scenari differenziati per intensità ed estensione degli interventi programmati, cioè quanto a completezza delle opere e grado di sicurezza che si prefigura di potere raggiungere.

Di conseguenza, questo studio intende costituire una fase di “approfondimento interlocutorio” della CLE del centro storico di Brisighella adoperandosi, parallelamente ai contenuti di quest’ultima, nell’assegnazione mirata dei tipi di intervento a ciascuno degli organismi edilizi interferenti in base alle loro caratteristiche specifiche e al calcolo dei relativi costi.

Questo approfondimento, che si basa sul calcolo dell’effettiva vulnerabilità di ciascun edificio, consente quindi di rendere più efficiente ed efficace il programma di interventi della CLE in quanto proprio sulla base dell’analisi di dettaglio, è possibile:

- verificare se tutti gli edifici della CLE necessitano effettivamente d’intervento, e in caso contrario si può prevedere di destinare gli eventuali risparmi a interventi sugli edifici immediatamente esterni alla CLE;
- calcolare, in base all’entità degli interventi da effettuarsi sui suddetti edifici – entità che può essere graduata in base al diverso livello di completezza degli interventi e grado di sicurezza richiesto – gli ulteriori risparmi che si realizzano adeguando questi interventi a standard più ridotti, essendo sottinteso che questi risparmi possono essere utilizzati per ulteriori estensioni della CLE;

In questa logica, quella dell’efficienza e dell’efficacia, al fine quindi di conoscere la dimensione di questa possibile estensione indicandone soprattutto le condizioni di fattibilità lo studio è stato esteso all’intero centro storico inteso come bacino complessivo entro cui inquadrare le strategie di conservazione che, una volta affrontata la questione della sicurezza sismica possono avere massima e condivisa attuazione.

Infatti, tra gli strumenti di pianificazione volti ad attuare politiche proattive di difesa del territorio e dei contesti urbani di pregio riducendone la vulnerabilità, la CLE costituisce lo strumento che più nel dettaglio delimita gli ambiti nei quali si prevedono interventi diffusi di rafforzamento degli edifici che partecipano alla formazione di unità urbane resilienti. La possibilità di combinare estensione e intensità di questi interventi contribuisce a delimitare una dimensione ottimale della CLE, capace cioè di mediare tra le esigenze del capitale urbano e del capitale umano riducendone i naturali conflitti.

Di recente la CLE è stata inserita da alcuni comuni e in particolare dal Comune di Faenza e quindi da quelli dell’Unione Faentina, all’interno della pianificazione urbana, confermando che la questione della vulnerabilità e della sicurezza costituiscono il punto di partenza e la condizione preliminare delle strategie oggetto degli strumenti della pianificazione ordinaria (RUE).

Ciò che motiva questo approfondimento è la prospettiva di realizzare un collegamento tra le questioni generali della vulnerabilità, le previsioni specifiche della CLE nel caso di Brisighella, e alcuni aspetti di valutazione economica che si rendono necessari in sede di programmazione proprio al fine di evitare che un approccio genericamente orientato alla sicurezza, ma non opportunamente calibrato nel dettaglio, possa costituire un vincolo in certa misura invalicabile e vanificare le politiche ad esso successive.

In questa logica, la pianificazione migliora la propria attitudine a rendere complementari le esigenze del capitale immobiliare e del capitale sociale assumendo le criticità dell’uno quali occasione per la valorizzazione dell’altro, e non viceversa.

Questo nucleo metodologico e i risultati conseguiti costituiscono la base di un più complessivo modello di gestione urbana che a partire dalla questione della sicurezza si renda capace di avviare processi di interlocuzione tra soggetto pubblico privato e di concertazione volti alla internalizzazione delle esternalità derivanti da una carenza di valutazione.

Nella rinnovata logica della concertazione che caratterizza l’urbanistica contemporanea, la possibilità di finanziare dall’interno il processo di piano sottende l’attivazione di nuove risorse e la predisposizione di strumenti perequativi capaci di indirizzare verso la sicurezza i surplus di valore creato, cioè le eventuali esternalità positive in termini di valore immobiliare aggiunto, determinatosi come effetto di interventi implementati a esclusivi fini collettivi.

Un modello di internalizzazione delle esternalità conseguenti il miglioramento sismico degli edifici oggetto di una politica di riduzione della vulnerabilità complessiva si avvantaggia nel senso prima delineato e più avanti descritto, di un corrispondente modello di valutazione, oggetto di questa sperimentazione.

Si tratta di un modello interscalare che proietta alla scala urbana le valutazioni effettuate alla scala dell'aggregato. Nel caso del centro storico di Brisighella, si è integrato il modello di analisi della vulnerabilità sismica del costruito in un sistema di valutazione dei costi finalizzato a individuare le condizioni del dimensionamento della CLE, in vista della definizione di un sistema di incentivazione mirato a distinguere tra gli interventi in ragione della vulnerabilità, della esposizione e del grado di interferenza rispetto alle principali direttive della CLE.

Questo studio affronta la prima parte della prospettiva fin qui delineata, la parte cioè del calcolo automatizzato del coefficiente di accelerazione di ciascuna unità di studio, della conseguente assegnazione del tipo di degli interventi a ciascuna unità analizzata e del calcolo dei costi associati ai pacchetti di opere sottese dagli interventi.

L'impiego della logica dei database consente di ottenere diverse configurazioni del programma di interventi, e di conseguenza dei costi complessivi, a seconda del grado di completezza e sicurezza che si ritiene ragionevole e opportuno implementare, rispettivamente in senso economico e nel contesto della politica urbana delineata ai superiori livelli di pianificazione.

Successivi approfondimenti ed estensioni si prevede possano riguardare il calcolo dell'esposizione, cioè del valore patrimoniale e socio-economico degli edifici coinvolti al fine di fornire indicazioni più complete nel senso fin qui specificato, e un ventaglio di strategie mirato nel senso di obiettivi più ampi.

Nello specifico dei contenuti del presente documento, il lavoro svolto consiste nella valutazione dei costi relativi a un ventaglio di ipotesi circa il miglioramento sismico degli edifici del centro storico di Brisighella, con riferimento ai contenuti programmatici della Condizione Limite per l'Emergenza attualmente vigente.

A tal fine è stato realizzato un modello complessivo che coordina la sequenza logica delle fasi di (1) analisi, (2) valutazione e (3) definizione degli interventi che attuano la mitigazione del rischio sismico.

Il modello consente di calcolare per ciascuna unità di studio, il costo di intervento sulla base del calcolo della vulnerabilità, che viene effettuato attraverso un modello del comportamento meccanico in fase dinamica delle facciate degli edifici interferenti; questo modello è basato sulla documentazione fornita dall'Ufficio Tecnico dell'Unione e in particolare sui rilievi geometrici e critici, integrati dalle necessarie indagini speditive effettuate sul campo nei casi di lacune di informazione. Sulla base del calcolo della vulnerabilità di ciascuna unità architettonica è identificato il tipo di intervento necessario a ridurla, con i relativi costi.

L'approccio seguito ha una specifica valenza progettuale e programmatoria: in senso progettuale il modello attiva funzioni logiche che consentono di modulare l'intervento in base agli obiettivi di sicurezza e completezza richiesti; in senso programmatorio, quindi in una prospettiva estesa all'intero tessuto edilizio studiato, gli obiettivi di sicurezza e completezza suddetti si confrontano con l'opportunità di estendere ad aree più o meno ampie del centro storico gli interventi di mitigazione della vulnerabilità e/o di modulare il livello di sicurezza da raggiungere a seconda del budget disponibile e del contributo addossato alla componente proprietaria in vista della internalizzazione delle esternalità positive dovute al vantaggio individuale (funzionale ed economico) connesso al miglioramento delle prestazioni dell'organismo edilizio; quest'ultimo aspetto si lega a sviluppi successivi di questa elaborazione in cui una volta contrapposta alla componente dei costi quella dei vantaggi, eventualmente monetizzati (seppur in parte), sarà possibile disporre di una molteplicità di mappe ciascuna corrispondente ad una certa combinazione di grado di sicurezza e estensione degli interventi programmati, che sono funzione anche delle modalità di concertazione che l'amministrazione dell'Unione della Romagna Faentina potrà mettere in atto ai fini della maggiore efficienza ed efficacia del processo di attuazione della CLE stessa.

## 16 METODOLOGIA E PROCEDURE

La metodologia utilizzata per la valutazione dei costi di intervento, si articola, come sopra accennato in tre fasi: (1) descrizione degli edifici interferenti, (2) calcolo della vulnerabilità, (3) determinazione del costo di intervento.

### 16.1 Descrizione degli edifici interferenti

Il tessuto urbano del centro storico di Brisighella è stato suddiviso in aggregati, sub-aggregati, unità architettoniche e unità di facciata (Figura 1). Si intende per unità di facciata il muro esterno compreso tra due muri di spina dal piano di campagna alla gronda. Essa costituisce l'unità minima di studio ed è ipotizzata, a vantaggio della sicurezza, come elemento non interconnesso con le altre adiacenti (parete esterna non ammorsata). Il suo grado di vulnerabilità dipende dalle caratteristiche geometriche, materiche e costruttive che caratterizzano l'organismo edilizio nel suo complesso.

L'area studiata è composta da 22 aggregati identificati all'interno del centro storico del Comune di Brisighella. Gli aggregati a loro volta sono formati da un tessuto edilizio di 155 unità architettoniche all'interno delle quali sono state individuate 749 unità di facciata.

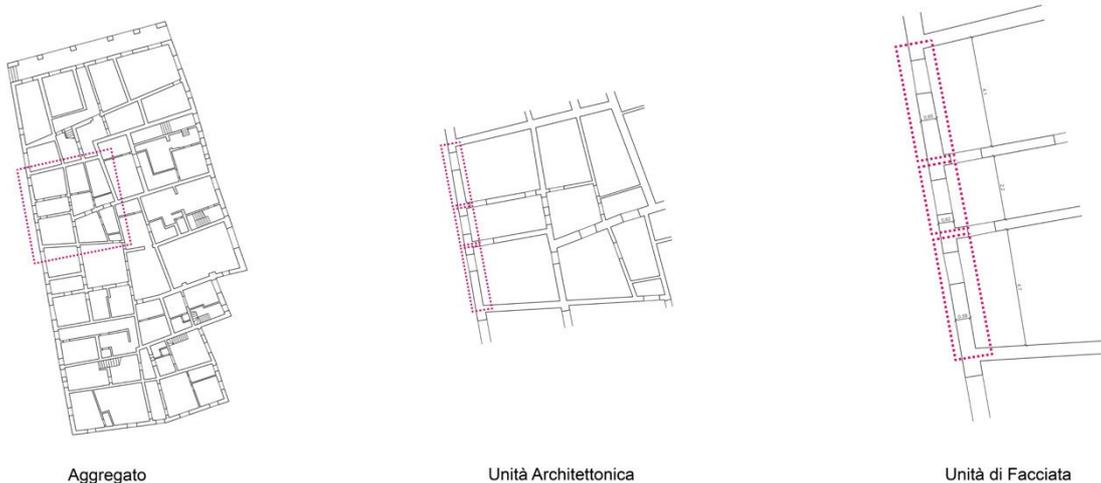


Figura 1 – Identificazione delle “unità minime di informazione” (Aggregato, unità Architettonica, Unità di Facciata)

### 16.2 Calcolo dell'indice di vulnerabilità

La quantificazione della vulnerabilità degli edifici interferenti è effettuato in relazione alla probabilità che le relative facciate possano ribaltare sui percorsi individuati all'interno della CLE.

Per ciascuna di esse, applicando un modello di analisi strutturale dinamica, è stato calcolato un "indicatore numerico del livello di accelerazione del suolo in grado di innescare cinematismi elementari di ribaltamento (fuori piano)" (Tocci 2014). Detto indicatore è definito, coerentemente con l'impostazione concettuale delle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2008), come il moltiplicatore di innesco del moto per ribaltamento ( $\alpha_0$ ) della parete tenendo conto di:

- presenza ed entità delle rastremazioni;
- direzione della tessitura dei solai (parallela o ortogonale alla parete);
- presenza di incatenamenti di piano;
- efficacia della ammorsatura con le pareti ortogonali.

Il moltiplicatore di innesco è stato calcolato per la configurazione “base” e per quella “variata” facenti riferimento ciascuna a condizioni più o meno favorevoli quanto a orditura dei solai e presenza di tiranti.

Il coefficiente di accelerazione è assunto quale indice della vulnerabilità di ciascuna unità di facciata.

### 16.3 Determinazione del costo di intervento

Il costo di intervento è stato calcolato per ciascuna unità di facciata in relazione al tipo di intervento che in base al coefficiente di accelerazione calcolato come detto in precedenza, viene indicato come quello più adatto a ridurre il grado di vulnerabilità dell'unità di facciata stessa.

È stato previsto un insieme di pacchetti di interventi più o meno consistenti a seconda del livello di vulnerabilità suddetto, e di ciascuno sono state elencate le opere elementari necessarie a realizzarlo, definite come riportate all'interno del Prezzario delle Opere Pubbliche della Regione Emilia Romagna, in modo da poterne agevolmente calcolare e aggiornare il prezzo.

Le singole opere elementari sono state classificate in relazione all'invasività e alla necessità, e in base al carattere strutturale, di completamento e di finitura, e volte a un più o meno elevato grado di rispondenza alla regola dell'arte.

Di conseguenza il costo dipenderà dal "grado di completezza" dei pacchetti di intervento laddove alcune opere accessorie possano stornarsi dal calcolo effettuato nell'ipotesi che in sede di concertazione pubblico/privato, quelle tipicamente riconducibili a un vantaggio personale possano essere effettuate a cura e spese del proprietario.

Il calcolo dei costi può variare in base al livello di sicurezza prefissato, che il modello più avanti descritto consente di graduare; infatti, atteso che il calcolo statico è effettuato con riferimento a elevati standard di sicurezza, lo studio proposto si prefigge di fornire un ampio ventaglio di strategie che tengono conto di pretese variabili quanto alle condizioni che si prevede possano verificarsi nell'insorgere dell'evento calamitoso.

Nel complesso pertanto si fornisce all'Amministrazione dell'Unione Faentina uno strumento di calcolo dei costi di intervento che possono essere graduati variando sia il "grado di completezza" sia il "livello di sicurezza" adducendo di volta in volta le contingenti motivazioni.

## 17 IL MODELLO DI ANALISI, VALUTAZIONE PROGRAMMAZIONE

Il modello di valutazione (Figura 2), come detto, consiste in un database che svolge tutte le operazioni di calcolo e logiche, necessarie a trasformare la base informativa, riguardante le caratteristiche degli elementi architettonici rilevanti, in attributi statici (vulnerabilità), progettuali (indicazione degli interventi necessari a ridurre la vulnerabilità), economici (costi) per ciascuna delle unità di facciata prese in considerazione, quindi tutte quelle del Centro Storico, con specifica indicazione di quelle appartenenti alla CLE.

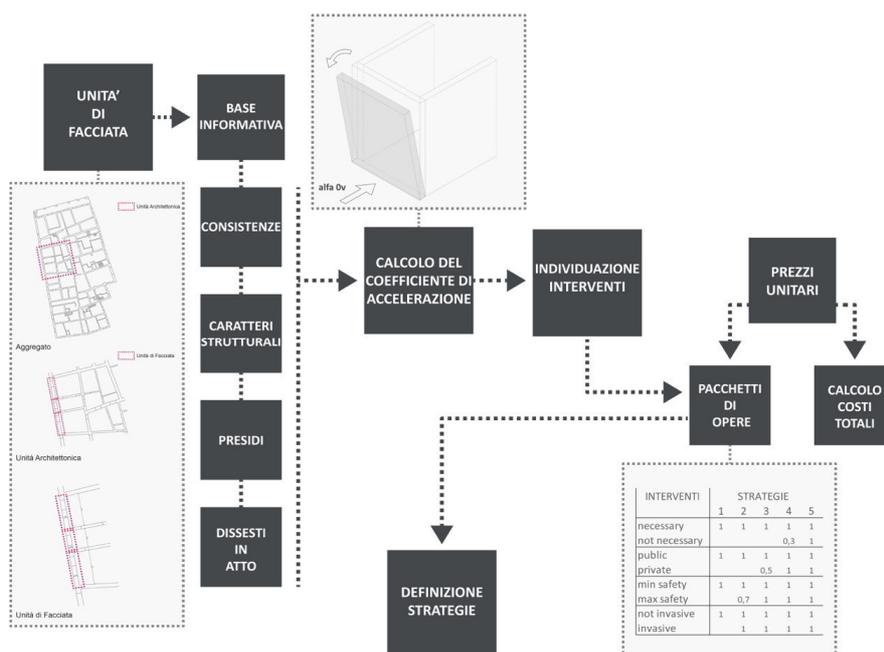


Figura 2 – Schema generale del processo di valutazione/programmazione

## 17.1 Base informativa

Ciascuna delle unità di facciata occupa un record (riga) ed è distinta da un codice numerico generale progressivamente crescente, e dai numeri di unità architettonica e aggregato cui appartiene. È caratterizzata da un insieme di campi (colonna) ciascuno con funzioni diverse, descrittive, di calcolo, logiche.

La base informativa utilizzata per le successive funzioni di calcolo e selezione degli interventi è costituita dalla sezione del database che include i campi descrittivi utili alla definizione de:

- l'identificazione: come detto all'interno complesso edilizio cui l'unità di facciata appartiene;
- identificazione catastale;
- la tipologia: schiera, linea, unifamiliare etc.;
- unità di facciata per aggregato: utile contabilizzare le spese di ammorsatura dei camini appartenenti a un aggregato (Figura 3);
- numero di facciate per ciascun ambiente: utile contabilizzare le spese relative alle finiture di ambienti interessati da opere strutturali come l'apposizione di catene;
- larghezza fronte;
- spessore della parete;
- profondità del vano; utile calcolare le spese relative alle opere di finitura all'interno delle porzioni dell'unità architettonica interessate dalle opere di finitura;
- superficie di impronta del vano, calcolata dal prodotto delle precedenti due voci;
- numero di elevazioni fuori terra;
- superficie vuoto per pieno della facciata;
- indicazione separata degli interpiani dei diversi livelli;
- altezza media di ogni interpiano (Figura 4);
- sistema costruttivo;
- tipologia muraria;
- orientamento dell'orditura del solaio rispetto alla direzione della facciata;
- presenza di elementi aggettanti (balconi, cornicioni e tetti, non inclusi in questa fase nel calcolo in quanto poco significativi);
- presenza di elementi svettanti (comignoli) (Figura 5);
- controventi la cui presenza è ipotizzata verificandosi le due condizioni di una larghezza del fronte superiore a 6,50 m e un numero di elevazioni fuori terra superiore a 1;
- presenza di catene;
- presenza di lesioni (Figura 6);

I relativi dati sono desunti dalla documentazione fornita dall'Ufficio Tecnico dell'Unione<sup>1</sup> e dalle indagini speditive effettuate sul campo.

---

<sup>1</sup> Piano di recupero del centro storico di Brisighella, progettisti: T. Conti, V. Salvini, S. Galeati, adottato con DCC. n.28 del 24 marzo 1994

IDENTIFICAZIONE					
ID Aggregato	ID Sub-aggr.	Map UA	ID UF Gen.	Unità di facciata	n UF x aggr
BR.01	BR.01a	484	1	1	7
BR.01	BR.01a	484	2	2	7
BR.01	BR.01a	201	3	3	7
BR.01	BR.01a	485	4	4	7
BR.01	BR.01a	202	5	5	7
BR.01	BR.01a	203	6	6	7
BR.01	BR.01a	203	7	7	7
BR.01	BR.01b	208	8	1	26
BR.01	BR.01b	208	9	2	26
BR.01	BR.01b	208	10	3	26
BR.01	BR.01b	209	11	4	26
BR.01	BR.01b	210	12	5	26
BR.01	BR.01b	211	13	6	26
BR.01	BR.01b	212	14	7	26
BR.01	BR.01b	213	15	8	26
BR.01	BR.01b	213	16	9	26
BR.01	BR.01b	216	17	10	26
BR.01	BR.01b	216	18	11	26
BR.01	BR.01b	216	19	12	26
BR.01	BR.01b	216	20	13	26

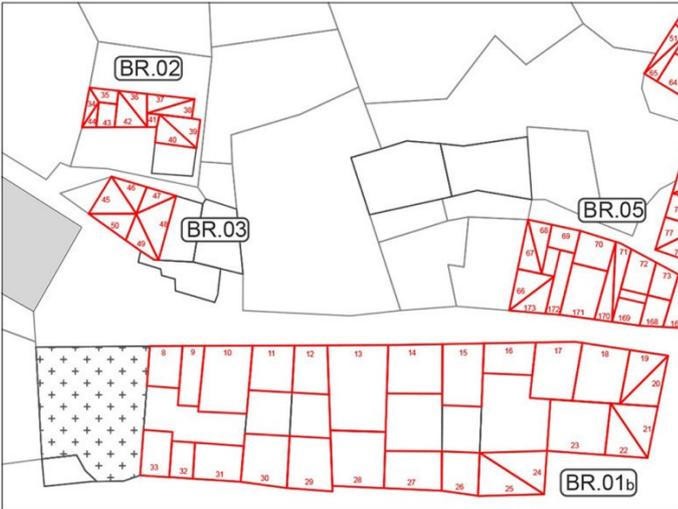


Figura 3 – A sinistra stralcio del database con identificazione del campione studiato; a dx stralcio della carta con identificazione delle unità di facciata.

				CONSISTENZE												
ID Aggregato	ID Sub-aggr.	ID Gen.	Unità di facciata	L_fronte	Sl_fronte	Orientamento	prof. vano	sup impr vano	n elevazioni	sup lorda	vert	h int 1	h int 2	h int 3	h int 4	H med. parete
BR.01	BR.01a	1	1	8,1	0,4	Ovest	4,8	39,0	2	77,9	2,8	3,0				2,9
BR.01	BR.01a	2	2	6,2	0,4	Nord	7,9	49,0	2	98,1	2,8	3,0				2,9
BR.01	BR.01a	3	3	6,3	0,4	Nord	5,5	34,5	1	34,5	2,8					2,8
BR.01	BR.01a	4	4	7,2	0,4	Nord	7,8	56,1	1	56,1	2,8					2,8
BR.01	BR.01a	5	5	6,2	0,5	Nord	7,8	48,1	1	48,1	2,8					2,8
BR.01	BR.01a	6	6	4,5	0,4	Nord	4,7	21,1	1	21,1	2,8					2,8
BR.01	BR.01a	7	7	4,9	0,4	Sud	5,6	27,4	2	54,9	2,8	3,0				2,9
BR.01	BR.01b	8	1	4,4	0,4	Nord	5,5	24,4	2	48,9	2,9	3,0				3,0
BR.01	BR.01b	9	2	3,0	0,4	Nord	8,1	24,1	2	48,2	2,9	3,0				3,0
BR.01	BR.01b	10	3	6,5	0,4	Nord	9,0	58,3	2	116,7	2,9	3,0				3,0

Figura 4 – Stralcio del database che descrive le caratteristiche geometriche delle 749 unità di facciata oggetto di studio

				CARATTERI COSTRUTTIVI										
ID Aggregato	ID Sub-aggr.	ID Gen.	Unità di facciata	Caratt. Strutturali		Muratura		orizz. perpend.		elem. Sommitali				n°
				cod	descrizione	cod	descrizione	cod	descrizione	cod	descrizione	cod	descrizione	
BR.01	BR.01a	1	1	G01	muratura	2	tessitura regolare	1	nessuno	1	nessuno	5	comignoli	5
BR.01	BR.01a	2	2	G01	muratura	2	tessitura regolare	2	solaio perp	3	tetto aggettante	5	comignoli	5
BR.01	BR.01a	3	3	G01	muratura	2	tessitura regolare	1	nessuno	3	tetto aggettante	5	comignoli	5
BR.01	BR.01a	4	4	G01	muratura	2	tessitura regolare	2	solaio perp	3	tetto aggettante	5	comignoli	5
BR.01	BR.01a	5	5	G01	muratura	2	tessitura regolare	2	solaio perp	3	tetto aggettante	5	comignoli	5
BR.01	BR.01a	6	6	G01	muratura	2	tessitura regolare	2	solaio perp	3	tetto aggettante	5	comignoli	5
BR.01	BR.01a	7	7	G01	muratura	2	tessitura regolare	2	solaio perp	3	tetto aggettante	5	comignoli	5
BR.01	BR.01b	8	1	G01	muratura	2	tessitura regolare	2	solaio perp	2	cornicioni	5	comignoli	25
BR.01	BR.01b	9	2	G01	muratura	2	tessitura regolare	2	solaio perp	2	cornicioni	5	comignoli	25
BR.01	BR.01b	10	3	G01	muratura	2	tessitura regolare	2	solaio perp	2	cornicioni	5	comignoli	25

Figura 5 – Stralcio del database che descrive le caratteristiche costruttive delle 749 unità di facciata oggetto di studio

				PRESIDI				DISSESTI IN ATTO						
ID Aggregato	ID Sub-aggr.	ID Gen.	Unità di facciata	controvento				catene		lesioni		specifica		
				cod 1	cod 2	cod 3	cod 4	descrizione	cod	val	cod	descrizione	ml less/mq	iniezioni
BR.01	BR.01a	1	1	2	2			contro 1	1	ness	1	ness		0
BR.01	BR.01a	2	2	1	1			nessuno	1	ness	1	ness		0
BR.01	BR.01a	3	3	1				nessuno	1	ness	1	ness		0
BR.01	BR.01a	4	4	2				contro 1	1	ness	1	ness		0
BR.01	BR.01a	5	5	1				nessuno	1	ness	1	ness		0
BR.01	BR.01a	6	6	1				nessuno	1	ness	1	ness		0
BR.01	BR.01a	7	7	1	1			nessuno	1	ness	1	ness		0
BR.01	BR.01b	8	1	1	1			nessuno	1	ness	1	ness		0
BR.01	BR.01b	9	2	1	1			nessuno	1	ness	1	ness		0
BR.01	BR.01b	10	3	1	1			nessuno	2	catene	1	ness		0

Figura 6 – Caratterizzazione meccanica delle unità di facciata

## 17.2 Calcolo del coefficiente di accelerazione

Come precedentemente accennato, il modello qui descritto è in grado di quantificare la propensione al ribaltamento della facciata sotto l'azione sismica, con un coefficiente di accelerazione  $\alpha_{0b}$  e  $\alpha_{0v}$  a seconda che si consideri la configurazione base (meno favorevole) o quella variata (più favorevole). Il coefficiente misura l'accelerazione in corrispondenza della quale la facciata ribalta e quindi la sua dimensione è inversamente proporzionale alla resistenza al ribaltamento della struttura. Esso può essere assunto, dunque, quale indice di vulnerabilità delle unità di facciata.

I parametri necessari al calcolo del coefficiente (Figura 7) come detto, sono:

- $S1$  spessore della parete al piano terra;
- $H$  altezza totale della parete;
- $L$  distanza tra le pareti di controvento;
- $N$  numero totale di piani;
- $p$  numero di piani privi di catene (contati dall'alto);
- $k$  direzione della tessitura del solaio ( $k=1$ : solaio parallelo alla facciata;  $k=3$ : solaio perpendicolare alla facciata);
- $r$  ammorsatura con le pareti di controvento ( $r=0$ : ammorsatura assente)"

La correlazione quantitativa tra i diversi parametri che influiscono sulla vulnerabilità sismica consente di ottenere una misura del livello di accelerazione richiesto per ottenere assegnati livelli di danno e si presta pertanto a valutare il grado di sicurezza del campione studiato. La figura 8 mostra la distribuzione del campione tra le diverse classi di vulnerabilità espresse dal coefficiente di accelerazione.

				CALCOLO DEL COEFFICIENTE DI ACCELERAZIONE											
ID	ID Sub-	ID	Unità di	S1	H	L	N	p	k	r	n	base/no	indice		
Aggrega	aggr.	Gen.	facciata	spess. mur. pt	h tot	dist. controvent.	n elev.	livv. no catene	tess solaio	controventi	n	n base	alfa0 b	alfa0 v	
BR.01	BR.01a	1	1	0,4	6,3	8,1	2	2	1	0,0810	72	0	0,068289	0,068289	
BR.01	BR.01a	2	2	0,4	6,3	6,2	2	2	3	0,0828	72	1	0,068402	0,149905	
BR.01	BR.01a	3	3	0,4	3,2	6,3	1	1	1	0,1088	72	0	0,140611	0,140611	
BR.01	BR.01a	4	4	0,4	3,2	7,2	1	1	3	0,0244	72	1	0,129908	0,172376	
BR.01	BR.01a	5	5	0,5	3,2	6,2	1	1	3	0,0373	72	1	0,164435	0,185807	
BR.01	BR.01a	6	6	0,4	3,2	4,5	1	1	3	0,0595	72	1	0,134355	0,178277	
BR.01	BR.01a	7	7	0,4	6,3	4,9	2	2	3	0,1227	72	1	0,070923	0,155429	
BR.01	BR.01b	8	1	0,4	6,5	4,4	2	2	3	0,1377	72	1	0,070012	0,156354	
BR.01	BR.01b	9	2	0,4	6,5	3,0	2	2	3	0,1806	72	1	0,072652	0,16225	
BR.01	BR.01b	10	3	0,4	6,5	6,5	2	1	3	0,0339	88	1	0,063623	0,221964	
BR.01	BR.01b	11	4	0,4	6,2	5,7	2	2	3	0,1005	72	1	0,071	0,153256	
BR.01	BR.01b	12	5	0,6	6,5	4,4	2	2	3	0,1371	72	1	0,105613	0,175363	
BR.01	BR.01b	13	6	0,5	9,1	8,2	2	2	3	0,0234	72	1	0,056231	0,136253	
BR.01	BR.01b	14	7	0,4	9,3	7,3	3	3	1	0,2672	72	0	0,054503	0,054503	
BR.01	BR.01b	15	8	0,4	10,1	5,6	3	3	3	0,1813	72	1	0,046785	0,143503	

Figura 7 – Calcolo dei coefficienti di accelerazione per ciascuna unità di facciata



Figura 8 – Vulnerabilità del tessuto urbano analizzato. Sono campiti gli edifici prospettanti sulle strade, interessati da interventi sulle rispettive unità di facciata.

### 17.3 Individuazione interventi di messa in sicurezza

In funzione del grado di vulnerabilità di ciascuna delle 749 unità di facciata analizzate, il modello individua gli interventi necessari alla messa in sicurezza di queste ultime. È da precisare che gli interventi non si attivano automaticamente e univocamente, ma in base al tipo di strategia che si può scegliere di implementare.

Una strategia è definita da un certo grado di completezza degli interventi e di sicurezza richiesti.

*Grado di completezza.* Le attività elementari sottese da ciascun intervento possono essere distinte in base a:

- l'effettiva necessità;
- il soggetto interessato (pubblico o privato nel caso in cui si vogliono escludere dall'impegno del soggetto pubblico, ad es., le opere interne di finitura che costituirebbero un'esternalità per il soggetto privato);
- grado di rispondenza delle opere alla regola dell'arte;
- invasività, in base alla opportunità o meno di eseguire opere come, ad esempio, la realizzazione di nuove murature di controvento.

Combinando le suddette condizioni si definiscono cinque differenti gradi di completezza che possono essere implementati a discrezione in sede di programmazione (Figura 9).

		Grado di completezza				
		1	2	3	4	5
Classi di opere	necessarie	1	1	1	1	1
	non necessarie				0,3	1
	pubbliche	1	1	1	1	1
	private			0,5	1	1
	regola d'arte min	1	1	1	1	1
	regola d'arte max		0,7	1	1	1
	non invasive	1	1	1	1	1
	invasive		1	1	1	1

Figura 9 – Combinazione delle condizioni che definiscono il grado di completezza di un intervento

*Livello di sicurezza.* L'intervento di messa in sicurezza si attiva per ciascuna facciata qualora il coefficiente di accelerazione che ne caratterizza la vulnerabilità risulta inferiore rispetto alla soglia di ribaltamento. Quest'ultima può essere elevata qualora si scelga di implementare una politica ispirata al massimo grado di prudenza, oppure meno elevata quando, e nella misura in cui, si accetti di derogare a questo principio.

Si è previsto un *range* di variazione del livello di sicurezza oscillante tra il 60% e il 100% del livello massimo con scarti del 10%.

Chiaramente al modificarsi del limite si modificano di conseguenza sia il numero di unità di facciata sulle quali intervenire sia il numero e la tipologia di interventi previsti (Figura 10). Il numero delle unità di facciata per le quali si attiva l'intervento non varia in ragione del grado di completezza delle opere ma solo del grado di sicurezza.

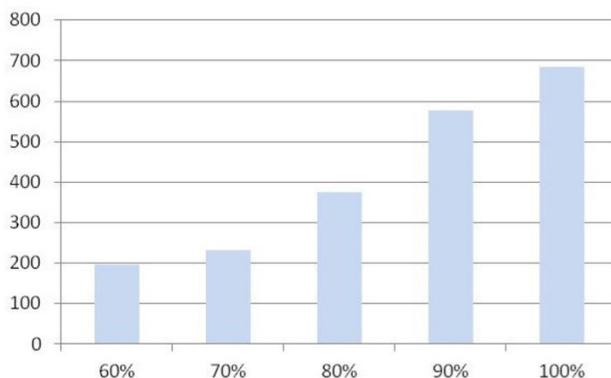


Figura 10 – Numero di unità di facciata sulle quali intervenire nei cinque livelli di sicurezza previsti

#### 17.4 Calcolo dei costi

Le opere previste da ciascun pacchetto di interventi riguardano le seguenti attività:

- inserimento di catene;
- riempimento di lesioni superficiali;
- bonifica delle murature ove sono presenti lesioni passanti;
- introduzione di murature di rinforzo;
- opere di finitura esterne e interne, relative alle pareti e ai soffitti.

Per ciascuna di queste attività sono state elencate le opere elementari come definite dalle voci del Prezzario delle Opere Pubbliche della Regione Emilia Romagna. A ciascuna di queste opere elementari è stato associato un codice che ne indica l'appartenenza ad uno dei cinque gradi di completezza precedentemente descritti. L'elenco delle opere e la relativa appartenenza ai diversi gradi di completezza sono rappresentati nella Figura 11, che riporta anche il prezzo unitario dedotto dal Prezzario suddetto.

cod pr	descr breve	um	totali	effettivi	necessarie	pubbliche	regola d'arte	min	non invasive
F01100a	ponteggi: montaggio	mq	9,06	9,06	1	1	1		1
F01100b	ponteggi: sovrappiù nolo	mq	1,33	0	1	1			1
F01100c	ponteggi: smontaggio	mq	3,09	3,09	1	1	1		1
B02018b	catene: perforazioni	ml	36,59	36,59	1	1	1		1
B02021	catene: nicchie piastre	mq	484,04	0		1			1
B02022	catene: piastre	kg	6,26	0	1	1			1
B02024	catene: tiranti	kg	9,24	9,24	1	1	1		1
B02025	catene: paletto	kg	7,79	7,79	1	1	1		1
B02026	catene: ritesatura	cad	133,53	0		1			1
B02028a	catene: iniezione perforazioni a pressione	m	18,74	0	1	1			1
A09002b	catene:controsoffitti	mq	25,13	0			1		
A20001	catene tint contr: preparazione	mq	1,82	0			1		
A20012c	catene tint contr: idropittura	mq	8,67	0			1		
A20001	catene tint pareti: preparazione	mq	1,82	0			1		
A20002	catene: tint pareti stuccatura	mq	1,24	0			1		
A20012c	catene: tint pareti: idropittura	mq	8,67	0			1		
B02002b	controventi: rinforzo murature esistenti	mq	170,15	0	1		1		
A05004a	controventi: realizzazione nuove murature	mc	323,49	0	1	1			
A20001	controventi: tint; preparazione pareti	mq	1,82	0	1				
A20002	controventi: tint pareti stuccatura	mq	1,24	0	1				
A20012c	controventi: tint pareti: idropittura	mq	8,67	0	1				
B02006a	scuci e cucì	mc	576,1	0	1	1		1	
A08005d	scuci e cucì: rifac int esterni	mq	24,23	0	1	1		1	
A20007	scuci e cucì: tintegg est; preparazione pareti	mq	10,69	0	1	1		1	
A20015b	scuci e cucì: tinteggiatura pareti esterne	mq	14,2	0	1	1		1	
A08004d	scuci e cucì: rifac int interni	mq	23,64	0	1			1	
A20001	scuci e cucì: tint; preparazione pareti	mq	1,82	0	1			1	
A20002	scuci e cucì: tint pareti stuccatura	mq	1,24	0	1			1	
A20012c	scuci e cucì: tint pareti: idropittura	mq	8,67	0	1			1	
B02009	iniezioni	mc	150,09	0	1	1			
A08005d	iniez: rifac int esterni	mq	24,23	0	1	1			
A20007	iniez: tintegg est; preparazione pareti	mq	10,69	0	1	1			
A20015b	iniez: tinteggiatura pareti esterne	mq	14,2	0	1	1			
A20001	iniezioni: tint; preparazione pareti	mq	1,82	0	1				
A20002	iniezioni: tint pareti stuccatura	mq	1,24	0	1				
A20012c	iniezioni: tint pareti: idropittura	mq	8,67	0	1				
0	messa in sicurezza comignoli	cad	600	600	1	1	1		1

Figura 11 – Opere elementari, prezzi unitari e indicazione di appartenenza a ciascun grado di completezza

## 17.5 Definizione delle strategie

Si intende per strategia un insieme di obiettivi gerarchizzati per importanza. Il modello è costruito in modo da prefigurare una molteplicità di strategie a seconda di quanto il grado di completezza e il livello di sicurezza si ritengano importanti in senso relativo. Questi due aspetti graduati per importanza possono essere rappresentati in una tabella rispettivamente come colonna e riga -cinque gradi di completezza e cinque livelli di sicurezza- in modo che in ciascuna delle 25 celle risultanti compaia il costo complessivo di ciascuna strategia identificata dal grado di completezza della colonna e dal livello di sicurezza della riga (Figura 12). Va da sé che il costo complessivo è calcolato sommando i costi di tutti gli interventi che si attivano sulle unità delle quali il coefficiente di accelerazione è inferiore al livello di soglia.

		Grado di completezza (milioni di €)				
		1	2	3	4	5
Livello di sicurezza	60%	0,7	1,1	1,3	1,6	2,4
	70%	0,8	1,3	1,5	1,9	2,9
	80%	1,4	2,0	2,3	3,0	4,6
	90%	2,1	3,0	3,3	4,3	6,6
	100%	2,5	3,4	3,8	5,0	7,6

Figura 12 – Definizione delle 25 strategie e costi totali d'intervento (milioni di euro)

## 18 RISULTATI

L'implementazione delle diverse strategie fornisce significative indicazioni circa la variabilità dei costi al variare lungo le due direzioni, delle caratteristiche di completezza e sicurezza.

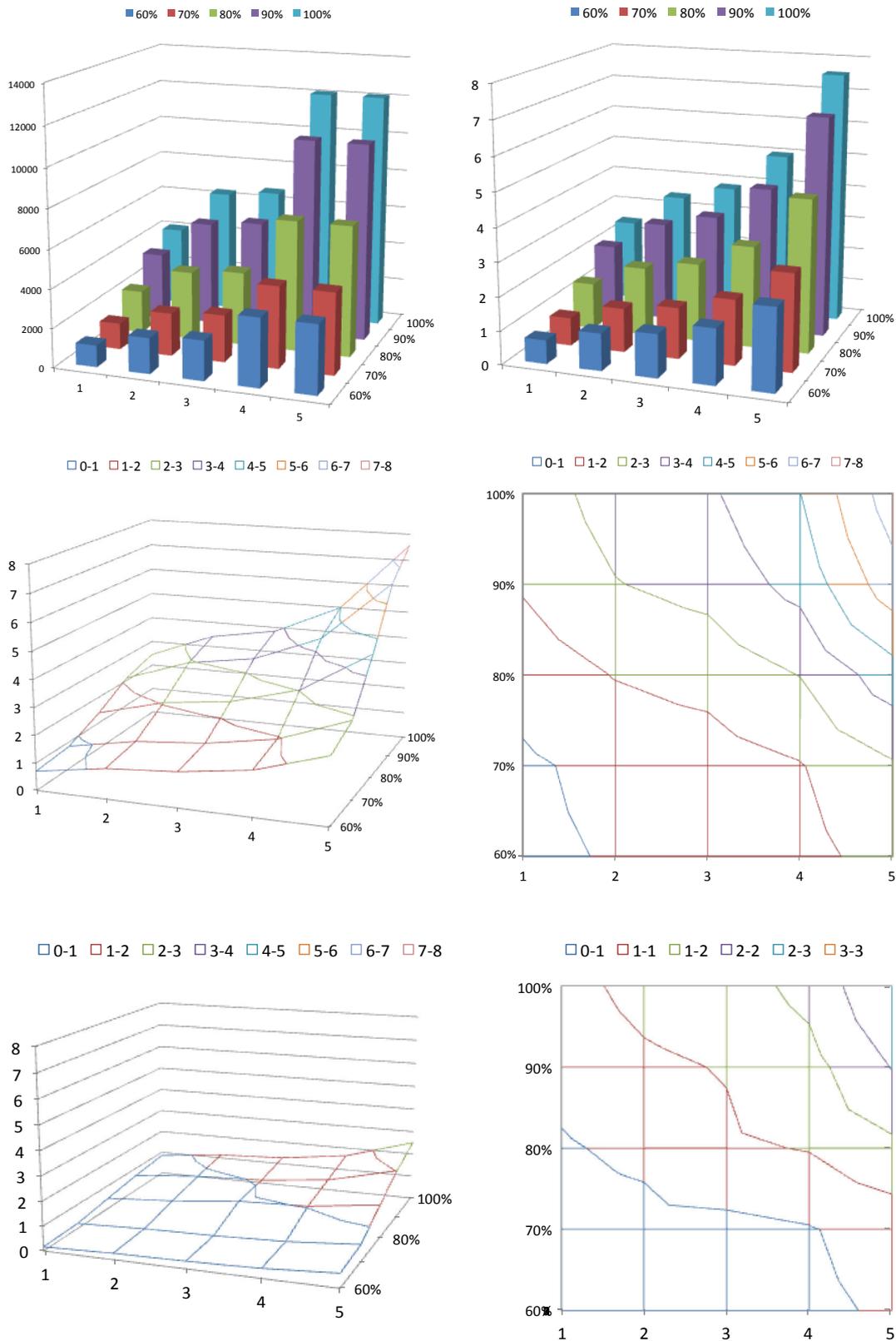


Figura 13 – Definizione delle 25 strategie: confronto tra entità degli interventi ed entità per le 25 strategie, funzioni di sostituzione tra completezza e sicurezza per l'intero Centro storico e per l'area inclusa nella CLE.

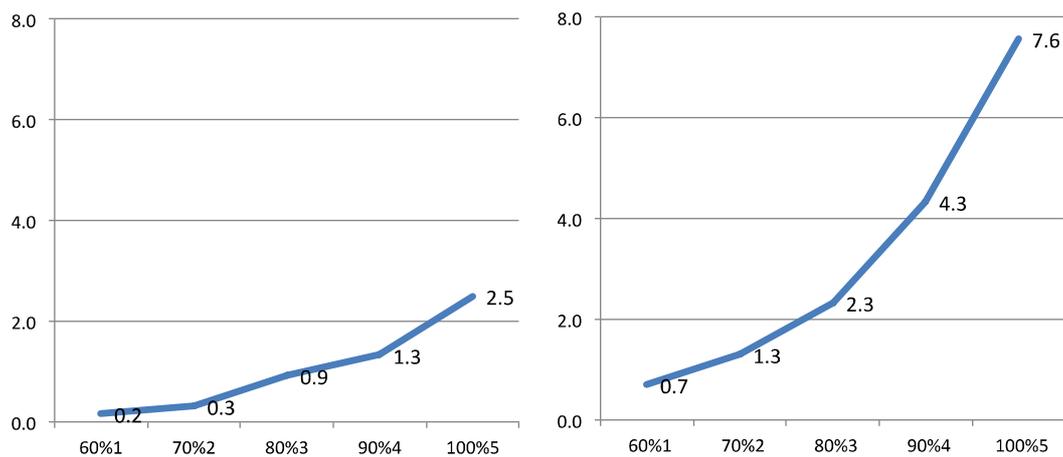


Figura 14 – Confronto della funzione di costo totale in relazione al variare costante di completezza e sicurezza

Dei due istogrammi della Figura 13, quello a sinistra visualizza lungo i due assi il progressivo incremento del numero di interventi che si attivano in corrispondenza delle diverse combinazioni di completezza e sicurezza, mentre quello a destra mostra i corrispondenti costi; i grafici a superficie, invece, mostrano le funzioni di sostituzione tra completezza e sicurezza a parità di budget; ciascuna curva rappresenta combinazioni diverse dei due requisiti a parità di budget: i due al centro si riferiscono all'intero centro storico, mentre i due in basso agli aggregati inclusi nella CLE. Il confronto evidenzia la significativa differenza tra i costi nelle due ipotesi di delimitazione.

Analoga informazione fornisce il confronto tra i due grafici di sintesi di Figura 14, che riportano sulle ascisse la combinazione progressivamente crescente dei due requisiti (livello di sicurezza e grado di completezza: 60%-1; 70%-2 etc.) e sulle ordinate i costi. In entrambi i casi, trattandosi di funzioni con un andamento tendenzialmente esponenziale, risulta evidente che attuando una strategia intermedia (80%-3) si ottengono risparmi rispettivamente del 64% e del 70% che, nel caso della CLE corrispondono a 1,6 milioni di euro, mentre nel caso del Centro Storico a 4,3 milioni di euro.

Nel primo caso, in particolare, questi risparmi consentirebbero di estendere gli interventi di miglioramento a più edifici in centro storico, aspetto da non trascurare, specie ai fini della protezione del tessuto urbano dal rischio di necrosi, in caso di sisma di notevole entità.

Ulteriori elaborazioni riguardano la rappresentazione sinottica dei risultati relativi all'intero centro storico e alla CLE esposti in maniera più dettagliata ed estesa. Quanto all'intero centro storico sono riportati risultati relativi a:

1. la variazione del numero complessivo di interventi: nelle Figure 15-19 (una per ciascun grado di completezza e per tutti e cinque i livelli di sicurezza) a sinistra è rappresentato il numero degli interventi totali crescente in funzione dell'incremento del livello di sicurezza, mentre a destra il numero degli interventi per aggregato, anche in questo caso crescente per livello di sicurezza.
2. la variazione del numero complessivo di interventi per aggregato: nelle Figure 20-24 (una per ciascun grado di completezza e per tutti e cinque i livelli di sicurezza) è rappresentata per ciascuno dei 22 aggregati, affiancati lungo l'asse delle ascisse dell'istogramma, il numero degli interventi la cui progressione per livello di sicurezza è rappresentata dalle cinque torri degli istogrammi parziali, colorati con gradazione più chiara al crescere del livello di sicurezza;
3. la variazione dei costi complessivi: nelle Figure 25-29 (una per ciascun grado di completezza e per tutti e cinque i livelli di sicurezza) a sinistra è rappresentato il costo totale del programma degli interventi, crescente per ciascun livello di sicurezza, specificati in dettaglio a destra.
4. la variazione del costo totale per aggregato: nelle Figure 30-34 (una per ciascun grado di completezza e per tutti e cinque i livelli di sicurezza) è rappresentato per ciascuno dei 22 aggregati, il costo complessivo crescente per livello di sicurezza;

Quanto agli aggregati inclusi nella CLE sono riportati risultati relativi a:

1. la variazione del numero complessivo di interventi: nelle Figure 35-38 (una per ciascun grado di completezza e per tutti e cinque i livelli di sicurezza) a sinistra è rappresentato il numero degli interventi totali crescente in funzione dell'incremento del livello di sicurezza, mentre a destra il numero degli interventi per aggregato, anche in questo caso crescente per livello di sicurezza;
2. la variazione dei costi complessivi: nelle Figure 39-44 (una per ciascun grado di completezza e per tutti e cinque i livelli di sicurezza) a sinistra è rappresentato il costo totale del programma di interventi crescente per ciascun livello di sicurezza, mentre a destra i costi totali per aggregato crescenti per livello di sicurezza.

## Aggregati del Centro Storico

### 1. Variazione del numero complessivo di interventi

La sequenza dei grafici è realizzata nell'intento di mostrare il progressivo incremento del numero di interventi cui si dà luogo somministrando strategie che sottendono azioni di riduzione della vulnerabilità; queste variano da quelle più semplici -cioè rivolte strettamente alla sicurezza e che quindi escludono le opere di finitura, specialmente interne, e le opere volte a realizzare interventi a perfetta regola d'arte (ammorsature delle pareti, ri-tesatura delle catene, incasso delle piastre nella muratura etc. – Figura 15, grado di completezza 1)- a quelle più complesse, che includono quote via via più consistenti delle suddette opere. Queste opere si attivano a partire dall'implementazione del grado di completezza 2, con controventature solo nei pochi casi più urgenti (Figura 16) e con un incremento delle controventature e la comparsa di opere di scuci e cucì in pochi casi (figura 17). Invece, le opere di finitura, prevalentemente interne e quindi consistenti dacché riguardano la ritinteggiatura degli ambienti retrostanti le facciate e/o realizzazione in detti ambienti, di controsoffittature, si attivano per ultime in corrispondenza dei gradi di completezza 4 e 5.

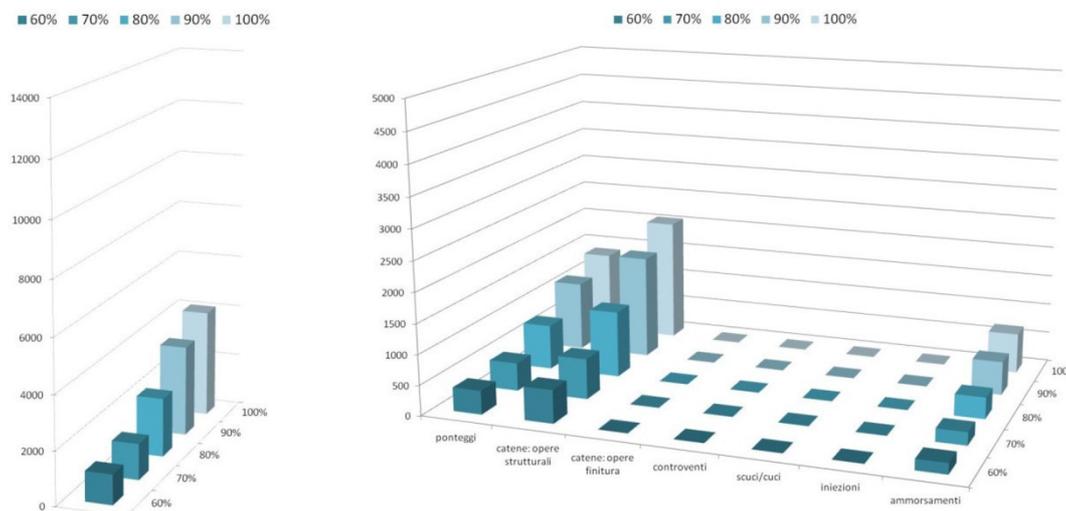


Figura 15 – Grado di completezza 1\_ Grafico a sinistra: asse y: livelli di sicurezza previsti (60% - 100%); asse z: numero complessivo di interventi attivati (1-14.000). Grafico a destra: asse x: classi di attività; asse y: livelli di sicurezza previsti; asse z: numero di interventi attivati per classe di attività

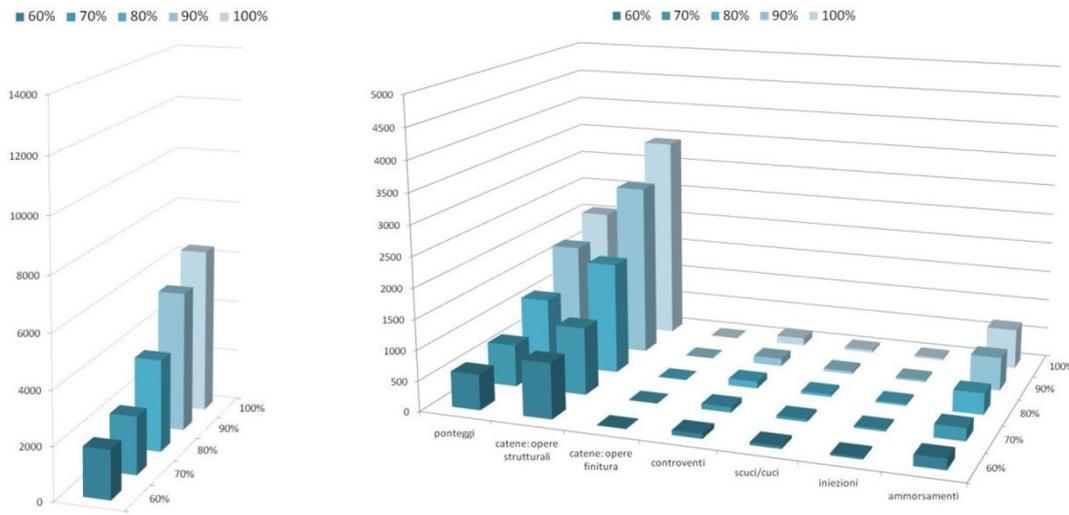


Figura 16 – Grado di completezza 2\_ Grafico a sinistra: asse y: livelli di sicurezza previsti (60% - 100%); asse z: numero complessivo di interventi attivati (1-14.000). Grafico a destra: asse x: classi di attività; asse y: livelli di sicurezza previsti; asse z: numero di interventi attivati per classe di attività

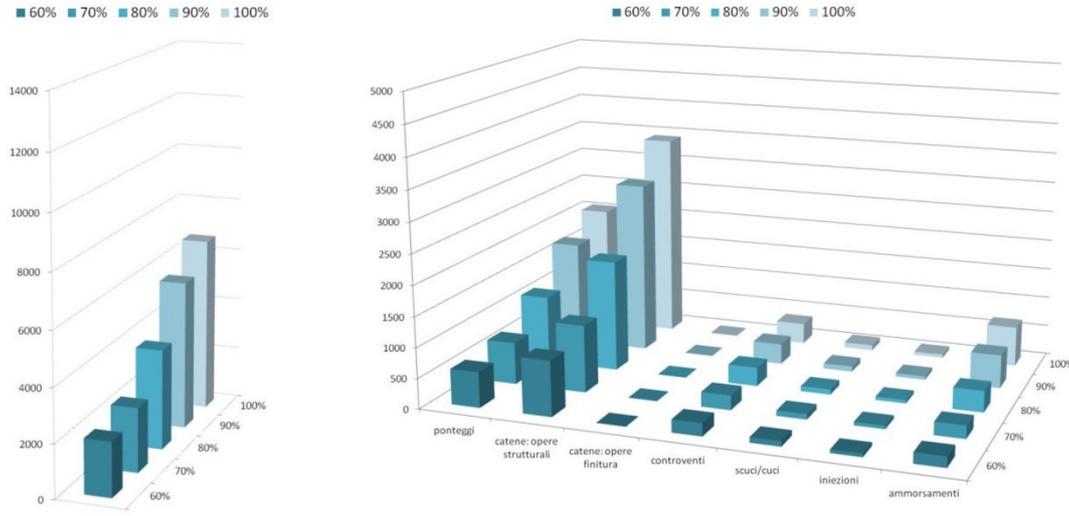


Figura 17 – Grado di completezza 3\_ Grafico a sinistra: asse y: livelli di sicurezza previsti (60% - 100%); asse z: numero complessivo di interventi attivati (1-14.000). Grafico a destra: asse x: classi di attività; asse y: livelli di sicurezza previsti; asse z: numero di interventi attivati per classe di attività

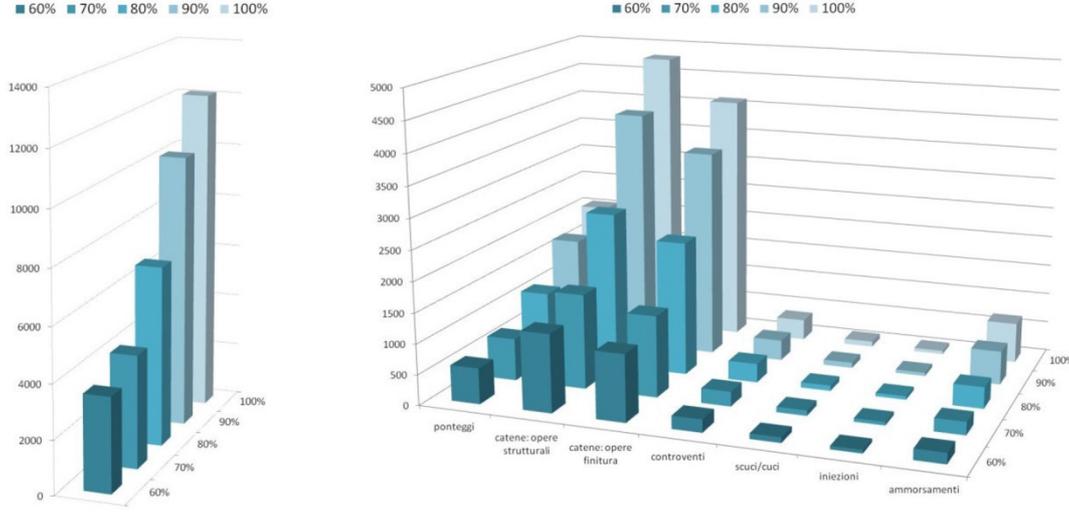


Figura 18 – Grado di completezza 4\_ Grafico a sinistra: asse y: livelli di sicurezza previsti (60% - 100%); asse z: numero complessivo di interventi attivati (1-14.000). Grafico a destra: asse x: classi di attività; asse y: livelli di sicurezza previsti; asse z: n. di interventi attivati per classe di attività

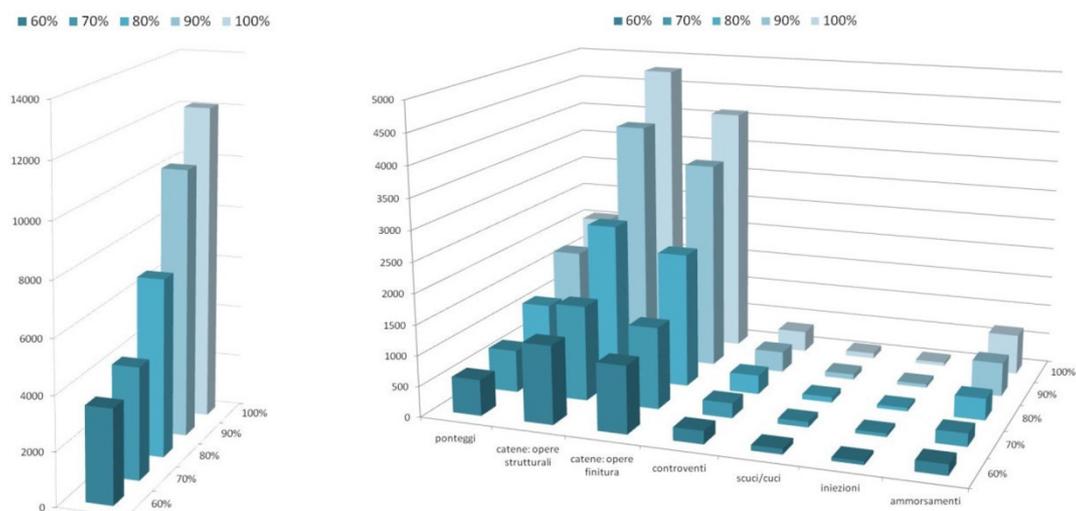


Figura 19 – Grado di completezza 5\_ Grafico a sinistra: asse y: livelli di sicurezza previsti (60% - 100%); asse z: numero complessivo di interventi attivati (1-14.000). Grafico a destra: asse x: classi di attività; asse y: livelli di sicurezza previsti; asse z: numero di interventi attivati per classe di attività

## 2. Variazione del numero complessivo di interventi per aggregato

I grafici di questa sezione forniscono, a mezzo della rappresentazione dell'entità degli interventi (asse delle ordinate) una misura della diversa combinazione di consistenza e vulnerabilità, la prima rappresentata dalla altezza media dei cinque istogrammi dei diversi aggregati (disposti lungo l'asse delle ordinate), la seconda rappresentata dall'entità della variazione del numero di interventi al crescere del livello di sicurezza.

Esemplificativamente, si noti come negli aggregati minori, 02, 03, 04, 09 ecc. la differenza degli interventi tra i diversi livelli di sicurezza è trascurabile, mentre invece cresce significativamente negli aggregati più consistenti (05, 14, 15 ecc.), con diversa progressione a seconda del numero (e dell'assortimento quanto a vulnerabilità) di unità architettoniche e di facciata.

L'incremento del grado di completezza non fa che ampliare proporzionalmente le differenze tra aggregati e tra livelli di sicurezza.

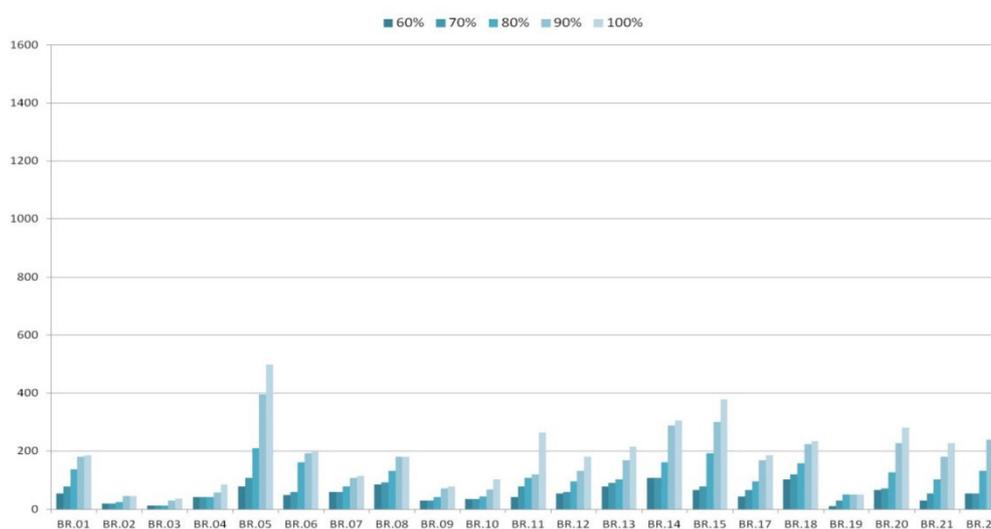


Figura 20 – Grado di completezza 1\_ In ascissa: aggregati del centro storico; in ordinata: numero di interventi attivati per aggregato per ciascuno dei 5 livelli di sicurezza previsti (60% - 100%)

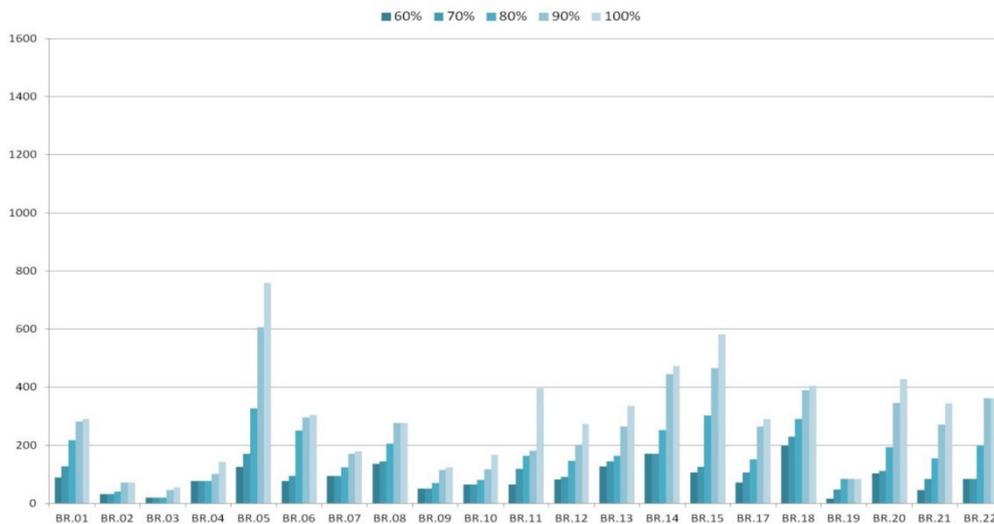


Figura 21 – Grado di completezza 2\_ In ascissa: aggregati del centro storico; in ordinata: numero di interventi attivati per aggregato per ciascuno dei 5 livelli di sicurezza previsti (60% - 100%)

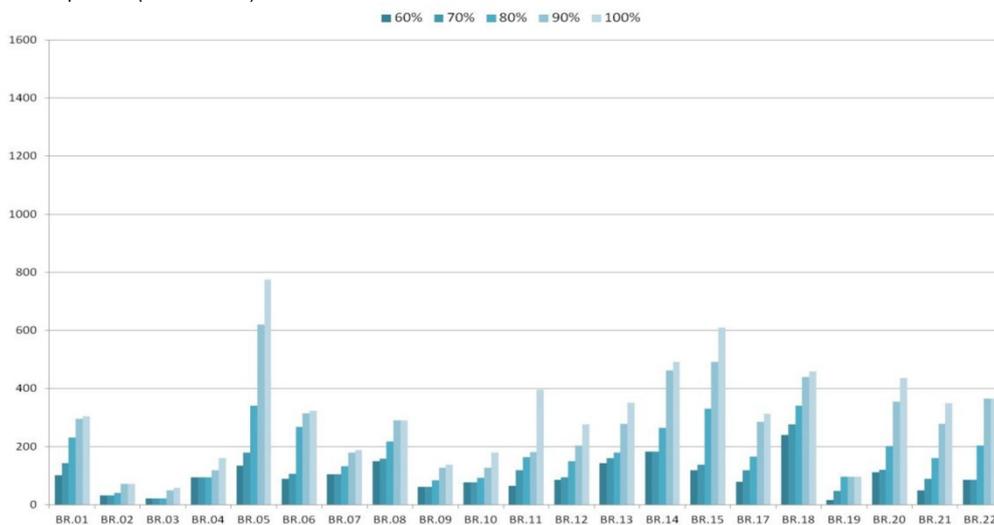


Figura 22 – Grado di completezza 3\_ In ascissa: aggregati del centro storico; in ordinata: numero di interventi attivati per aggregato per ciascuno dei 5 livelli di sicurezza previsti (60% - 100%)

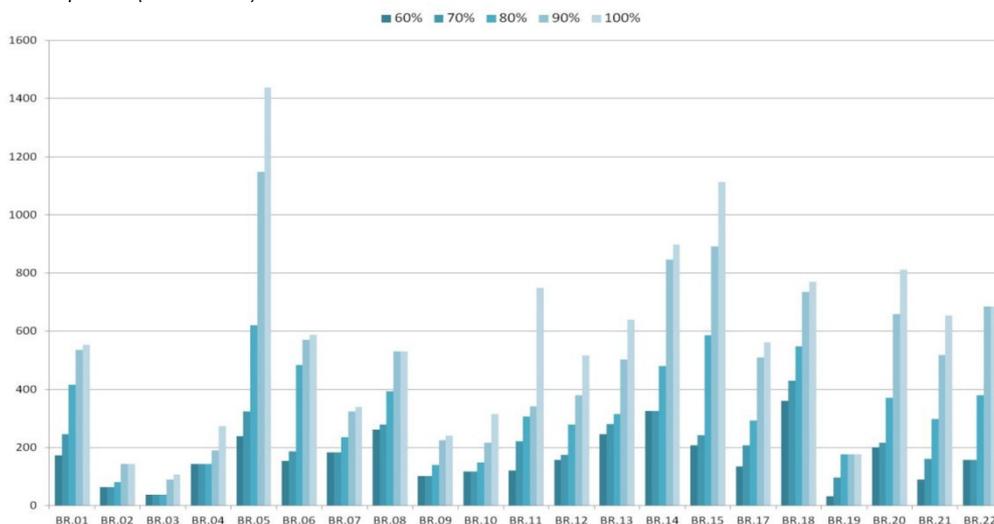


Figura 23 – Grado di completezza 4\_ In ascissa: aggregati del centro storico; in ordinata: numero di interventi attivati per aggregato per ciascuno dei 5 livelli di sicurezza previsti (60% - 100%)

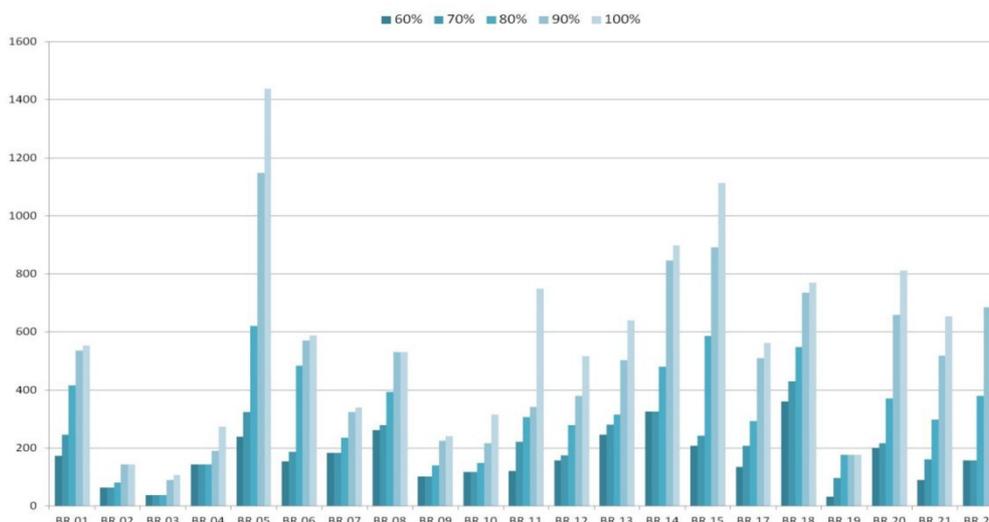


Figura 24– Grado di completezza 5\_ In ascissa: aggregati del centro storico; in ordinata: numero di interventi attivati per aggregato per ciascuno dei 5 livelli di sicurezza previsti (60% - 100%)

### 3. Variazione dei costi complessivi

La sequenza dei grafici mostra il progressivo incremento dei costi cui si dà luogo somministrando strategie che sottendono azioni di riduzione della vulnerabilità che variano da quelle più semplici -che escludono cioè le opere di finitura e le opere volte a realizzare interventi a regola d'arte (Figura 25, grado di completezza 1)- a quelle più complesse, che invece progressivamente li includono.

In coerenza con quanto descritto per la corrispondente sequenza di elaborazioni riguardanti gli interventi, queste opere si attivano con l'implementazione del grado di completezza 2, con controventature solo nei pochi casi più urgenti (Figura 26) e con un incremento delle controventature e la comparsa di opere di scuci e cucì in pochi casi (Figura 27).

Invece, le opere di finitura, prevalentemente interne relative alla ritinteggiatura degli ambienti retrostanti le facciate e/o alla realizzazione, in essi, di controsoffittature, si attivano per ultime, in corrispondenza di gradi di completezza 4 e 5.

È da notare che mentre nell'elaborazione per interventi, le Figure 18 e 19 risultano uguali in quanto nelle due ipotesi più complete (gradi di completezza 4 e 5) gli interventi si attivano tutti, in quella per costi tra le corrispondenti Figure 28 e 29 i costi differiscono significativamente.

Questo disallineamento riproduce la differenza tra le due strategie (completezza 4 e 5) che, come si vede nella tabella di Figura 9, prevede che gli interventi di finitura della strategia con grado di completezza 4, ancorché si realizzino di fatto, vengono realizzati in parte, cioè per una percentuale del 30%; questo indica che, ad esempio atteso che la strategia preveda la tinteggiatura delle pareti di un vano retrostante una facciata sulla quale apporre le catene, la realizzazione di controsoffitti per nascondere i suddetti presidi, ecc., questi costi possono essere coperti dal soggetto pubblico per la percentuale suddetta, percentuale che può essere concordata in sede di programmazione e come esito di una possibile interlocuzione con i proprietari delle unità immobiliari interessate.

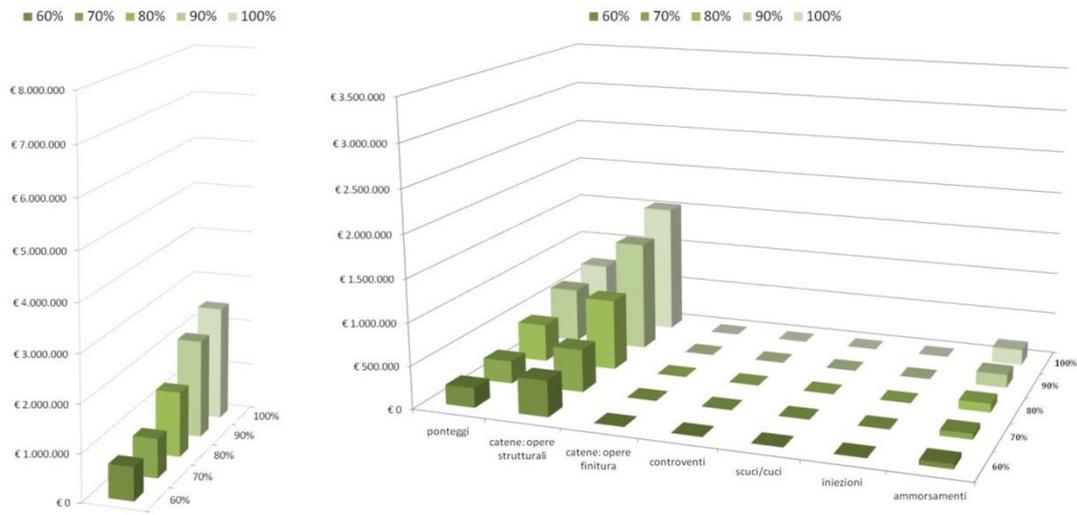


Figura 25 – Grado di completezza 1\_ Grafico a sinistra: asse y: livelli di sicurezza previsti (60% - 100%); asse z: costo complessivo degli interventi attivati. Grafico a destra: asse x: classi di attività; asse y: livelli di sicurezza previsti; asse z: costo degli interventi attivati per classe di attività

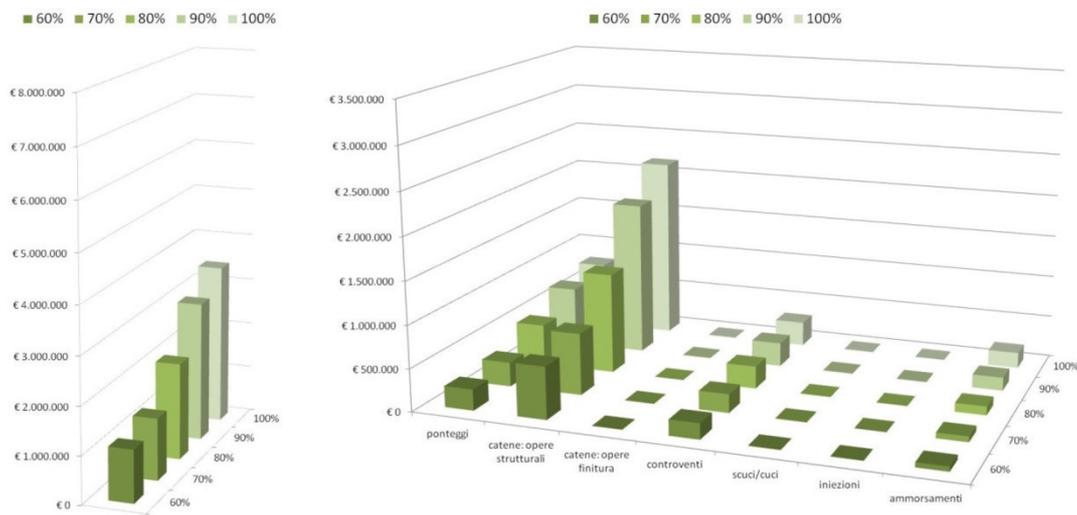


Figura 26 – Grado di completezza 2\_ Grafico a sinistra: asse y: livelli di sicurezza previsti (60% - 100%); asse z: costo complessivo degli interventi attivati. Grafico a destra: asse x: classi di attività; asse y: livelli di sicurezza previsti; asse z: costo degli interventi attivati per classe di attività

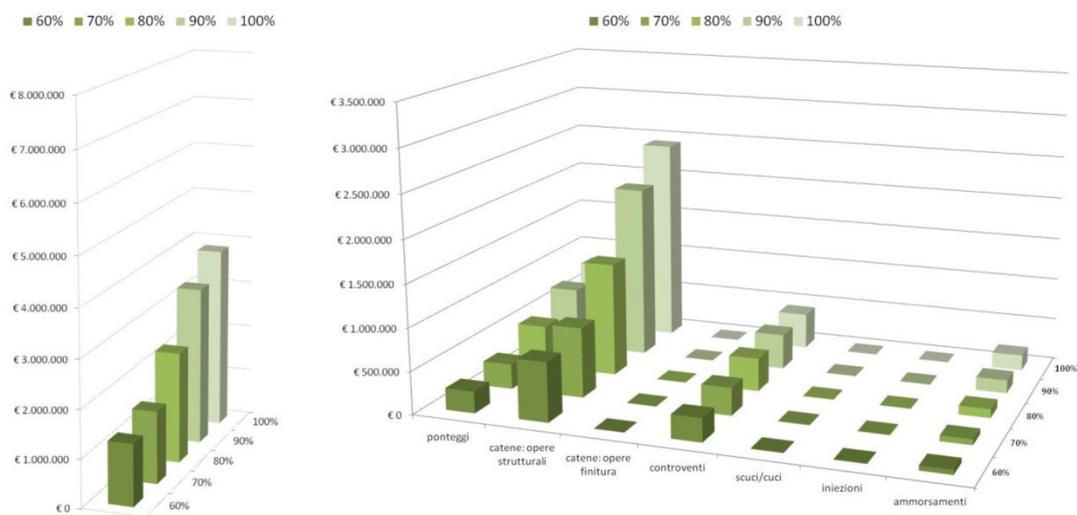


Figura 27 – Grado di completezza 3\_ Grafico a sinistra: asse y: livelli di sicurezza previsti (60% - 100%); asse z: costo complessivo degli interventi attivati. Grafico a destra: asse x: classi di attività; asse y: livelli di sicurezza previsti; asse z: costo degli interventi attivati per classe di attività

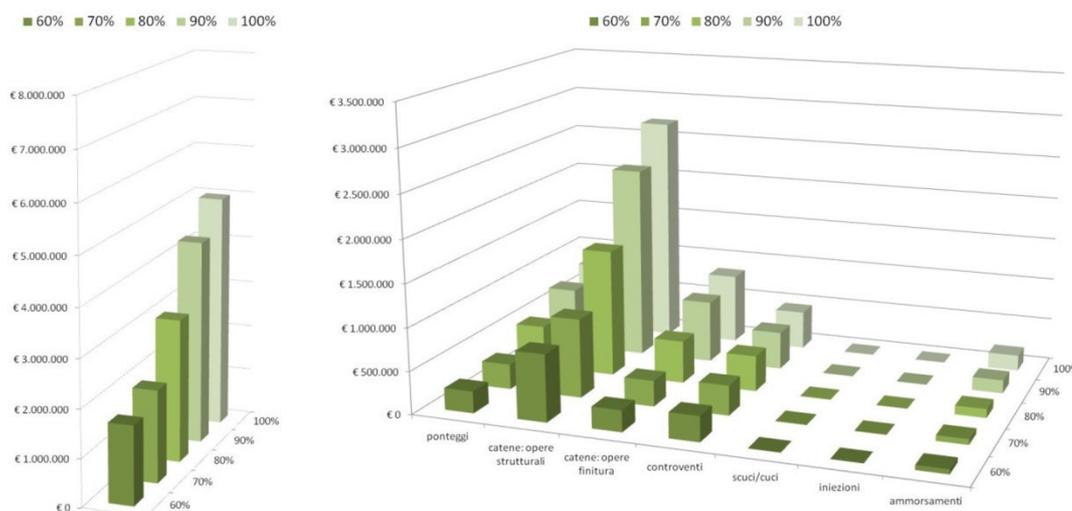


Figura 28 – Grado di completezza 4\_ Grafico a sinistra: asse y: livelli di sicurezza previsti (60% - 100%); asse z: costo complessivo degli interventi attivati. Grafico a destra: asse x: classi di attività; asse y: livelli di sicurezza previsti; asse z: costo degli interventi attivati per classe di attività

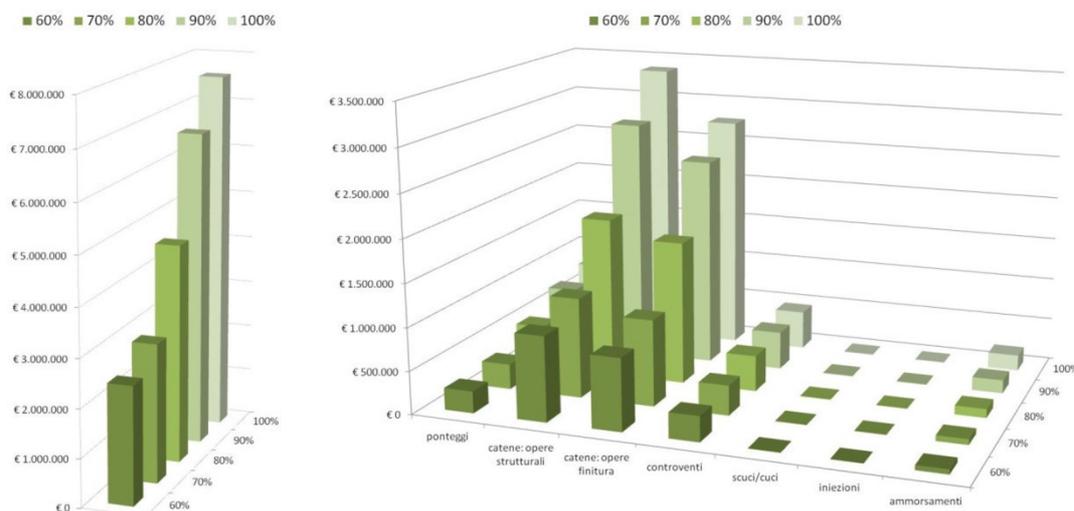


Figura 29 – Grado di completezza 5\_ Grafico a sinistra: asse y: livelli di sicurezza previsti (60% - 100%); asse z: costo complessivo degli interventi attivati. Grafico a destra: asse x: classi di attività; asse y: livelli di sicurezza previsti; asse z: costo degli interventi attivati per classe di attività

#### 4. Variazione dei costi totali per aggregato

Le elaborazioni di questa sezione forniscono, per mezzo della rappresentazione del costo degli interventi (asse delle ordinate) una misura della diversa combinazione di consistenza, vulnerabilità e prezzi unitari delle opere elementari, la prima rappresentata dall'altezza media dei cinque istogrammi dei diversi aggregati (disposti lungo l'asse delle ordinate), la seconda rappresentata dall'entità della variazione del numero di interventi al crescere del livello di sicurezza, la terza rinvenibile da confronto tra le altezze medie degli istogrammi rappresentati il numero di interventi e quelle degli istogrammi rappresentati i costi.

A titolo esemplificativo, si noti come negli aggregati minori, 02, 03, 04, 09 ecc. la differenza di costo tra i diversi livelli di sicurezza è trascurabile, mentre invece cresce significativamente negli aggregati più consistenti (05, 14, 15 ecc.), con diversa progressione a seconda del numero (e delle tipologie di vulnerabilità) di unità architettoniche e di facciata. L'incremento del grado di completezza non fa che ampliare proporzionalmente le differenze tra aggregati e tra livelli di sicurezza.

Confrontando, infine, numero di interventi e costi si notano casi in cui le proporzioni tra aggregati variano significativamente, come nel caso degli aggregati 21 e 22, molto simili per altezza media quanto a numero di interventi ma non quanto a costi.

Anche qui, è da notare che mentre nell'elaborazione per interventi, le Figure 23 e 24 risultano uguali in quanto nelle due ipotesi più complete (gradi di completezza 4 e 5) gli interventi si attivano tutti, nella elaborazione per costi tra le corrispondenti Figure 33 e 34 anche in questo caso i costi differiscono significativamente riproducendosi la differenza tra le due strategie (completezza 4 e 5) che, come si vede nella tabella di Figura 9, prevede che gli interventi di finitura della strategia con grado di completezza 4, ancorché si realizzino di fatto, vengono realizzati in parte, cioè per una percentuale del 30%; questa è la percentuale delle spese relative alle opere di finitura che, previo accordo tra amministrazione e proprietari, saranno sostenute dal soggetto pubblico.

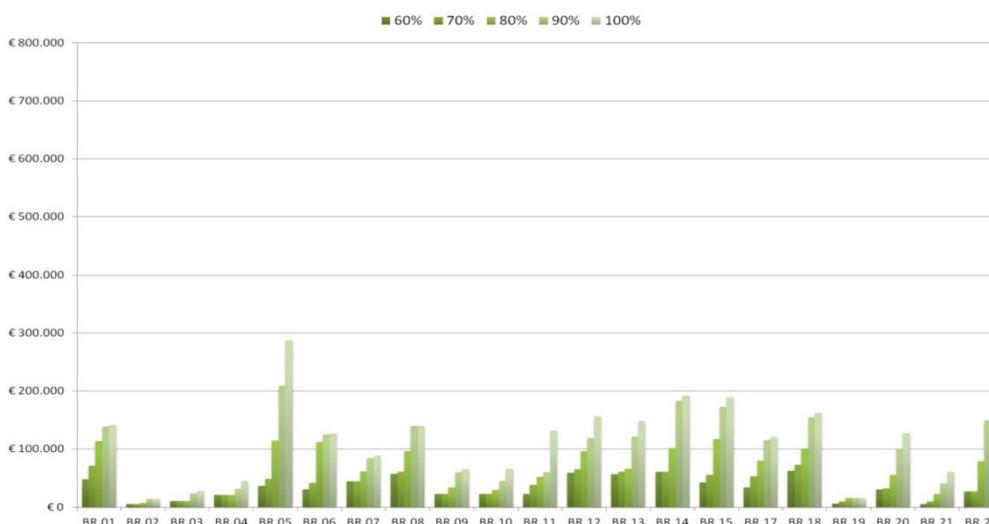


Figura 30 – Grado di completezza 1\_ In ascissa: aggregati del centro storico; in ordinata: costo totale degli interventi attivati per aggregato per ciascuno dei 5 livelli di sicurezza previsti (60% - 100%)

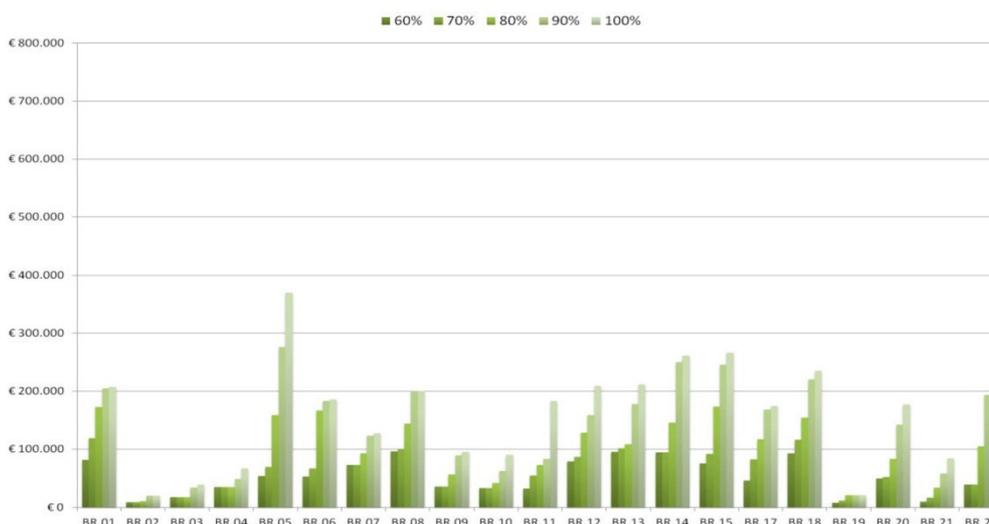


Figura 31 – Grado di completezza 2\_ In ascissa: aggregati del centro storico; in ordinata: costo totale degli interventi attivati per aggregato per ciascuno dei 5 livelli di sicurezza previsti (60% - 100%)

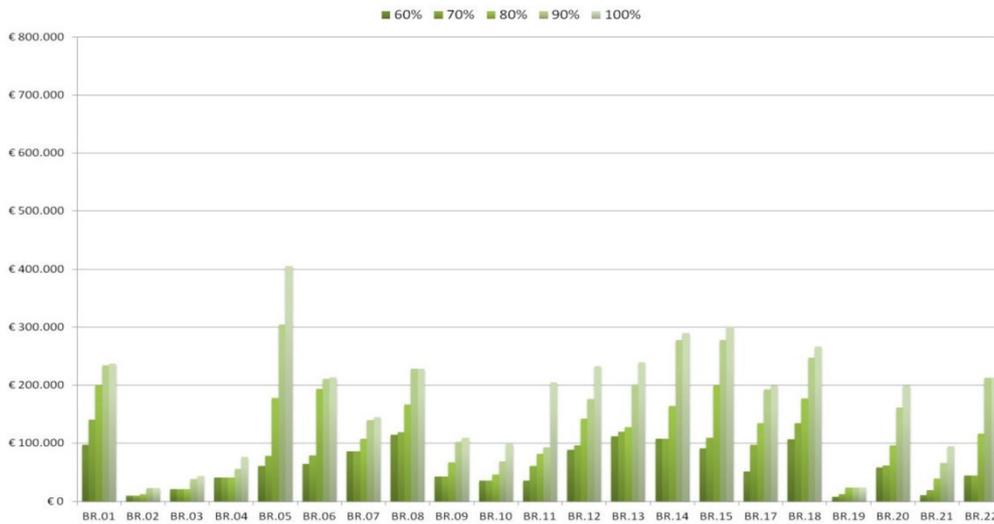


Figura 32 – Grado di completezza 3\_ In ascissa: aggregati del centro storico; in ordinata: costo totale degli interventi attivati per aggregato per ciascuno dei 5 livelli di sicurezza previsti (60% - 100%)

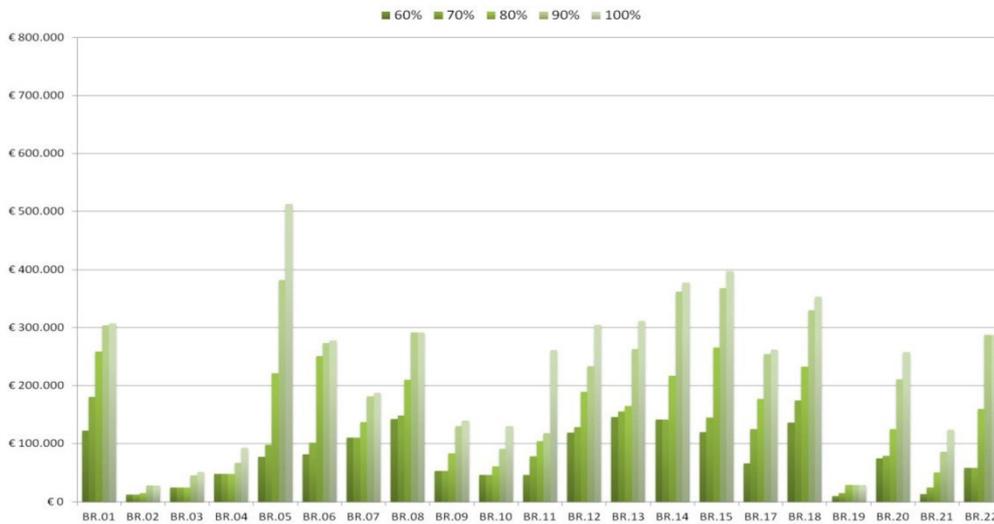


Figura 33– Grado di completezza 4\_ In ascissa: aggregati del centro storico; in ordinata: costo totale degli interventi attivati per aggregato per ciascuno dei 5 livelli di sicurezza previsti (60% - 100%)

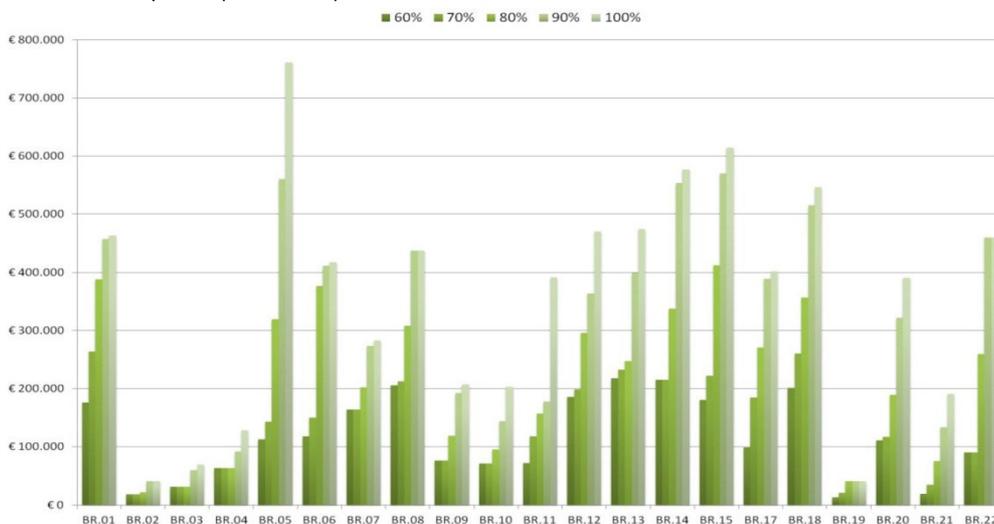


Figura 34 – Grado di completezza 5\_ In ascissa: aggregati del centro storico; in ordinata: costo totale degli interventi attivati per aggregato per ciascuno dei 5 livelli di sicurezza previsti (60% - 100%)

## Aggregati inclusi nell'area CLE

Analoghe e corrispondenti considerazioni è possibile fare quanto all'ambito degli aggregati inclusi nell'area CLE, e che qui si omettono in quanto ne riproducono a scala ridotta il senso.

### 1. Variazione del numero complessivo di interventi

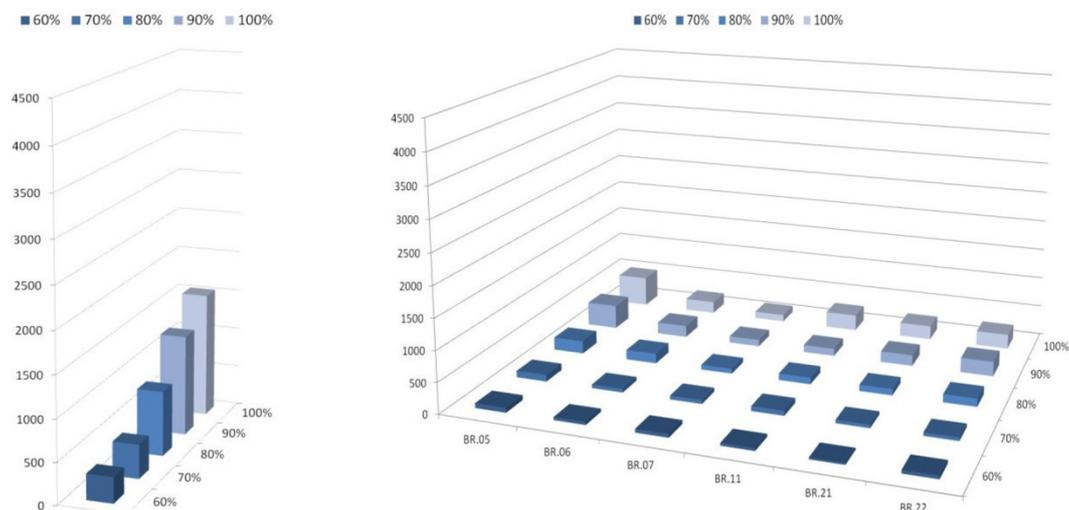


Figura 35 – Grado di completezza 1\_ Grafico a sinistra: asse y: livelli di sicurezza previsti (60% - 100%); asse z: numero complessivo di interventi attivati (1-4.500). Grafico a destra: asse x: aggregati inclusi nella CLE; asse y: livelli di sicurezza previsti; asse z: numero di interventi attivati per aggregato

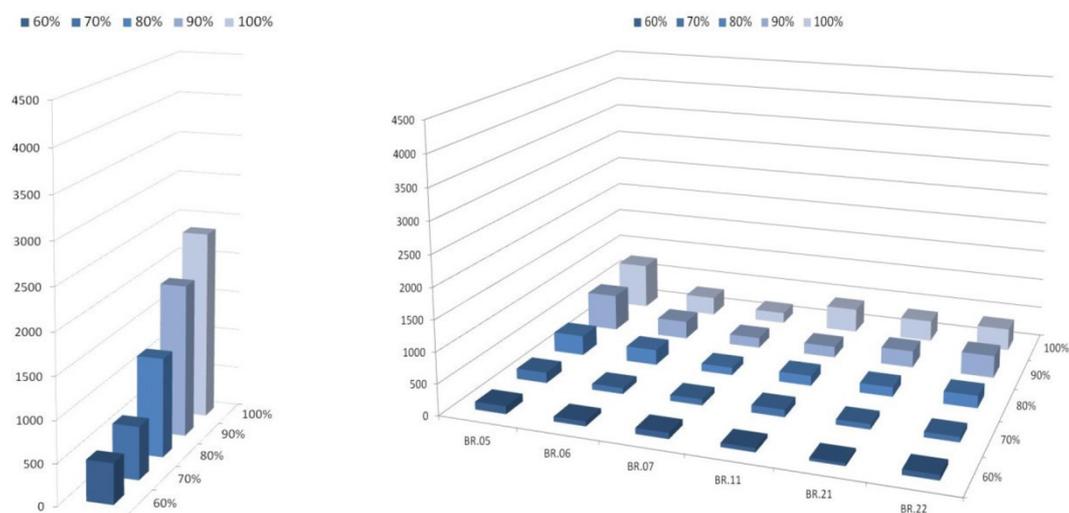


Figura 36 – Grado di completezza 2\_ Grafico a sinistra: asse y: livelli di sicurezza previsti (60% - 100%); asse z: numero complessivo di interventi attivati (1-4.500). Grafico a destra: asse x: aggregati inclusi nella CLE; asse y: livelli di sicurezza previsti; asse z: numero di interventi attivati per aggregato

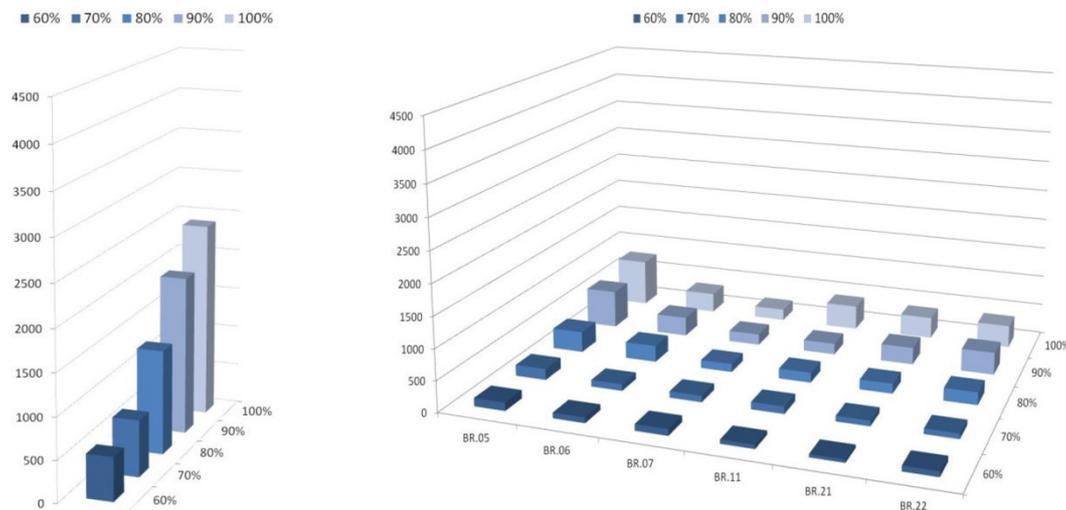


Figura 37 – Grado di completezza 3\_ Grafico a sinistra: asse y: livelli di sicurezza previsti (60% - 100%); asse z: numero complessivo di interventi attivati (1-4.500). Grafico a destra: asse x: aggregati inclusi nella CLE; asse y: livelli di sicurezza previsti; asse z: numero di interventi attivati per aggregato

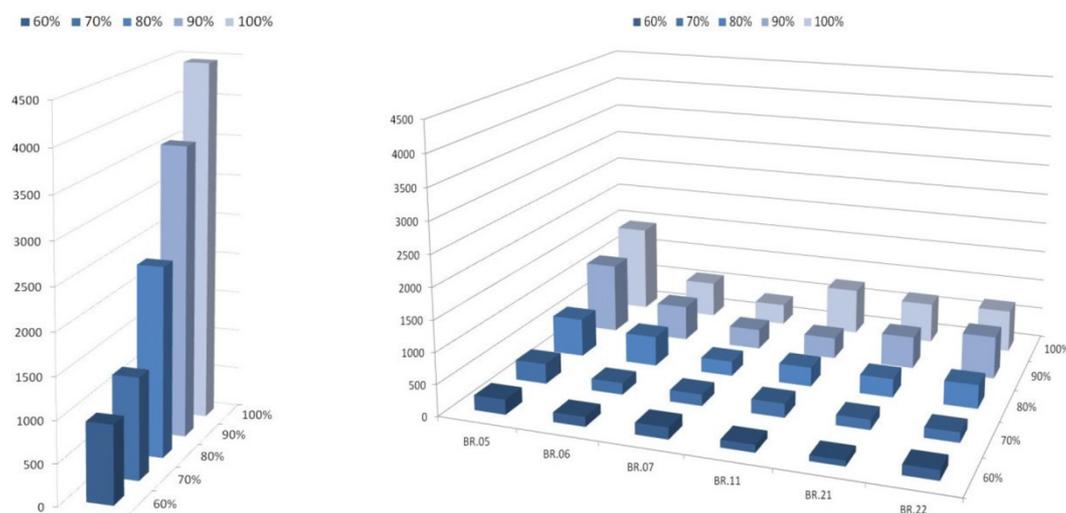


Figura 38 – Grado di completezza 4\_ Grafico a sinistra: asse y: livelli di sicurezza previsti (60% - 100%); asse z: numero complessivo di interventi attivati (1-4.500). Grafico a destra: asse x: aggregati inclusi nella CLE; asse y: livelli di sicurezza previsti; asse z: numero di interventi attivati per aggregato

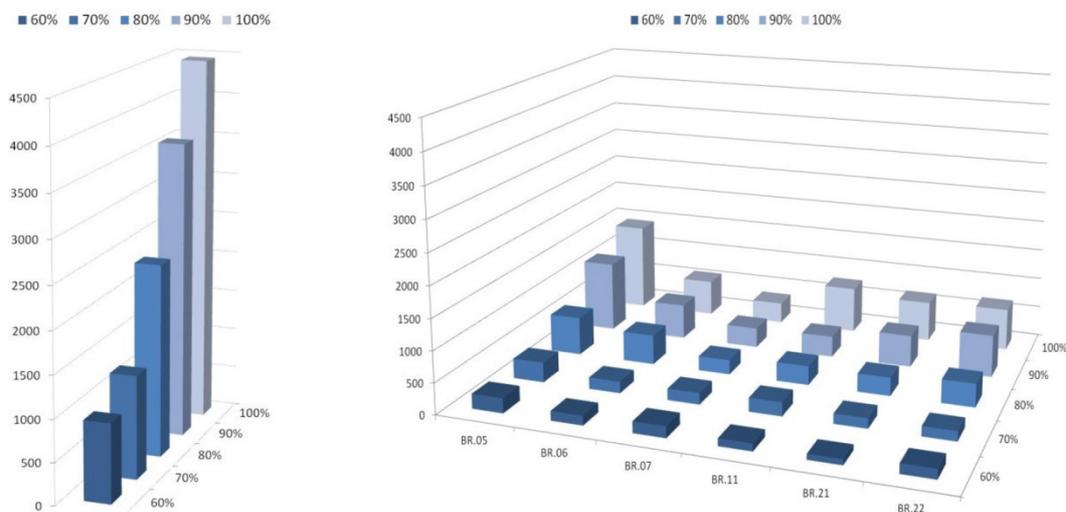


Figura 39 – Grado di completezza 5\_ Grafico a sinistra: asse y: livelli di sicurezza previsti (60% - 100%); asse z: n. complessivo di interventi attivati (1-4.500). Grafico a destra: asse x: aggregati inclusi nella CLE; asse y: livelli di sicurezza previsti; asse z: n. di interventi attivati per aggregato

## 2. Variazione dei costi complessivi

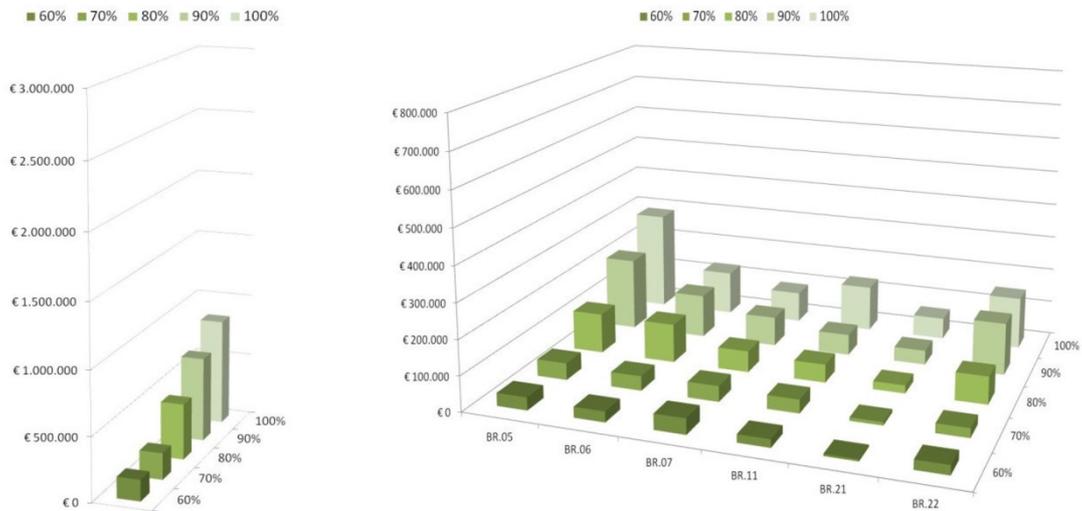


Figura 40 – Grado di completezza 1\_ Grafico a sinistra: asse y: livelli di sicurezza previsti (60% - 100%); asse z: costo complessivo degli interventi attivati. Grafico a destra: asse x: aggregati inclusi nella CLE; asse y: livelli di sicurezza previsti; asse z: costo degli interventi attivati per aggregato

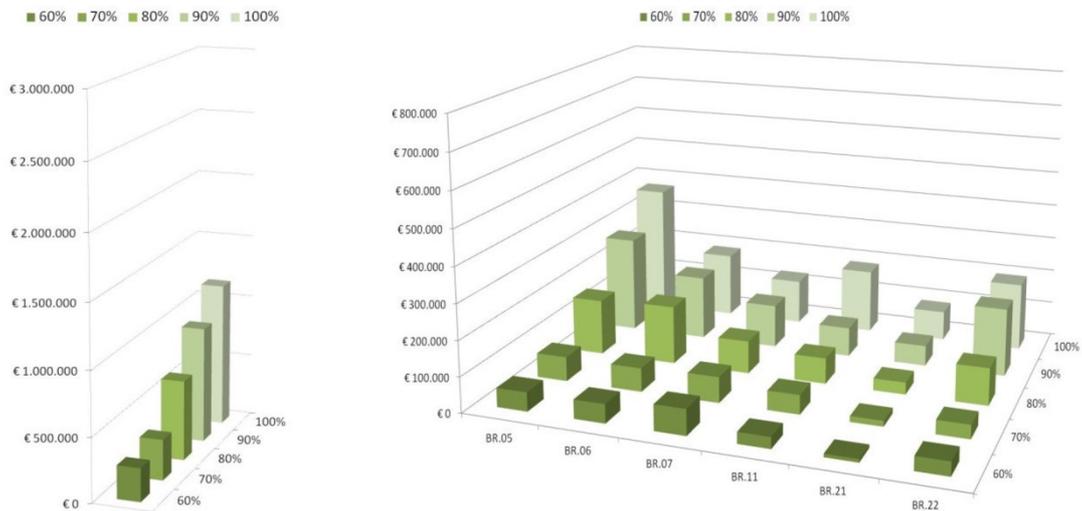


Figura 41 – Grado di completezza 2\_ Grafico a sinistra: asse y: livelli di sicurezza previsti (60% - 100%); asse z: costo complessivo degli interventi attivati. Grafico a destra: asse x: aggregati inclusi nella CLE; asse y: livelli di sicurezza previsti; asse z: costo degli interventi attivati per aggregato

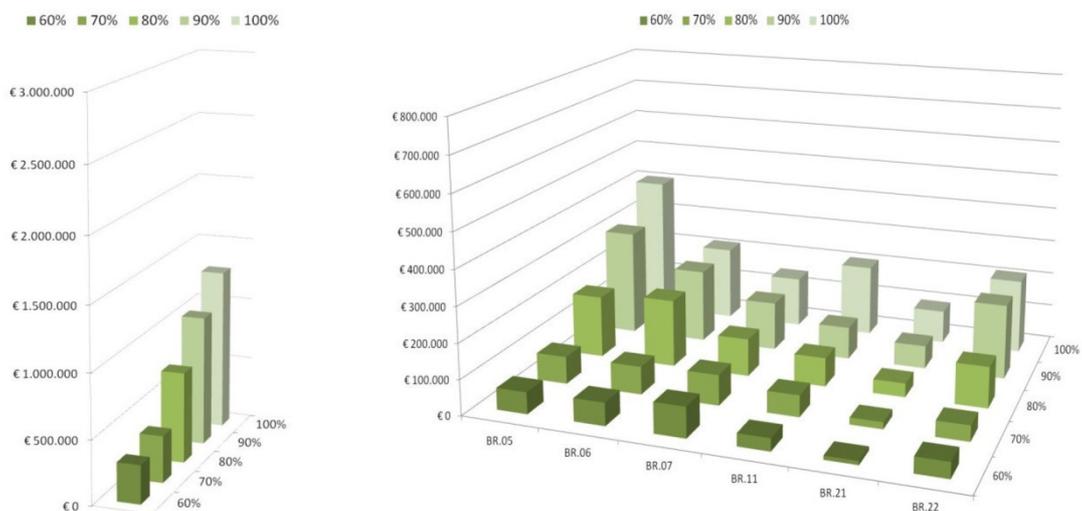


Figura 42 – Grado di completezza 3\_ Grafico a sinistra: asse y: livelli di sicurezza previsti (60% - 100%); asse z: costo complessivo degli interventi attivati. Grafico a destra: asse x: aggregati inclusi nella CLE; asse y: livelli di sicurezza previsti; asse z: costo degli interventi attivati per aggregato

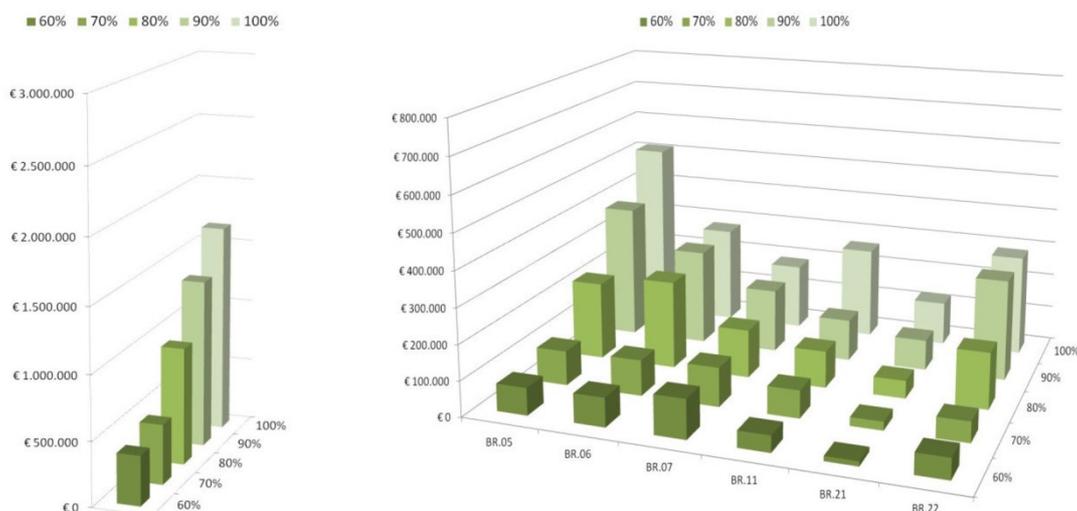


Figura 43 – Grado di completezza 4\_ Grafico a sinistra: asse y: livelli di sicurezza previsti (60% - 100%); asse z: costo complessivo degli interventi attivati. Grafico a destra: asse x: aggregati inclusi nella CLE; asse y: livelli di sicurezza previsti; asse z: costo degli interventi attivati per aggregato

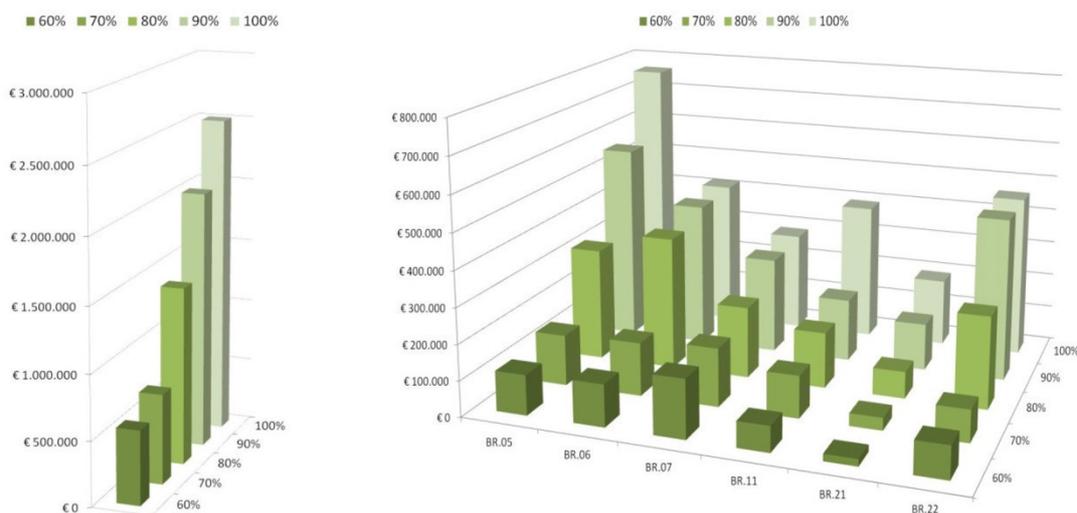


Figura 44 – Grado di completezza 5\_ Grafico a sinistra: asse y: livelli di sicurezza previsti (60% - 100%); asse z: costo complessivo degli interventi attivati. Grafico a destra: asse x: aggregati inclusi nella CLE; asse y: livelli di sicurezza previsti; asse z: costo degli interventi attivati per aggregato

## Valutazione economica e formazione di scenari di intervento

Il presente Titolo costituisce il risultato della valutazione economica e formazione di scenari di intervento, **Fase 4** della Convenzione tra l'Unione dei Comuni della Romagna Faentina e l'Università degli Studi di Catania - Dipartimento di Ingegneria Civile e Architettura (DICAr) per lo svolgimento in collaborazione di un progetto di ricerca in materia di vulnerabilità sismica degli aggregati edilizi nei centri storici di Brisighella, Casola Valsenio, Castel Bolognese, Riolo Terme e Solarolo

### Gruppo di lavoro analisi di vulnerabilità urbana di primo livello:

Caterina F. Carocci, Salvatore Giuffrida (Responsabili scientifici)  
Chiara Circo, Margherita Giuffrè, Luciano A. Scuderi (Gruppo di lavoro)