Dalla SUM alla CLE: strategie di prevenzione del rischio sismico

Flavia Sinisi *

Abstract

After 10 years the city of L'Aquila lives an unresolved political and economic crisis. This condition imposes to deal with the issue of post – earthquake recostruction with an interdisciplinary approach. The methodology is based on the consideration of the impossibility to ensure the protection of the whole urban settlement and it proposes strategies to help the public administration to make right decisions to cope with the emergency and to recover the initial living standards after the event.

Parole chiave: Terremoto, città, emergenza, resilienza, identità.
Keywords: Earthquake, city, emergency, resilience, identity.

In Italia, dopo il terremoto dell'Irpinia del 1980, è emersa la consapevolezza che la protezione della città dagli effetti di un evento sismico non si può limitare all'adeguamento dei manufatti edilizi, piuttosto la prevenzione dei terremoti dovrebbe assumere una visione di insieme, che non consiste nella sommatoria dei danni subiti dagli edifici, bensì da tutti quegli elementi che compongono il sistema urbano (funzioni, spazi, reti) senza i quali la città collasserebbe. Una buona politica di prevenzione urbanistica del rischio seleziona la struttura minima dell'intero sistema urbano che deve resistere e rimanere funzionale in seguito ad un terremoto. Tale approccio, se inserito negli strumenti ordinari di pianificazione urbanistica consentirebbe di modulare gli interventi e programmare le risorse, vista l'impossibilità di proteggere l'intero insediamento a causa dei tempi eccessivamente lunghi e dei costi che Comuni ed Enti Locali non possono affrontare.

L'obiettivo è individuare una *Struttura Urbana Minima* (Fabietti, 1999) in grado di rendere un centro storico preparato ad affrontare, ai fini dell'emergenza, un evento sismico, di rispondere alla domanda di sicurezza e incolumità dei cittadini, di garantire la funzionalità di "*cosa deve*

resistere comunque" per la ripresa e il mantenimento dell'ordinarietà e di salvaguardare gli elementi identitari per la popolazione e per la ripresa della vivibilità collettiva del luogo.

L'applicazione della proposta metodologica è ricaduta su un'area "bersaglio" (fig. 1) del centro storico di L'Aquila, nel quarto San Giovanni, caratterizzata da un'interessante gerarchia stradale, dalla presenza di aree libere, intercluse e di margine, e di edifici contenitori di attività diversificate. Il carattere di eterogeneità è ritenuto un parametro fondamentale per una schematizzazione gerarchica dei componenti urbani.

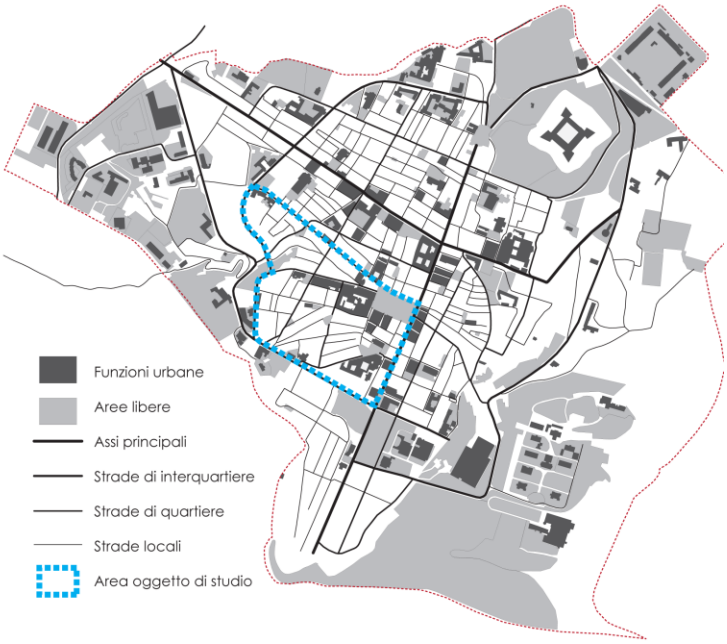

Fig. 1 Area "bersaglio"

Gli elementi che compongono la Struttura Urbana Minima (fig. 2) sono stati scelti in base al ruolo strategico che assumono nella vita ordinaria della città. Ne fanno parte quindi non solo edifici che ospitano funzioni strategiche per l'*emergenza* (Palazzo del Governo, forze dell'Ordine, etc.), ma anche strutture che ospitano contemporaneamente attività collettive, commerciali, residenziali e che rappresentano *valori storico – architettonici* e *identitari* della comunità e della riconoscibilità urbana. Analoghe considerazioni vengono fatte sui sistemi di comunicazione e mobilità, sui sistemi di adduzione e sugli spazi aperti. Tutte queste componenti assumono un ruolo rilevante sia per la sicurezza in fase emergenziale sia per quella post sismica (si pensi, ad esempio, alle vie di fuga, ai luoghi di raccolta, agli spazi sicuri da destinare all'istallazione di abitazioni e fabbricati provvisori, etc.).

Il metodo della SUM, dunque, non costituisce un criterio di valutazione di tutti gli elementi che compongono l'organismo urbano, di cui, in un momento successivo, sarà applicata una selezione, piuttosto si colloca a priori, individuando sin dall'inizio gli elementi su cui indirizzare le valutazioni e gli interventi per garantire le prestazioni suddette.

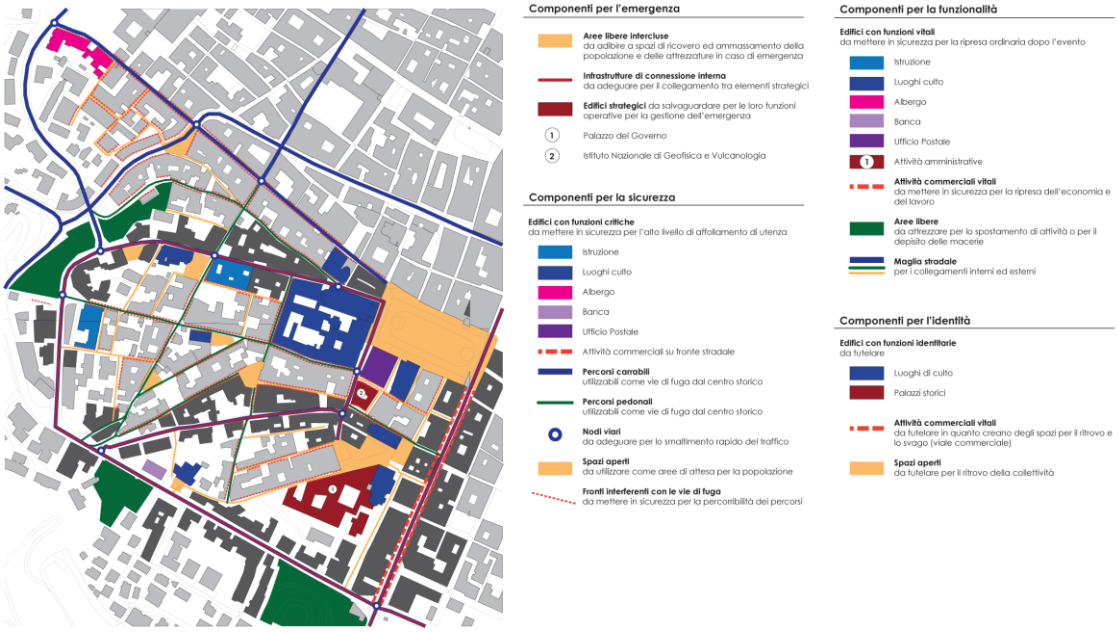

Fig. 2 Struttura Urbana Minima

Gli obiettivi di riqualificazione e messa in sicurezza sono strettamente connesse e permeano le azioni progettuali previste nel *Progetto Pilota* (fig. 3), elaborato nello stesso contesto, da adottare per rispettare tale dualismo e apportare benefici sia durante un evento "*straordinario*", sia nella dimensione dell'*ordinarietà*.

Gli interventi strutturali sono schematizzati in:

- Opere sugli edifici;
- Opere sulle infrastrutture;
- Opere sugli spazi di relazione.

Per il sistema delle quinte architettoniche che si affacciano sul sistema delle connessioni è prevista l'eliminazione di superfetazioni precarie non solidali dal punto di vista strutturale, nonché la messa in sicurezza degli elementi aggettanti (balconi, cornicioni, coperture a rischio scivolamento, etc.), che aumentano la vulnerabilità dei luoghi e alterano l'immagine dell'insediamento storico consolidato. In particolare per gli edifici strategici (Palazzo del governo

e sede INGV) e gli edifici “critici” di rilevante interesse (sede universitaria, scuola, chiese, hotel, commercio al minuto, servizi al cittadino) si prevedono interventi di ristrutturazione edilizia per garantire, anche a terremoto raro e di forte intensità, la funzionalità e il mantenimento dei manufatti.

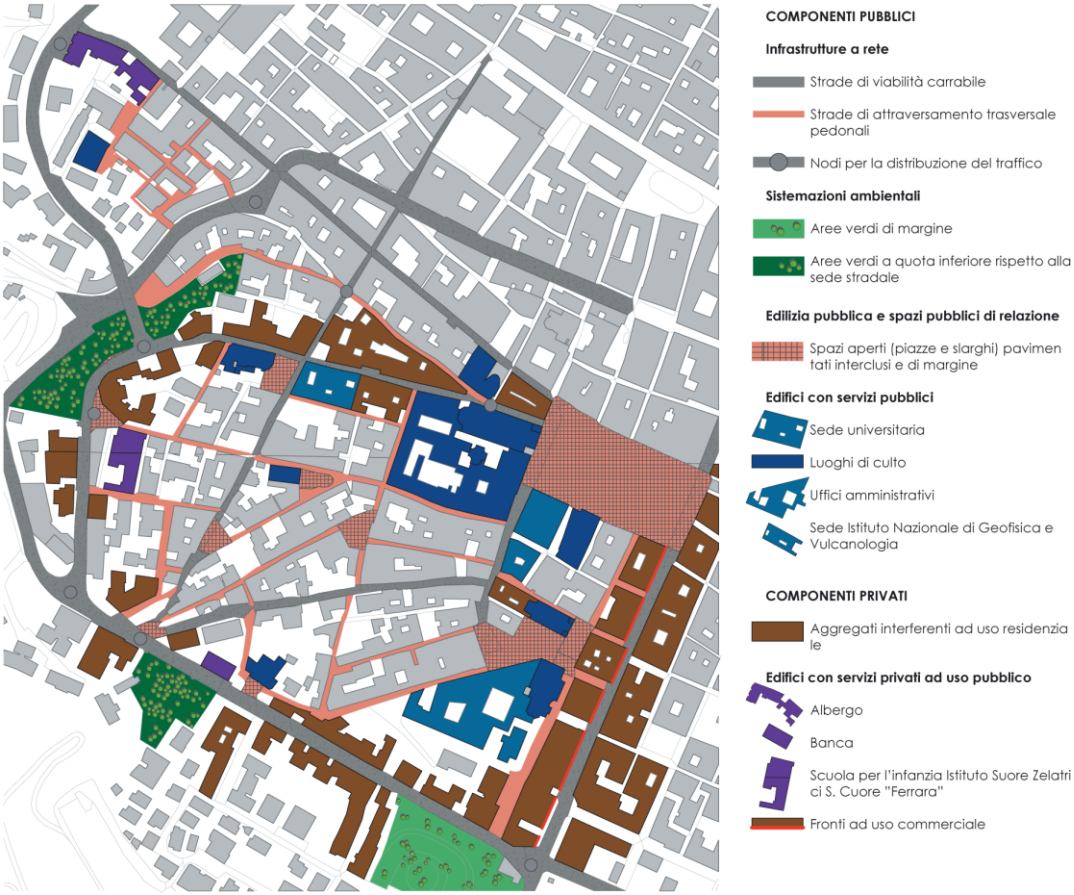

Fig. 3 Progetto Pilota

Sul sistema infrastrutturale, i caratteri della morfologia del sito, definito da discontinuità di vario genere, hanno orientato le scelte inevitabilmente su interventi orientati alla risagomatura delle pavimentazioni, al miglioramento del sistema di convogliamento e smaltimento delle acque meteoriche, alla sistemazione di arredi, nuova segnaletica ed illuminazione. In questa direzione la riqualificazione delle infrastrutture assicura l’accessibilità a spazi sicuri, esaltando l’importanza culturale dell’insediamento, la ripresa delle attività commerciali e degli usi legati soprattutto alla ricettività e al tempo libero e costituendo via di fuga pedonali e carrabili per raggiungere facilmente spazi liberi interni ed esterni l’insediamento.

Per spazi liberi interni si intendono non solo piazze che creano centralità importanti, ma anche quei piccoli spazi di relazione, come piazzette, slarghi e cortili, dove la sfera pubblica si fonde con

quella privata. Analogamente alle strade, anche per gli spazi pavimentati pubblici interclusi sono previsti interventi di ristrutturazione (creazione di situazioni di sicurezza) e di riqualificazione, eliminando elementi di degrado e intralcio alla sicurezza e al comfort.
Gli spazi liberi al margine dell'insediamento, costituiti prevalentemente da aree verdi, sono interpretati come una grande potenzialità non solo per un recupero complessivo della qualità urbana attraverso l'inserimento di attrezzature per la sosta e lo scambio intermodale e strutture minimali atte ad ospitare attività commericiali, informative, ricreative, etc., ma anche per renderle, in fase di emergenza, aree di attesa sicure, aree di ricovero multifunzionali o di ammassamento temporaneo.

La Struttura Urbana Minima, essendo un sistema essenziale, aiuta a sistematizzare gli interventi previsti nel Progetto Pilota, ma allo stesso tempo richiede un'ulteriore gerarchia di priorità tra tutti gli elementi che ne fanno parte, accettando la perdita di funzionalità di alcuni di essi. Questa progressiva "*complessificazione*" della SUM, da una forma più semplice che comprenda pochi elementi su cui intervenire, fino a una più complessa, si destruttura nelle cosiddette *Condizioni Limite degli insediamenti*, ad ognuna della quali corrispondono prestazioni dei sistemi urbani a cui l'Amministrazione deve mirare.

Le Norme Tecniche per le Costruzione emanate nel 2008 introducono il concetto di Stato Limite di un'opera, inteso come condizione che assicura le prestazioni ordinarie dell'edificio, ma il cui superamento provoca il danneggiamento reversibile o irreversibile della costruzione che non è più in grado di soddisfare le esigenze per le quali è stata progettata.

Come gli edifici, anche gli insediamenti presentano delle prestazioni funzionali ordinarie che possono venire meno, in tutto o in parte, dopo un sisma. Dagli "stati limite" si passa alle "Condizioni limite", attraverso le quali si valutano le prestazione attuali di un insediamento urbano e quelle che si vogliono garantire con azioni di prevenzione adatte. Le suddette *prestazioni funzionali* che compongono l'organismo urbano vengono suddivise in quattro sistemi:

- sistema dell'emergenza;
- sistema di "rilevante interesse";
- sistema per la ripresa;
- sistema dell'ordinarietà.

Le Condizioni limite individuate sono:

- *Condizione Limite di Operatività* (CLO);
- *Condizione Limite di Danno* (CLD);
- *Condizione Limite di salvaguardia della Vita* (CLV);
- *Condizione Limite per l'Emergenza* (CLE).

Oltrepassata la Condizione Limite per l'Emergenza, il livello di danneggiamento e di perdita di funzionalità è tale da rendere molto difficile non solo la ripresa, ma anche lo svolgimento di efficaci e tempestive operazioni di soccorso.

La scelta dell'Amministrazione di uno di questi livelli di "complessificazione" dipende fondamentalmente da tre fattori: le proprie disponibilità economiche, i pareri della popolazione e le caratteristiche intrinseche delle strutture. Ad ogni modo l'Amministrazione può intraprendere due strade: scegliere la Condizione limite a prescindere dalle proprie conoscenze e quindi ignorando l'attendibilità delle sue scelte, oppure, consapevole che ogni Condizione consiste in un aumento di prestazioni e quindi il margine di errore potrebbe aumentare, si assicura delle informazioni che ha a propria disposizione per non rischiare di intraprendere interventi effettivamente non realizzabili.

Partendo dalla più semplice, nella CLE (fig. 4) l'insediamento, a seguito del terremoto, subisce danneggiamenti fisici e funzionali tali da condurre alla interruzione di tutte le funzioni urbane presenti, ad eccezione degli elementi strategici per l'emergenza (edifici strategici, aree per l'emergenza, infrastrutture di accessibilità dall'esterno e connessione interna).

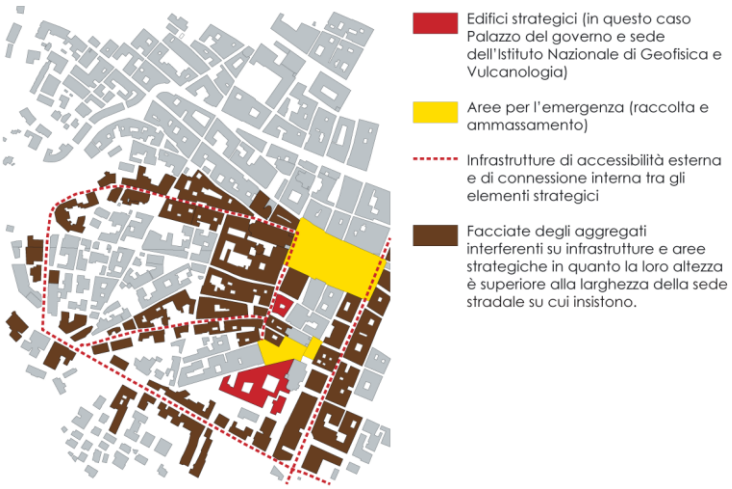

Fig. 4 Condizione Limite per l'Emergenza

La CLV (fig. 5) è quella condizione in cui l'insediamento subisce danni fisici e funzionali tali da condurre all'interruzione delle funzioni urbane presenti, limitandosi a garantire la stabilità dell'edificio per l'incolumità dell'utenza senza poter essere riutilizzato in un momento successivo. L'insediamento conserva la funzionalità della totalità delle funzioni strategiche e delle connessioni per l'emergenza e per il soccorso, a cui si aggiungono le funzioni di "rilevante interesse".

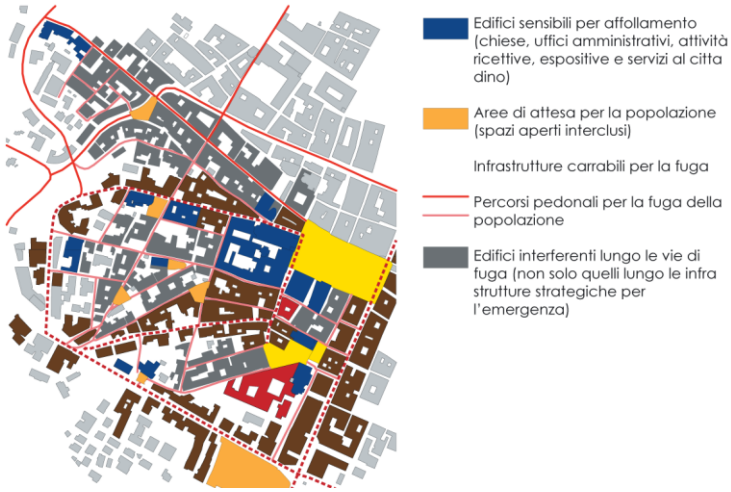

Fig. 5 Condizione Limite di Salvaguardia della Vita

Nella CLD (fig. 6) l'insediamento subisce danni fisici e funzionali tali da garantire la ripresa dell'uso delle funzioni urbane strategiche, delle attività ordinarie, delle connessioni interne al centro urbano e tra il centro urbano e il contesto territoriale, anche se con una riduzione del livello di prestazione. Inoltre viene garantita la stabilità fisica degli edifici interferenti con le infrastrutture, che siano di importanza strategica o di soccorso/fuga della popolazione.

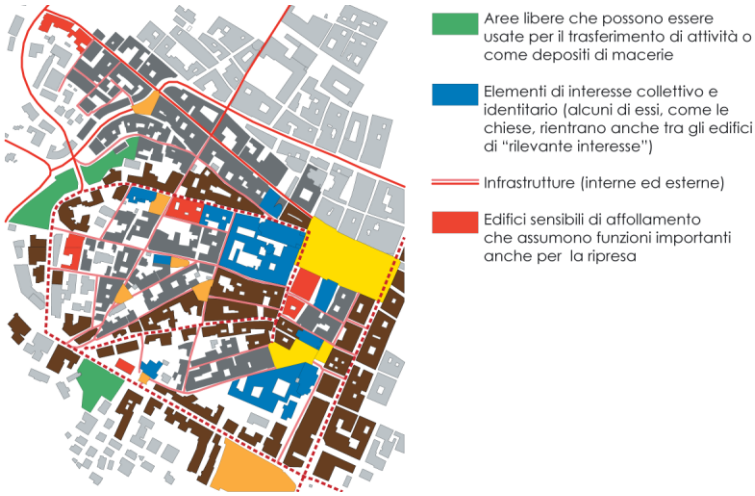

Fig. 6 Condizione Limite di Danno

Infine, nella CLO (fig. 7) l'insediamento nel suo complesso non subisce danni fisici o interruzioni d'uso significative. In particolare sono assicurate la permanenza e l'efficienza delle funzioni pubbliche e private, delle vie di comunicazione e delle reti tecnologiche, delle attività economiche e il mantenimento della funzione residenziale.

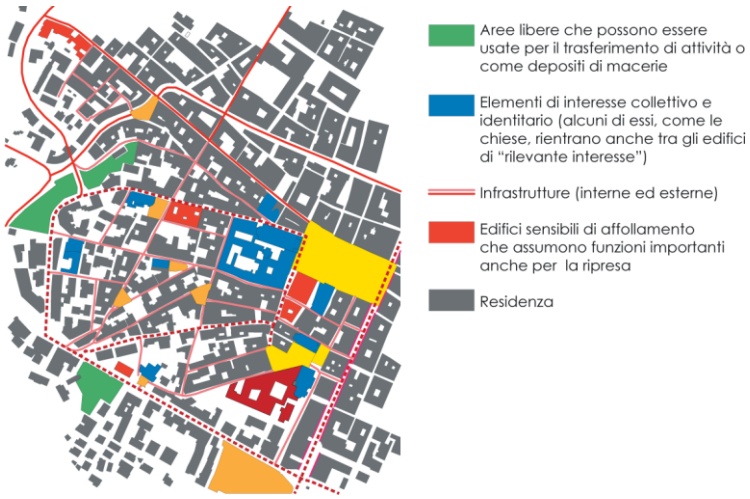

Fig. 7 Condizione Limite di Ordinarietà

A monte della scelta della Condizione limite di riferimento sta la *valutazione di vulnerabilità* dei componenti, essa indica "*cosa si rovina per prima*" e di conseguenza facilita le scelte future. La vulnerabilità è un parametro che restituisce l'attitudine al danno sismico di un elemento, è dato dal rapporto e interazione tra *tipologia* (caratteristiche strutturali e dei materiali da costruzione di un edificio, oppure indagini sulle fondazioni), *pericolosità* (studi di microzonazione sismica) e *funzione* (destinazione d'uso del manufatto, il suo ruolo, la sua criticità o meno rispetto al grado di affollamento e agli effetti sull'ambiente naturale, etc.) e permette di stabilire urgenza, necessità e peso degli interventi di prevenzione sismica.

L'approccio più diffuso nel campo delle valutazioni speditive è il *metodo empirico*, nel quale la vulnerabilità viene identificata tramite l'osservazione del danno subito da edifici con determinate caratteristiche in occasione di terremoti passati.

Gli edifici con lo stesso comportamento vengono identificati tramire la definizione di sei classi di vulnerabilità (dalla A alla F) relativamente alla scala *EMS – 98* (Grunthal 1998) che distingue le costruzioni in funzione del materiale strutturale: muratura, calcestruzzo armato, acciaio e legno.

Per ciascuna classe di vulnerabilità vengono attribuiti cinque livelli di danno:

1 – danno trascurabile o lieve;

2 – danno moderato;

3 – danno grave;

4 – danno molto grave;

5 – distruzione.

Questi, messi in relazione all'intensità macrosismica (dalla V alla XII), danno forma alle *Matrici di Danno* che restituiscono la percentuale di edifici, su una quantità totale rilevata, che potrebbe subire un danno da 1 a 5 per ogni classe di vulnerabilità a terremoti di tutte le intensità (fig. 8).

Dk / I	0	1	2	3	4	5
V		Few A or B				
VI		Many A or B, Few C	Few A or B			
VII			Many B, Few C	Many A, Few B	Few A	
VIII			Many C, Few D	Many B, Few C	Many A, Few B	Few A
IX			Many D, Few E	Many C, Few D	Many B, Few C	Many A, Few B
X			Many E, Few F	Many D, Few E	Many C, Few D	Most A, Many B, Few C
XI			Many F	Many E, Few F	Most C, Many D, Few E	Most B, Many C, Few D
XII						All A or B, Nearly All C, Most D or E or F

Fig. 8 Matrice di danno

Applicando le frequenze linguistiche della Matrice di Danno alla configurazione di ciascuna Condizione limite (numero di edifici considerati, classe di vulnerabilità di ciascun edificio e soglia del livello di danno ammesso per ogni singolo edificio in funzione del ruolo che assume nella condizione limite considerata), sono state costruite le *curve di fragilità*, funzioni matematiche che espromono la percentuale di probabilità che una Condizione limite, con le sue caratteristiche intrinseche, superi un preciso livello di danno ad ogni intensità di terremoto (espressa in scala Mercalli) come conseguenza del comportamento di insieme dei suoi componenti.

La modellazione dei dati permette di ricavare le curve delle quattro Condizioni limite allo stato attuale del sistema e allo stato di progetto, nell'ipotesi che un intervento di miglioramento su un componente del sistema corrisponda, per semplicità, al passaggio alla classe di vulnerabilità immediatamente migliore (meno vulnerabile). Il grafico seguente mostra il confronto della curve di fragilità di ogni Condizione limite, con e senza interventi:

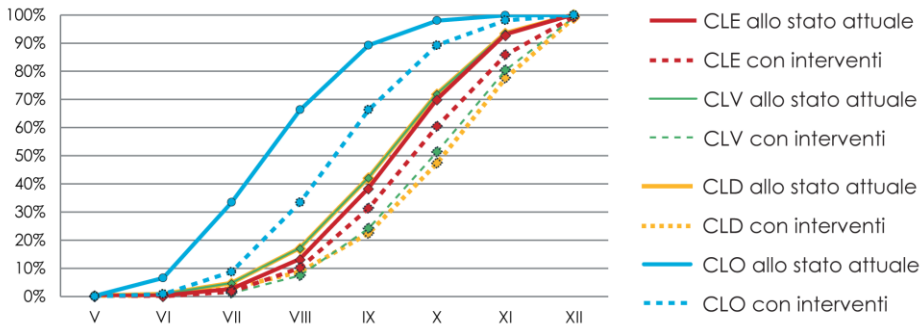

FIg. 9 Curve di fragilità

Si può notare che nelle Condizioni limite in cui vengono selezionati un numero ridotto di elementi, ai quali vengono riservati interventi più o meno consistenti (mirati all'operatività e alla resistenza al crollo), la probabilità che superino la soglia di danno ammessa è inferiore ad intensità di terremoto più alte, rispetto alla CLO, le cui curve si collocano in una posizione più arretrata rispetto alle altre poiché, all'aumentare degli elementi considerati diminuisce l'entità degli interventi, provocando la perdita di funzionalità richiesta a intensità di sisma minori. Le curve di fragilità delle Condizioni limite forniscono alle Amministrazioni locali *scenari di vulnerabilità* dei sistemi, sarà loro cura scegliere di migliorare il sistema complessificando la SUM, ordinando gli interventi in base al susseguirsi delle Condizioni limite e alle priorità che per definizione richiedono. In termini di pianificazione urbana la "semplice" individuazione degli elementi da considerare per la valutazione rappresenta un passaggio non banale, soprattutto nei casi, come questo nel capoluogo aquilano, in cui gli strumenti urbanistici e i piani di emergenza non forniscono informazioni relative a edifici strategici, alla rete dei percorsi per l'emergenza e per fuga, agli edifici sensibili. Queste decisioni sono di fondamentale importanza per impostare politiche di prevenzione di rilevanza urbanistica.

Bibliografia

Fabietti V., a cura di (1999), *Vulnerabilità e trasformazione dello spazio urbano*. Bologna: Alinea Editrice.
Pavia R., Massacesi F. (2012). *Ricostruire L'Aquila*. Pescara: Sala Editori
Bramerini F., Cavinato G. P., Fabietti V., a cura di (2013). *Strategie di mitigazione del rischio sismico e pianificazione - CLE: Condizione Limite per l'Emergenza*. Roma: Urbanistica Dossier, N.130/2013
Biondi S., Fabietti V., Vanzi I. (2016). *Modelli di valutazione per la vulnerabilità sismica urbana*. Roma: In *Urbanistica* N.147/2016. pp.89-99
Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici (2011). *Linee Guida per gli insediamenti storici.*
Giovinazzi S., Lagomarsino S. (2001)., *Una metodologia per l'analisi della vulnerabilità del costruito*. Potenza - Matera: X Congresso Nazionale "L'ingegneria sismica in Italia".

*Architetto Urbanista