

# Regolamento Urbanistico ed Edilizio (RUE)

Comune di Faenza

**RUE 2014**

L.R. 24 marzo 2000, n. 20 e s.m.i. - *"Disciplina generale sulla tutela e l'uso del territorio"*

A.1

 RUE\_ALLEGATI

## IL PIANO REGOLATORE DELLA SISMICITA'

---

Adottato con atto di Consiglio dell'Unione della Romagna Faentina n. 30 del 21.07.2014

Approvato con atto di Consiglio dell'Unione della Romagna Faentina n. 11 del 31.03.2005

---

SINDACO DI FAENZA  
Giovanni Malpezzi

ASSESSORE ALLE POLITICHE TERRITORIALI  
Matteo Mammini

SINDACO DI CASTEL BOLOGNESE  
Daniele Meluzzi

SINDACO DI BRISIGHELLA  
Davide Missiroli

PROGETTO  
Ennio Nonni

SINDACO DI RIOLO TERME  
Alfonso Nicolardi

SINDACO DI CASOLA VALSENO  
Nicola Iseppi



SINDACO DI SOLAROLO  
Fabio Anconelli



Alla redazione del Regolamento Urbanistico ed Edilizio (RUE) del Comune di Faenza hanno partecipato

**Progetto generale**

Ennio Nonni

**Gruppo di progettazione**

Daniele Babalini  
Federica Drei  
Lucia Marchetti  
Devis Sbarzaglia

**Sistema Informativo Territoriale**

Antonello Impellizzeri

**Elaborazioni**

Cinzia Neri  
Daniele Bernabei

**Aspetti normativi**

Lucio Angelini  
Roberta Darchini

**Procedimento**

Mauro Benericetti  
Tiziana Piancastelli

**Aspetti giuridici**

Deanna Bellini

**Aspetti turistici e statistici**

Claudio Facchini  
Simonetta Torroni

**Aspetti commerciali comunali**

Maurizio Marani

**Aspetti agronomici e forestali**

Luca Catani  
Alvaro Pederzoli

**Aspetti geologici**

Alessandro Poggiali

**Sistema insediativo storico**

Silvia Laghi  
Andrea Gamberini  
Stefano Saviotti

**Archeologia territoriale**

*Soprintendenza Archeologica Regione Emilia-Romagna*  
Chiara Guarnieri  
Claudia Tempesta

**Aziende a rischio di incidente rilevante**

Daniele Bernabei  
Massimo Donati

**Valutazione ambientale**

*Università di Bologna - Dipartimento di Architettura*  
Simona Tondelli (responsabile scientifico)  
Elisa Conticelli  
Stefania Proli  
Stefano Fatone

**Condizione Limite per l'Emergenza**

Analisi sperimentali condotte in collaborazione con  
Dipartimento Protezione Civile e Regione Emilia-Romagna

**Vulnerabilità sismica dell'insediamento urbano e scenari di danno**

Analisi sperimentali condotte in collaborazione con  
Dipartimento Protezione Civile e Regione Emilia-Romagna

**Vulnerabilità sismica del centro storico**

*Università degli Studi di Catania*  
Caterina Carocci (responsabile scientifico)  
Cesare Tocci  
Zaira Barone - Pietro Copani

**Aspetti energetici**

Massimo Alberti  
Mattia Baldacci - Michele Balducci  
Stefano Collina - Claudio Obrizzi  
Pietro Collina - Andrea Montuschi - Christian Fabbi

**Promozione artistica**

*Museo Internazionale delle Ceramiche di Faenza*  
Claudia Casali

**Processo di partecipazione istituzionale**

Massimo Bastiani - Virna Venerucci

**Processo di partecipazione sociale**

Ilaria Nervo

Elaborati del Regolamento Urbanistico ed Edilizio (RUE) del Comune di Faenza

**Hanno carattere prescrittivo nell'ordine:**

Tav. P.1	Schede progetto
Tav. P.2	Norme di Attuazione
Tav. P.3	Progetto - scala 1:5.000 (40 Tavv.)
Tav. P.4	Progetto centro storico - scala 1:2.000 (12 Tavv.)
Tav. P.5	Attività edilizia e procedimenti
Tav. P.6	RIR (Aziende a Rischio di Incidente Rilevante)

**Sono elaborati conoscitivi per l'applicazione del RUE:**

Tav. C.1	Relazione illustrativa
Tav. C.2	Tavola dei vincoli - scala 1:10.000 (56 Tavv.) e Scheda dei vincoli
Tav. C.3	VALSAT (Comprensiva di "Sintesi non tecnica" e "Valutazione di incidenza")
Allegato A.1	Il piano regolatore della sismicità
Allegato A.2	Il piano regolatore dell'energia
Allegato A.3	Emergenze architettoniche fragili con valore storico
Allegato A.4	Partecipazione istituzionale e sociale

# IL PIANO REGOLATORE DELLA SISMICITA'

## INDICE

	<b>PAG</b>
<b>1. Urbanistica e prevenzione sismica</b>	1
<b>2. La legislazione di riferimento</b>	14
<b>3. Il percorso: la sicurezza sismica nella pianificazione</b>	21
<b>4. Il rischio sismico urbano</b>	
4.1 La microzonazione: la pericolosità	29
4.2 La vulnerabilità sismica a scala urbana	43
4.3 L'esposizione urbana	67
4.4 Gli scenari di danno	73
<b>5. Vulnerabilità sismica in centro storico</b>	
5.1 Rilievo speditivo	98
5.1.1 Individuazione degli aggregati strutturali in centro storico	102
5.1.2 Individuazione delle vulnerabilità e resistenze in centro storico	103
5.2 Analisi di un aggregato campione	121
5.3 Codici di pratica per interventi	143
5.3.1 Sintesi delle vulnerabilità sismiche	143
5.3.2 Criteri per la mitigazione della vulnerabilità sismica negli edifici del centro storico	153
<b>6. Protezione della struttura urbana</b>	
6.1 La C.L.E. (condizione limite per l'emergenza)	164
6.2 La metodologia per l'analisi della C.L.E	166
6.3 L'esperimento della C.L.E. di Faenza	170
<b>7. La protezione del sistema territoriale faentino:     indicazioni per un piano di emergenza intercomunale</b>	178
<b>8. Strategie urbanistiche per elevare la sicurezza urbana</b>	181

### ALLEGATI

#### Allegati Cap. 5 Vulnerabilità sismica in centro storico

- A.1.1.a: Individuazione aggregati strutturali in centro storico - Faenza
- A.1.1.b: Individuazione aggregati strutturali in centro storico - Granarolo
- A.1.1.c: Individuazione aggregati strutturali in centro storico - Oriolo
- A.1.2: Individuazione vulnerabilità e resistenze in centro storico - Faenza
- A.1.3: Relazione sullo studio di vulnerabilità del centro storico

#### Allegati Cap. 6 Protezione della struttura urbana

- A.1.4: La C.L.E. di Faenza



# 1. Urbanistica e prevenzione sismica

## Un tema sopra tutti: la sicurezza territoriale nei piani

Troppo spesso, interpretando un errato modello di sviluppo, si attribuisce alla pianificazione la funzione prevalente di decidere dove localizzare i futuri insediamenti o tutt'al più di trasformare quelli esistenti.

In realtà la prima azione, a cui le altre sono subordinate, è quella di immaginare un progetto di sicurezza territoriale che per essere credibile deve partire dalla pianificazione generale.

Fin ora il "PIANO COMUNALE" non ha esercitato a fondo le vaste azioni progettuali sulla sicurezza, rinviando il tutto ai piani di settore, legislazioni tecniche specifiche, improbabili finanziamenti pubblici e i risultati di questi rinvii sono visibili purtroppo in ogni parte di Italia.

La consapevolezza circa i rischi a cui una società è esposta incide invece in maniera diffusa sui comportamenti collettivi e, quindi, sulla realizzazione di interventi finalizzati a ridurli, con risultati più significativi rispetto ai progetti puntuali sulla sicurezza. È in questa fase che deve entrare in gioco il Piano.

Se il continuo consumo di suolo agricolo è una delle principali cause della fragilità territoriale da contrastare per ragioni economiche e ambientali, non può che emergere la contraddizione fra previsioni e trasformazioni in nome di uno sviluppo (magari sostenibile!) e la conservazione della permeabilità e orografia dei suoli, vero e proprio fattore di misurazione della sicurezza.

Per queste ragioni, l'apice del progetto di pianificazione è da riservare a due azioni principali: la conoscenza dei principali aspetti che caratterizzano i rischi territoriali e l'introduzione di innovative sperimentazioni per far lievitare la consapevolezza collettiva del rischio; che è ben altra cosa rispetto alla conoscenza delle tecniche di intervento riservate in ultima fase agli specialisti.

Il progetto di pianificazione deve necessariamente toccare gli aspetti sismici e a quelli idrogeologici (frane e allagamenti) per individuare realisticamente le interferenze con gli elementi sensibili del territorio e quindi, le opere e gli investimenti prioritari da mettere in campo.

Nella pianificazione generale (e non in studi settoriali comunque insostituibili) devono essere presenti questi aspetti, sia per aumentare la consapevolezza "popolare" del rischio (conoscenza), sia per condizionare gli interventi urbanistici ed edilizi di qualunque genere ad azioni o prestazioni di sicurezza.

Se negli anni '80 l'approccio verso i temi della sicurezza era relegato al controllo della densità e alla necessità di preventive analisi geologiche, dagli anni '90 hanno iniziato a fare breccia le prime valutazioni ambientali di compatibilità

e dagli anni 2000 una profusione di strumenti specifici quali VAS, SCREENING ecc..che nella realtà hanno espletato un prevalente ruolo giustificativo.

Oggi parlare del progetto di sicurezza all'interno dei Piani comunali, tradotto in sintetiche norme comportamentali, significa affrontare la vera sostanza della pianificazione in modo concreto e tale da essere forse l'unico modo efficace di innescare un processo diffuso di prevenzione dal basso.

I principali argomenti inerenti la sicurezza territoriale da ricomprendere in vario modo nell'articolata struttura del Piano comunale, oltre alle norme di settore, riguardano:

- la vulnerabilità sismica della città;
- il rischio allagamenti diffuso e le aree specifiche;
- le frane collinari in evoluzione;
- i Piani di emergenza di area vasta;
- la conservazione e tutela dei sistemi di deflusso delle acque;
- il rischio industriale di incidenti rilevanti e le aree limitrofe;
- il contrasto alla impermeabilizzazione dei suoli;
- il rischio geologico nei terreni in pendenza.

Riguardo al tema degli allagamenti, ad esempio, alcuni Comuni tra cui Faenza, hanno introdotto nelle norme del PRG, fin dal 1998, l'obbligo di trattenere per ogni intervento edilizio l'acqua meteorica, con accumuli e lenti rilasci nel sistema scolante. È un'azione concreta, preventiva e non sostitutiva a quella di realizzare grandi bacini di laminazione pubblici di difficile esecuzione, ma che esplica il risultato analogo di diminuire l'apporto di acqua nei fiumi con riduzione del rischio.

Fra i numerosi aspetti della sicurezza, l'aspetto sismico è fra quelli più attuali anche per la consolidata abitudine, in un'ottica fatalista, di dimenticarsi del problema.

Il rapporto Ance presentato il 17 ottobre 2012 presso la VIII Commissione "Ambiente" della Camera dei Deputati fotografa una situazione allarmante:

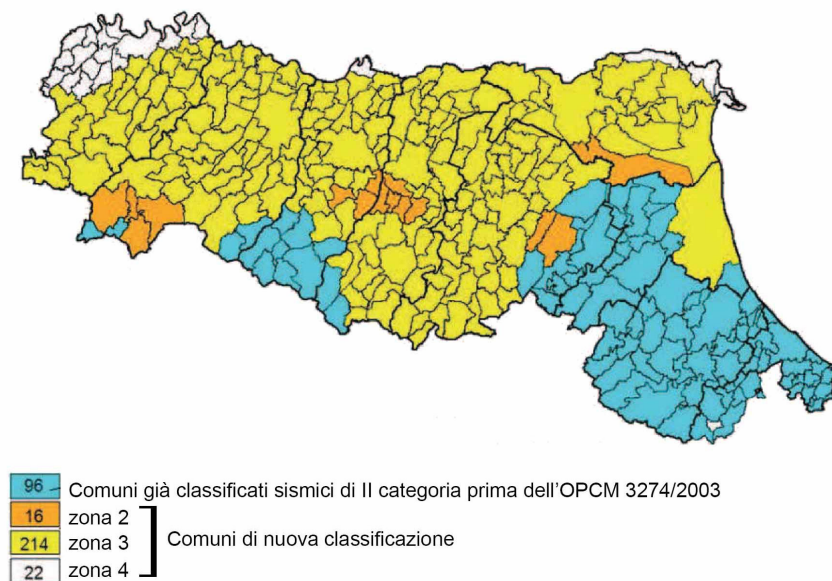
*"Il 44% del territorio, il 36% dei Comuni, 21.8 milioni di persone, 5.4 milioni di edifici, 10.7 milioni di abitazioni, 26 mila edifici pubblici strategici (ospedali e scuole), 95 mila capannoni produttivi si trovano nella condizione di elevato rischio sismico.*

*Il 62% delle abitazioni esistenti, così come oltre il 60% dei 68.800 edifici ad uso scolastico, risulta costruito prima del 1974 (anno di introduzione della prima normativa quadro sulla sismica per le*



nuove costruzioni), quindi senza la garanzia di possedere le adeguate caratteristiche antisismiche.”

Gli edifici costruiti successivamente al 1974 inoltre, anche se realizzati in conformità alle leggi a suo tempo vigenti, potrebbero oggi non rispondere ai criteri di sicurezza della vigente normativa sismica, rilevato che, nel frattempo, la mappa sismica è stata più volte modificata, includendo, sulla base delle nuove conoscenze, sempre più territori nelle zone di rischio più elevato.



**Fig.1:** La classificazione dei Comuni dell'Emilia Romagna (Fonte O.P.C.M. 3274/2003, D.G.R. 1677/2005)

Per questo, come insegna il sisma dell'Emilia Romagna, senza un'adeguata analisi caso per caso, non si può affermare a priori che gli edifici costruiti secondo le norme vigenti al tempo della realizzazione, siano in assoluto in condizioni di sicurezza.

### **I costi della mancata programmazione**

I terremoti, come tutti gli eventi naturali non governati ed alcuni anche sollecitati dall'antropizzazione del territorio, hanno un costo enorme.

Il rapporto Ance/Cresme indica in 181 miliardi di euro il costo attualizzato complessivo dei danni provocati dai terremoti dal 1944 ad oggi.

Dal 1968 ad oggi, secondo i dati del 2008 del Servizio Studi della Camera dei Deputati, sommati a quelli relativi alle risorse stanziato dallo Stato per il terremoto del 2009 in Abruzzo (aggiornate ad aprile 2012) e per il recente terremoto che ha colpito Emilia, Lombardia e Veneto, gli stanziamenti statali complessivi per i principali eventi sismici che hanno colpito il territorio nazionale si possono stimare in oltre 110 miliardi di euro (a prezzi 2011), pari al 61% del costo complessivo.

Uno studio dell'Enea stima in più di 3,5 milioni il numero di unità immobiliari che necessitano di un intervento di messa in sicurezza. Se all'adeguamento si abbinasse la riqualificazione energetica (*oltre il 75% del patrimonio immobiliare non soddisfa i requisiti sui consumi energetici – 27 milioni di alloggi con un consumo medio di 190 kwh/mq all'anno*), il costo stimato si aggirerebbe sui 50.000 € per unità immobiliare, per un totale di circa 180 miliardi di investimento per i soli 3,5 milioni di unità strettamente inadeguati.

Un progetto di prevenzione, a parità di spesa totale, consentirebbe di raggiungere il doppio obiettivo di messa in sicurezza sismica e miglioramento della performance energetica su un numero di immobili di gran lunga superiore a quelli oggetto di ricostruzione post sisma. Il tutto senza considerare l'incalcolabile valore delle vite umane distrutte da ogni evento sismico ed il valore della sicurezza nella quotidianità.

### **La necessità di una visione d'insieme**

La storia del nostro Paese ci insegna che l'approccio e la risposta della politica e dello Stato agli eventi naturali è da sempre una risposta di "emergenza", che in genere si sostanzia nella emanazione di nuove norme/leggi a modifica delle preesistenti.

A seguito di un evento sismico ci si affretta ad emanare nuove norme sulle strutture ed ad aggiornare la zonizzazione del rischio dei territori.

La caratteristica comune di queste decisioni, sostenute dal sentimento dell'urgenza e dell'emergenza, è di intervenire sulle regole delle future realizzazioni, spesso con sovrapposizioni rispetto al quadro normativo esistente, mai con una verifica di organica integrazione.

Una modalità di azione di cui si evidenzia che si rendono sicure le nuove costruzioni (*circa l'1% l'anno sul parco edilizio totale*), ma si dimentica che il rischio è più rilevante nel patrimonio esistente, costruito per buona parte in assenza di regole od obblighi adeguati.

#### *Terremoto dell'Emilia: il non residenziale ha reagito peggio*

Sulla base dei dati pubblicati dalla Regione Emilia Romagna e relativi agli oltre 40 mila sopralluoghi effettuati da Protezione Civile e Enea, emerge che il settore residenziale complessivamente ha reagito bene al sisma, con il 37% degli edifici dichiarati inagibili.

Il settore produttivo fa rilevare invece problemi maggiori con il 50% degli edifici totalmente inagibili.

#### *Un terzo dei capannoni a rischio terremoti*

Nel 2011 erano presenti sul territorio nazionale 325.427 capannoni a esclusivo o prevalente uso produttivo.

Nelle aree a elevato rischio sismico rientrano oltre 95 mila strutture, pari al 29% del totale.

Questa orrida elencazione di numeri ci induce a capire che è necessario spostare il tema della vulnerabilità sismica dall'edificio alla città, per immaginare fra qualche decennio di avere agglomerati urbani con un grado di sicurezza di gran lunga maggiore dell'attuale.

Principali terremoti con magnitudo momento  $M_w > 5$  nel Comune di Faenza (nel 2000  $M_w = 4,70$ )

Terremoti recenti

Data	Mw
1935	5,34
1918	5,79
1911	5,38
1909	5,53
1887	4,83
1875	5,74
1861	5,13
1813	5,32

Terremoti del passato recente

Data	Mw
1781	5,84
1732	4,83
1725	5,26
<b>1688</b>	<b>5,88</b>

Terremoti massimi negli altri Comuni dell'Ambito faentino

Comune	Data	Mw
Brisighella	1931	5,10
Casola Valsenio	1732	4,83
Castel Bolognese	1935	5,34
Riolo Terme	1874	4,99
Solarolo	1688	5,88

**Fig.2:** Indicazione magnitudo momento osservata dei principali terremoti dell'ambito faentino (Fonte da Stucchi et al., 2007 con modifiche)

Il Piano Strutturale Comunale dell'ambito faentino, approvato nel 2010, ha assunto la questione della sicurezza tra i pilastri della progettazione e della pianificazione territoriale, secondo il seguente schema orientativo che indica un preciso metodo di lavoro possibile.

### La definizione degli obiettivi urbanistici



#### **La Microzonazione Sismica**

L'apice del progetto di pianificazione è da riservare alla redazione di una microzonazione sismica (oltre il 1° livello), fondata non solo su basi teoriche e bibliografiche, ma anche su una campagna mirata di indagini necessarie per definire il piano regolatore della sismicità, per far sì che ogni intervento alla scala edilizia tenga conto degli esiti di tali analisi.

Per fornire più dettagliate informazioni su come un sisma si propaga e si amplifica in superficie nelle zone urbanizzate, va condotta una campagna di sondaggi geologici e di misure geofisiche finalizzata alla redazione di una mappatura di microzonazione, tesa ad individuare il fattore di amplificazione sismica dei terreni superficiali, che possono influenzare il comportamento degli edifici all'attivarsi di un sisma.

L'analisi di microzonazione sismica va supportata da mirati sondaggi e specifiche misurazioni effettuate in sito, quali ad esempio carotaggi ad estrazione, misure geofisiche in profondità (down-hole) e in superficie (MASW), prove penetrometriche, nonché da una elaborazione della banca dati relativa ad analisi conoscitive di precedenti strumenti di pianificazione (PRG e Piani Attuativi), e dalla banca dati dei Servizi Geologici e Sismici e dei Suoli delle regioni.

Compito della microzonazione sismica è quello di fornire ulteriori elementi conoscitivi per la sicurezza del territorio in caso di evento sismico, fornendo l'opportunità di pianificare a scala di maggior dettaglio l'adozione di contromisure adeguate.

Senza la mappa della microzonazione sismica di II livello è inibita l'approvazione dei piani urbanistici. Tale mappa diventerà sempre più precisa di anno in anno per la obbligatorietà di realizzare misure geofisiche in profondità in ogni

occasione di trasformazione dei terreni: sarà quindi possibile avere informazioni, supportate da concrete conoscenze geologiche, sull'effetto delle onde sismiche (amplificazione sismica locale), e acquisire una consapevolezza dell'importanza che rivestono gli interventi antisismici, soprattutto sulle aree del territorio edificato.

L'Unione della Romagna Faentina ha inoltre ottenuto un contributo regionale nell'anno 2013 per effettuare le indagini di microzonazione sismica di III livello nei Comuni interessati da aree potenzialmente liquefacibili (Faenza e Solarolo).

Questo livello di approfondimento è finalizzato a valutare l'effettivo grado di pericolosità sismica locale delle aree instabili, potenzialmente instabili o soggette a liquefazione, sempre ai fini della redazione di una carta di microzonazione in conformità alla DAL 112/2007 e agli "Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica" (gruppo di lavoro MS 2008).

L'analisi di III livello, per quelle aree in cui è consentita la realizzazione di opere, fornirà elaborati di quantificazione dei potenziali movimenti franosi e dei cedimenti attesi, con valutazioni supportate da prove sperimentali in sito e in laboratorio.

Il risultato di questo lavoro, deve essere una cartografia del territorio, a scala 1:10.000, per evidenziare le differenti risposte al sisma che i vari ambiti offrono, in relazione alla stratigrafia e all'orografia del terreno.

## **Il progetto di vulnerabilità sismica del centro urbano e gli scenari di danno**

Se con la microzonazione sismica si ottengono informazioni sulla propagazione e sull'amplificazione delle onde sismiche al suolo, con il progetto di vulnerabilità sismica, entra in gioco il costruito.

Il progetto sperimentale (di vulnerabilità sismica e scenari di danno) è stato condotto in coordinamento al Dipartimento di Protezione Civile Nazionale ed alla Regione Emilia Romagna, al fine di conoscere e prevedere gli effetti di un sisma sul sistema urbano preso in esame.

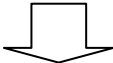
La metodologia utilizzata per le valutazioni sulla vulnerabilità urbana prevede una strutturazione in più livelli conoscitivi del patrimonio edilizio della città e della sua associata vulnerabilità.

Lo studio è partito dall'identificazione delle tipologie edilizie del centro urbano, cui sono state associate delle classi di vulnerabilità desunte dalla scala EMS 98 (classi di vulnerabilità sintetica), per poi andare a perimetrare i comparti a vulnerabilità omogenea: ovvero quegli ambiti la cui omogeneità viene valutata sulla base di alcuni criteri quali la classe di vulnerabilità, l'articolazione dei tessuti e della viabilità, gli elementi naturali, le destinazioni urbanistiche.

Agli elaborati tematici è stata combinata la redazione di un abaco delle tipologie edilizie comuni ad una popolazione di edifici sufficientemente significativa, che descrive tra gli altri aspetti, le precarietà strutturali più ricorrenti e le caratteristiche tecniche costruttive di ogni tipo (vedi cap. 4.2 La vulnerabilità sismica a scala urbana del Comune di Faenza).

Con gli scenari di danno l'obiettivo è quello di conoscere e prevedere gli effetti di un sisma, una volta nota l'amplificazione delle onde al suolo, sulla globalità degli edifici costituenti il sistema urbano.

Attraverso l'incrocio delle mappe della pericolosità (microzonazione sismica), delle valutazioni urbanistiche ed analisi edilizie effettuate per le indagini di vulnerabilità e della distribuzione della popolazione sul territorio, è possibile ottenere una valutazione del rischio sismico, esemplificata nel seguente prospetto:

Elaborazioni (carte tematiche)	Contenuto e informazioni
1) Carta della pericolosità sismica locale SOTTOSUOLO	Microzonazione sismica
2) Carta della vulnerabilità edilizia EDIFICI	Datazione degli edifici (prima e dopo il 1983)
	Tipologia e morfologia edilizia (regolarità, altezza, distribuzione, ecc...)
	Tipologia costruttiva (Strutture in mattoni, in cemento armato, prefabbricate, presenza di presidi antisismici, edificato in aggregato ecc...)
3) Carta della esposizione urbana POPOLAZIONE	Densità demografica (affollamento, caratteristiche della popolazione)
	
<b>1) + 2) + 3) = Carta del rischio sismico</b>	Zooning di previsione della distribuzione dei danni (edifici crollati, inagibili, agibili) e determinazione delle zone omogenee e degli scenari previsionali di danno sismico

**Fig.3:** Tavole tematiche per la mitigazione del rischio sismico nel RUE faentino.

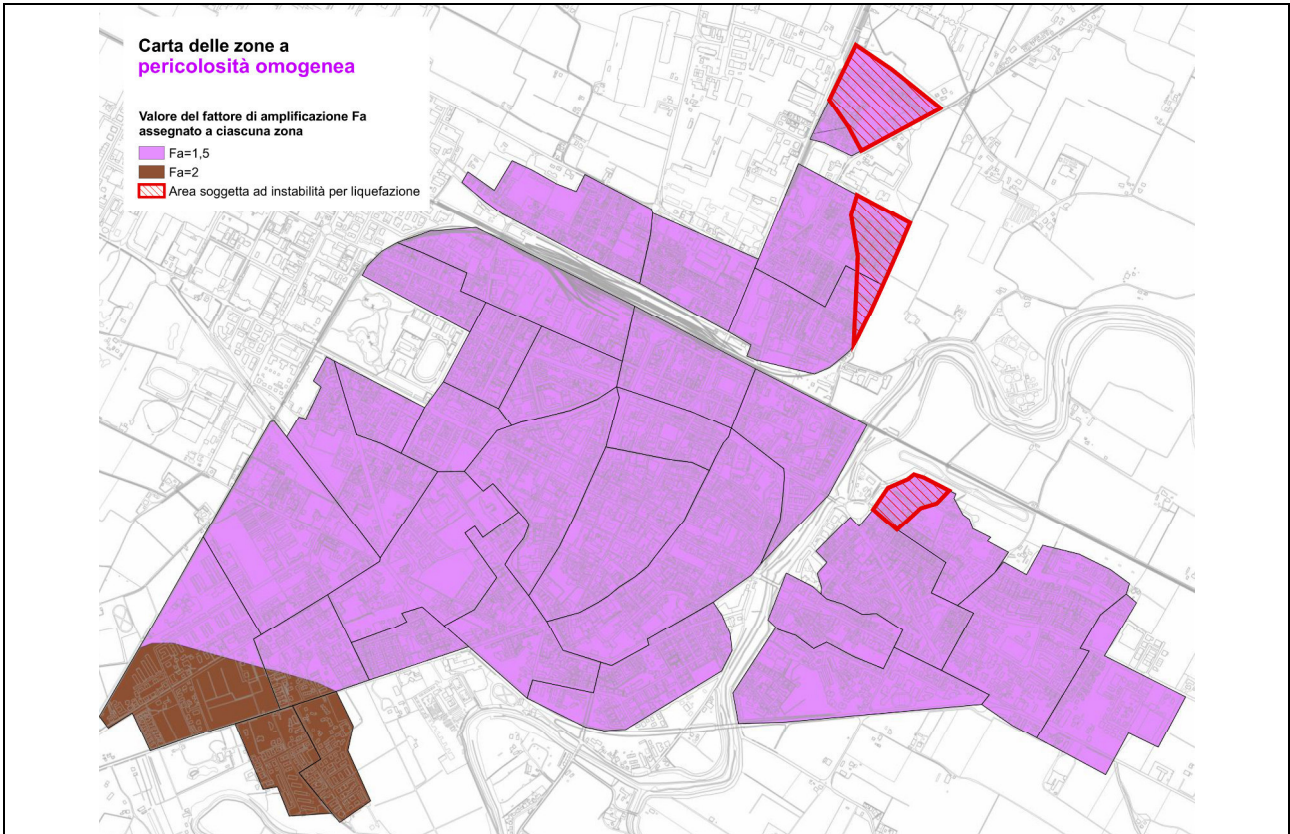


Fig.4: Carta delle zone a pericolosità omogenea

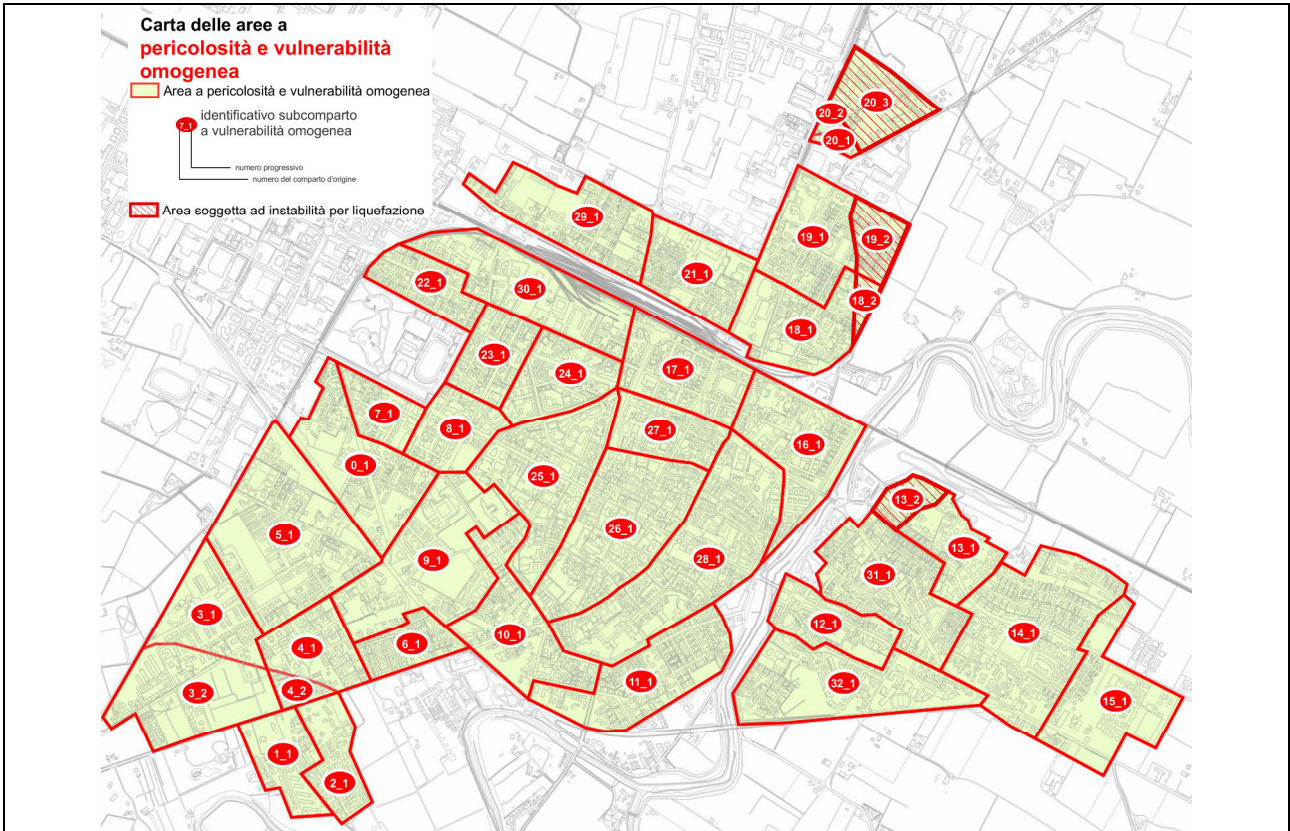


Fig.5: Carta delle aree a vulnerabilità e pericolosità omogenea

Le carte tematiche (pericolosità, vulnerabilità ed esposizione urbana) e la carta del rischio (scenari di danno urbano), sono elaborati propedeutici alla redazione di un innovativo Piano Regolatore della Sismicità.

Obiettivo di queste analisi è quello di aumentare nei cittadini/amministratori/progettisti la consapevolezza del rischio, per favorire la diffusione di piccoli interventi che rappresentano la principale (se non unica) azione per elevare complessivamente la sicurezza urbana, nonché l'individuazione di priorità di intervento nel centro urbano con strategie di mitigazione.

Qualunque scelta di pianificazione locale, una volta conosciuto il rischio, non può che allineare le scelte nel solco della coerenza progettuale.

In parallelo concorre alla determinazione del Piano Regolatore della Sismicità, la definizione della CLE (Condizione Limite Emergenza).

Con la CLE si vanno ad individuare quelle aree che in primis devono garantire il funzionamento della città e le infrastrutture che devono assicurare la connessione fra gli elementi strategici (edifici strategici e aree di emergenza) nei primi momenti post-emergenza. È evidente che queste localizzazioni, decontestualizzate dall'urbanistica (e quindi solo in attesa di finanziamenti pubblici), hanno una efficacia limitata.

In questo caso le strategie urbanistiche, possono entrare in campo per privilegiare con incentivi (microperequazioni), le aree che devono garantire il funzionamento delle parti strategiche della città.

### **La vulnerabilità sismica del centro storico: l'approfondimento**

L'analisi di vulnerabilità sismica degli aggregati edilizi del centro storico, deve essere il frutto di un progetto più approfondito rispetto al progetto di vulnerabilità del centro urbano.

Il nucleo antico della città va analizzato con la finalità di individuare sinteticamente la tipologia e la localizzazione delle vulnerabilità sismiche e delle resistenze più ricorrenti, con l'obiettivo di desumere possibili codici di intervento per la conservazione del patrimonio edilizio storico e la mitigazione del rischio sismico.

A livello esemplificativo e al fine di sviluppare un efficace metodo di lavoro, effettuata la ricognizione speditiva del centro storico, è opportuno selezionare un isolato urbano, su cui effettuare un approfondito studio (a conferma e integrazione delle valutazioni precedentemente fatte), da cui scaturisce un preciso scenario di danno e discendono le indicazioni progettuali opportune a mitigare la vulnerabilità sismica.

Estendendo i criteri di analisi all'interno del centro storico è possibile ottenere un quadro generale degli effetti di un sisma, con l'obiettivo di sensibilizzare i cittadini e i tecnici sulla necessità di migliorare le costruzioni esistenti.



Solo con questo approfondimento conoscitivo e previsionale nel comportamento del centro storico in caso di sisma è possibile articolare adeguate norme urbanistiche nel piano.

## **Il Piano Regolatore della Sismicità (PRS)**

Non si tratta di un nuovo ed ennesimo Piano urbanistico codificato dalla legge, ma possiamo definirlo comunque come uno strumento essenziale per la pianificazione nel senso che va concepito in sede di studio/progetto di un territorio essendo definito da una organica rappresentazione che ha come finalità principale la conoscenza collettiva del rischio sismico.

Solo se questo PRS è ricompreso nei piani di area vasta e comunali, e poi diviene oggetto di consultazione nell'ordinaria gestione edilizia, riuscirà a raggiungere l'obiettivo di riduzione del rischio sismico (diversamente non conseguibile con specifici e settoriali studi), indirizzando opportunamente con azioni concrete (incentivi e perequazioni mirate), le scelte localizzative, i processi di trasformazione, la realizzazione di interventi.

Quanto sopra è anche un primo punto di partenza per spostare le valutazioni dall'emergenza alla prevenzione, invertendo questo atteggiamento culturale, purtroppo radicato in molte realtà italiane.

## **Sicurezza e strategie urbanistiche**

Il tema della sicurezza non può più essere eluso ed, a livello di norma urbanistica, vanno introdotte varie strategie per favorire la maggiore certezza sul controllo dell'edificato, al fine di passare dalle parole, facili da condividere, ai fatti che vengono rinviati per le più svariate ragioni.

Innanzitutto, sulla base anche delle informazioni del Piano Regolatore della sismicità, potranno essere valutate dal professionista e dalla proprietà le problematiche inerenti la sicurezza sismica nel centro storico con particolare attenzione alle specifiche vulnerabilità.

In altre parti del territorio comunale (urbano e rurale), potranno essere considerate eventuali problematiche inerenti la sicurezza sismica e gli aspetti idrogeologici (frane, allagamenti ecc.), anche grazie alle informazioni messe in campo dal PSC e dal RUE con particolare riferimento alla Tavola dei Vincoli ed alla sicurezza del territorio.

Le tematiche sulla sicurezza possono però essere ulteriormente stimolate (incentivate) negli ambiti più a rischio, come ad esempio in centro storico e nella periferia urbana, edificata prima della classificazione di Faenza quale zona sismica.

Nelle Norme del RUE 2014, con il meccanismo degli incentivi, è facoltà della proprietà in centro storico redigere la valutazione della sicurezza prevista dalle Norme Tecniche per le costruzioni vigenti che attraverso una sorta di perequazione urbanistica genera una quantità di SUL spendibile in altre aree del territorio urbano.

Particolare attenzione può essere posta per favorire gli immobili appartenenti agli aggregati interferenti della CLE (Condizione Limite di Emergenza), la cui valutazione della sicurezza fa generare una maggiore quantità di SUL.

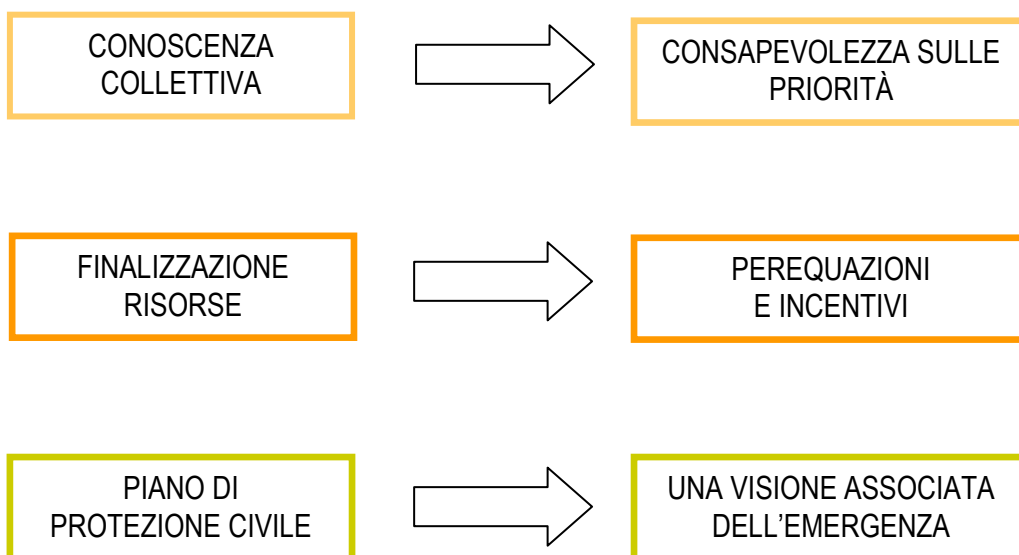
Mediante incentivo vengono inoltre stimolati interventi puntuali di miglioramento sismico sul patrimonio di proprietà Comunale, aumentando ovviamente la quantità di SUL maturata.

Sempre in centro storico, a seguito dell'entrata in vigore del Decreto Sblocca Italia, nell'ambito della riduzione del contributo di costruzione per interventi di ristrutturazione, oltre alle riduzioni percentuali già previste, è stata inserita un'ulteriore riduzione del contributo (-30%) a fronte di prestazioni aggiuntive relative alla sicurezza (rif. art. 21 della Tav. P.5 "Attività edilizia e procedimenti").

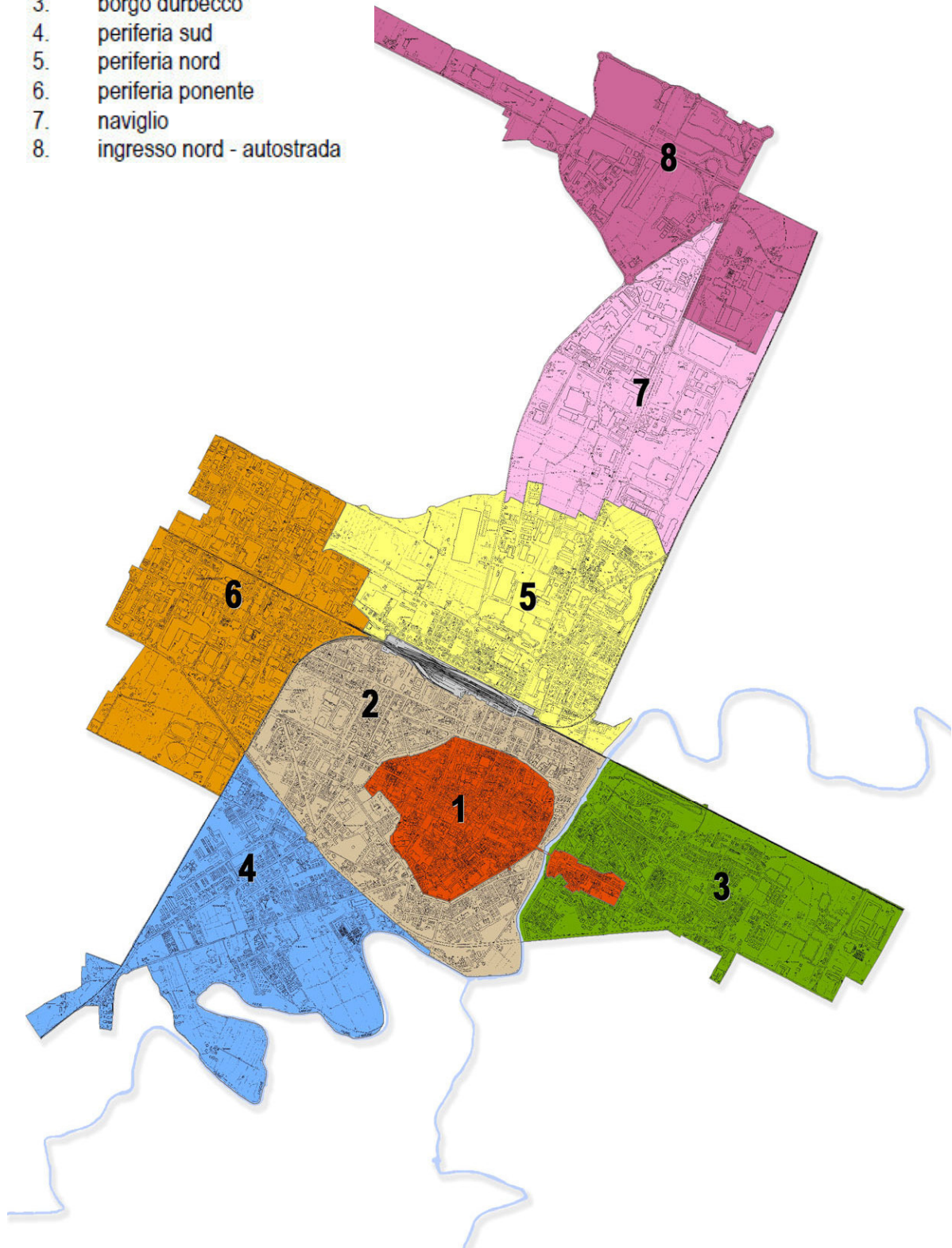
Per gli interventi in centro urbano è stata invece prevista una forma di premialità ad incremento delle potenzialità edificatorie previste dalle norme di zona a fronte della redazione della valutazione della sicurezza pari a 1,5 m<sup>2</sup> di Sul ogni 100 m<sup>2</sup> di Sul analizzata (rif. art. 53 "Sicurezza sismica" della Tav. P.5 "Attività edilizia e procedimenti").

## IL PIANO REGOLATORE DELLA SISMICITÀ

### OBIETTIVI



1. centro storico
2. periferia storica
3. borgo durbecco
4. periferia sud
5. periferia nord
6. periferia ponente
7. naviglio
8. ingresso nord - autostrada



**Fig.6:** Suddivisione del territorio urbano in otto macroambiti ai fini di approfondimento delle analisi urbanistiche facendo convergere ove possibile anche le analisi sull'energia e sulla sismicità



## 2. La legislazione di riferimento

La legislazione nazionale in materia sismica, ha cercato di operare su due fronti: classificando il territorio sulla base della frequenza ed intensità dei terremoti del passato (individuazione delle zone sismiche) e emanando norme tecniche delle costruzioni, che definiscono criteri generali di progettazione, calcolo, esecuzione e collaudo delle opere.

L'immagine nazionale della classificazione sismica, ancora alla fine del 1980, tuttavia, riassumeva un metodo implicitamente adottato per gran parte del secolo scorso, secondo il quale i Comuni in cui applicare le *Norme tecniche antisismiche* dovevano essere solo quelli colpiti da terremoti distruttivi dell'ultimo secolo (a far capo dal 1908 – Messina/Reggio Calabria.....poi: 1915 – Fucino, 1930 – Irpinia, ...).

Ma la stessa immagine evidenzia per di più che, non solo risultavano ignorati tutti gli altri terremoti distruttivi – per quanto storicamente documentati – dei secoli precedenti fino alla fine del XIX, ma erano stati a volte sottratti da tale obbligo (di applicazione delle *Norme tecniche antisismiche*) anche territori interessati da terremoti distruttivi del XX secolo, con gravi decisioni governative assunte soprattutto nel 1937, nel 1938 e nel 1941.

La rimozione dagli elenchi delle zone sismiche di numerosi Comuni, con motivazioni estranee a valutazioni di pericolosità sismica o di rischio, ha riguardato aree importanti in Toscana, Emilia-Romagna e Marche e – tra queste – anche le aree costiere delle province di Rimini e di Pesaro che poi sarebbero state oggetto di massicce urbanizzazioni nel secondo dopoguerra.

Similare rimozione è stata operata nella sequenza sismica del quinquennio dal 1916 al 1920 (1916–Riminese, 1917–Val Tiberina, 1918–Forlivese, 1919–Mugello, 1920–Garfagnana) che ha colpito aree importanti di quelle tre Regioni, con scosse principali di tutto rispetto.

Negli ultimi trent'anni, sostanzialmente a partire dal grande terremoto del 23 novembre 1980 in Irpinia-Basilicata, si è pertanto cercato di porre primi rimedi alle lacune accumulate in tutto il periodo post-unitario.

La prima riclassificazione sismica, basata sulla proposta P.F.G.-C.N.R. (pubblicata e diffusa nel gennaio 1981) di *aggiungere e dichiarare sismiche almeno quelle aree che – quant'anche non ancora colpite da terremoti disastrosi nel ventesimo secolo – non risultavano meno pericolose dei Comuni già classificati considerando gli effetti prodotti da tutti i terremoti distruttivi nell'arco storico documentato*, venne formalizzata con decreti interministeriali assunti – regione per regione – tra il 1981 e il 1984, decreti che hanno non solo rimosso molte delle precedenti decisioni di declassificazione (riguardanti anche Rimini e Pesaro), ma hanno anche inserito ex-novo in zona sismica numerosi altri Comuni, compresi diversi grandi Comuni (quali ad es. in Emilia-Romagna: Cesena, Faenza, Forlì, Imola, Lugo).

Purtroppo, rispetto a quella stessa proposta P.F.G.-C.N.R., i suddetti decreti non costituirono scelte omogenee per tutto il territorio nazionale nella individuazione “delle zone a bassa sismicità” (a raffronto con le soglie di pericolosità allora evidenziate) e non ne recepirono ulteriori indicazioni, quale quella di completare – soprattutto per l'Italia centro-settentrionale – la definizione di *modelli sismotettonici* da utilizzare come integrazione e controllo dei risultati delle analisi storico-statistiche: tale definizione di modelli sismotettonici, se fosse stata realizzata e recepita con tempestività, avrebbe

probabilmente comportato già negli anni '80 diverse decisioni per ampi territori, lasciati invece non classificati per altri venti anni.

È infatti del 2003 la seconda riclassificazione sismica (a seguito dell'ordinanza del P.C.M. n. 3274), formalizzata – per quanto riguarda l'Emilia-Romagna – con D.G.R. n. 1435/2003.

L'ordinanza del P.C.M. n. 3274/2003 venne approvata fuori dalle procedure ordinarie definite dal D.Lgs. n. 112/1998 (ridistribuzione delle competenze Stato-Regioni-Enti Locali) oltre che dal D.P.R. n. 380/2001 (riordino normativo in materia edilizia), con voluminosi allegati tecnici relativi non solo alla classificazione sismica, ma anche alle norme tecniche per le costruzioni in zona sismica. Queste ultime vennero presentate come recepimento delle indicazioni contenute nell'Eurocodice 8, al fine di transitare da un sistema “prescrittivo” ad un sistema “prestazionale”: nella realtà, la “prestazionalità” – ad eccezione di alcuni paragrafi – non ha caratterizzato le nuove norme tecniche nemmeno nelle versioni dei successivi provvedimenti ricondotti (per quanto possibile) alle procedure ordinarie e quindi assunti con decreti interministeriali (D.M. 14 settembre 2005 e D.M. 14 gennaio 2008).

La decisione di procedere con decreti interministeriali all'emanazione di “norme tecniche per le costruzioni” era già presente nella stessa impostazione delle leggi n. 1086/1971 (“Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica”) e n. 64/1974 (“Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche”) al fine di favorirne l'aggiornamento secondo gli sviluppi della tecnica, mentre per tutti i decenni precedenti, sia nel periodo tra le due guerre mondiali (con emanazione di Regi Decreti Legge) e sia dopo (con legge n. 1684/1962 “Provvedimenti per l'edilizia, con particolari prescrizioni per le zone sismiche”), l'impostazione era stata sempre quella di tenere rigidamente assieme nel corpo della legge: elenchi dei Comuni classificati, procedure e norme tecniche.

La Regione Emilia-Romagna, anche in ragione della pericolosità del suo territorio si è indirizzata sin dagli anni '80 non solo verso azioni normative, ma anche in programmi di sviluppo, ricerca e sensibilizzazione (tra gli esempi il censimento della pericolosità sismica locale a scala comunale e di piano particolareggiato, o la campagna di rilievo delle vulnerabilità del patrimonio pubblico degli anni 1988-2007).

L'analisi delle caratteristiche sismiche del territorio nella progettazione degli strumenti urbanistici non risulta nuova nelle pratiche della nostra Regione: già con la L.R. 47/1978 (“Tutela e uso del territorio”), nell'ambito della predisposizione degli strumenti urbanistici la relazione geologica diviene elemento costitutivo del piano e contiene prescrizioni per i nuovi insediamenti e le principali trasformazioni.

Nella norma del 1978 per la prima volta si affaccia la necessità di redigere un'adeguata analisi delle caratteristiche fisiche del territorio che in un qualche modo condizioni le scelte localizzative della pianificazione urbanistica: si devono

individuare le aree da sottoporre a speciali norme ai fini della difesa del suolo, nonché localizzare quelle aree soggette a dissesto o aventi caratteristiche geomorfologiche sfavorevoli e ritenute pertanto non idonee a nuovi insediamenti.

Quanto rappresentato per l'espansione edilizia nella L.R. 47/1978 in relazione alle indagini geologiche, viene poi esteso e generalizzato anche per le altre aree dalla Circolare Regionale del 11.02.1983 n.1288 "Indicazioni metodologiche sulle indagini geologiche da produrre a corredo dei piani urbanistici comunali" che al punto A2 conclude: *"in quest'ottica la relazione geologica a corredo degli strumenti urbanistici presuppone a monte l'esistenza di un'indagine generalizzata e di prima approssimazione nei riguardi delle caratteristiche fisico-ambientali del territorio anche al fine di evitare, già in prima istanza, grossolani errori di valutazione relativamente alla scelta delle aree ed alla loro destinazione d'uso".*

Questa tendenza viene poi confermata negli anni '90 con la L.R. 14 aprile 1995 n. 40, di modifica e integrazione della L.R. 35/1984, in cui appare espresso con maggiore chiarezza il tema dell' integrazione e attenzione delle politiche "del piano regolatore" alle tematiche del rischio sismico ed alle esigenze di protezione civile, in particolare, citando l'art.10: *"i Comuni classificati sismici, nell'ambito della formazione dei propri strumenti urbanistici, generali e attuativi, sono tenuti a valutare la compatibilità delle previsioni in essi contenute con l'obiettivo della riduzione del rischio sismico e con le esigenze di protezione civile, sulla base di analisi di pericolosità locale nonché di vulnerabilità ed esposizione urbana."*

Il periodo più innovativo della legiferazione regionale in materia sismica corrisponde tuttavia all'ultimo decennio, durante il quale sono state emanate una serie di norme sulla "Tutela e uso del territorio" e sull'edilizia, incentrate in modo più diretto sull'integrazione delle azioni e strategie territoriali-urbanistiche e le politiche di prevenzione sismica.

Assume particolare rilievo quanto disposto dall'Art. A-2 comma 4 dell'Allegato alla L.R. 24 marzo 2000 n.20 ("Disciplina generale sulla Tutela e Uso del Territorio") che attribuisce agli strumenti di pianificazione territoriale ed urbanistica il compito *"di concorrere alla riduzione ed alla prevenzione del rischio sismico, sulla base delle analisi di pericolosità, vulnerabilità ed esposizione"*.

Con la L.R. 31/2002 ("Disciplina generale dell'edilizia") all'art. 37 (ora abrogato e sostituito dall'art.5 della L.R. 19/2008) l'approvazione degli strumenti urbanistici (PSC-POC-PUA e delle varianti ai PRG e piani particolareggiati) è subordinata all'acquisizione del parere della Provincia *sulla compatibilità del piano urbanistico con le condizioni di pericolosità locale del territorio.*

Il documento che meglio esplicita i contenuti delle indagini sulla pericolosità locale è la circolare applicativa regionale del 21.03.2003 n.6565, dove tra gli aspetti fisici che influiscono sulle caratteristiche sismiche del territorio compaiono anche le *"caratteristiche geologiche, geotecniche, idrogeologiche che possono determinare instabilità dei versanti, effetti di amplificazione del moto sismico, addensamento e liquefazione."*

Fondamentale per l'approvazione degli strumenti urbanistici elaborati ai sensi della L.R. 20/2000 e di questi nuovi disposti normativi è la Delibera Assemblea Legislativa n. 112/2007 che fornisce indicazioni in relazione alle indagini di

microzonazione sismica ed alle aree soggette a effetti locali, al fine di orientare le scelte di espansione della pianificazione verso aree a minore pericolosità sismica.

L'insieme di questi impulsi è stato di fatto confermato e tradotto in norma nella L.R. 19/2008, che ha abrogato alcune delle precedenti leggi regionali in materia sismica e con particolare riferimento al contributo della pianificazione urbanistica ha sottolineato che:

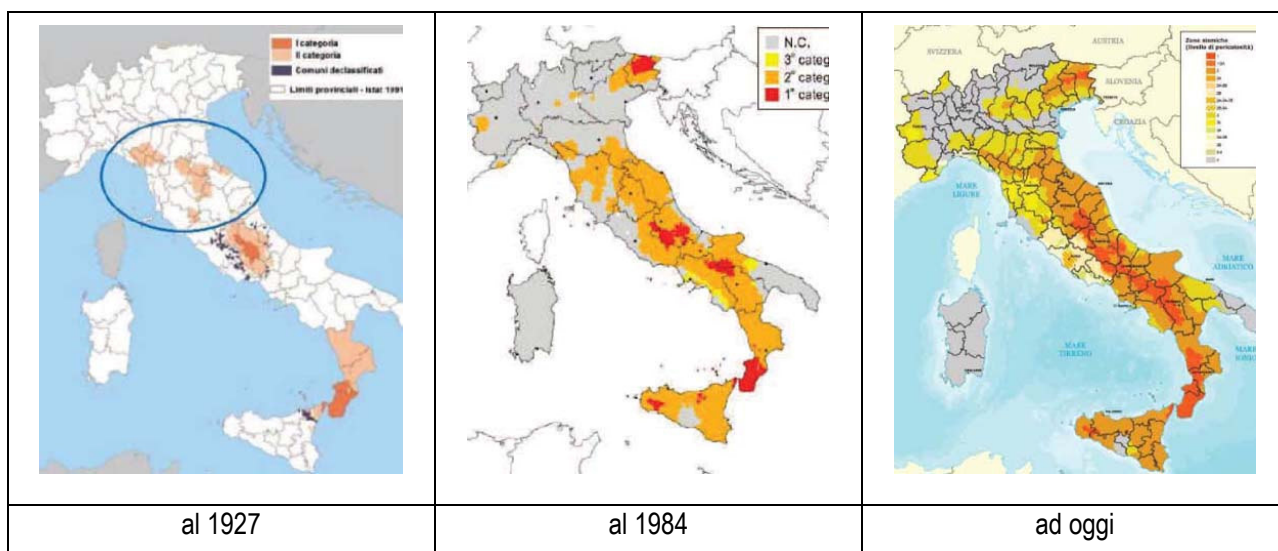
- *"Gli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica concorrono alla riduzione del rischio sismico, attraverso analisi di pericolosità, vulnerabilità ed esposizione urbanistica, ed indirizzano le scelte localizzative, i processi di trasformazione urbana e la realizzazione delle opere secondo criteri di prevenzione e mitigazione del rischio sismico, nell'osservanza della classificazione sismica attribuita ai Comuni, secondo la normativa vigente."* (art.6, Principi generali in materia di pianificazione)
- *"I Comuni adeguano il proprio regolamento urbanistico ed edilizio (RUE) alla normativa sismica ed alle disposizioni in merito agli interventi sul patrimonio esistente, con particolare riferimento agli interventi che, interessando gli elementi strutturali dell'edificio, ne possono compromettere la risposta alle azioni sismiche".* (art. 8, Pianificazione Comunale)

La L.R. 6/2009 ("Governo e riqualificazione solidale del territorio") di modificazione e integrazione alla L.R. 20/2000, rafforza il principio di svolgere azioni preventive per la riduzione del rischio sismico e conferisce agli strumenti urbanistici l'opportunità di *"incentivare la qualificazione del patrimonio edilizio esistente"*, mediante misure premiali (tra le quali i premi volumetrici) finalizzati alla *"realizzazione di interventi di adeguamento o miglioramento sismico, in applicazione della normativa tecnica per le costruzioni, in special modo nei Comuni classificati a media sismicità."* (art. 7 ter).

In conclusione si può affermare che la Regione Emilia Romagna attraverso la legislazione di recente emanata (L.R. 20/2000, L.R. 19/2008, L.R. 9/2009) e le circolari esplicative ha riconosciuto alla pianificazione urbanistica un ruolo fondamentale per la riduzione del rischio sismico, fissando soglie di criticità, limiti e condizioni alla trasformazione.

**Fig.1:** Evoluzione della classificazione sismica italiana.

Si riporta di seguito un breve excursus normativo sulle principali norme di settore dagli anni '70 ad oggi.





### **Anni '70:**<sup>1</sup>

- L. 2 novembre 1971 n. 1086: "Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso e a struttura metallica";
- L. 2 febbraio 1974 n. 64: "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche";
- D.M. 3 marzo 1975 n. 40: "Approvazione delle norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche" e "Disposizioni concernenti l'applicazione delle norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche".
- D.M. 30 maggio 1974: "Norme tecniche per l'esecuzione di opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche"
- L.R. 7 dicembre 1978 n.47: "Tutela e uso del suolo" (i PRG hanno il compito di individuare quelle aree da sottoporre a speciali norme ai fini della difesa del suolo e indica come non idonee all'insediamento le aree soggette a dissesto idrogeologico, valanghe, alluvioni).

### **Anni '80:**

- D.M. 21 gennaio 1981: "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione".
- Circolare regionale 11 febbraio 1983 n. 1288: "Indicazioni metodologiche sulle indagini geologiche da produrre a corredo dei piani urbanistici comunali" (primo riferimento metodologico per le analisi di pericolosità sismica locale);
- D.M. 23 luglio 1983: "Aggiornamento delle zone sismiche della Regione Emilia-Romagna" (89 Comuni dell'Emilia-Romagna vengono classificati in zona sismica di II categoria);
- D.M. 19 giugno 1984: "Norme tecniche relative alle costruzioni in zone sismiche";
- L.R. 18 giugno 1984 n.35: "Norme per lo snellimento delle procedure per le costruzioni in zone sismiche e per la riduzione del rischio sismico. Attuazione dell'art. 20 della L.741/1981" (le previsioni del piano devono essere congruenti con le analisi di pericolosità del territorio e con i piani di protezione civile);

---

<sup>1</sup> In attuazione dell'art. 21 della legge n. 1086/1971 è stato emanato quale ultimo aggiornamento della normativa tecnica il D.M. 9 gennaio 1996 – Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche (*G.U. 5 febbraio 1996, n. 29 supplemento*).

In attuazione dell'art. 1 della legge n. 64/1974 sono stati emanati quali ultimi aggiornamenti di normativa tecnica:

- D.M. 20 novembre 1987 – Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo degli edifici in muratura e per il loro consolidamento (*G.U. 5 dicembre 1987, n. 285 supplemento*)
- D.M. 16 gennaio 1996 – Norme tecniche relative ai "Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi" (*G.U. 5 febbraio 1996, n. 29 supplemento*)
- D.M. 11 marzo 1988 – Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione (*G.U. 1 giugno 1988, n. 127 supplemento*)
- D.M. 3 dicembre 1987 – Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo delle costruzioni prefabbricate (*G.U. 7 maggio 1988, n. 106 supplemento*)
- D.M. 4 maggio 1990 – Aggiornamento delle norme tecniche per la progettazione, la esecuzione e il collaudo dei ponti stradali (*G.U. 29 gennaio 1991, n. 24*).

In attuazione dell'art. 3 della legge n. 64/1974 è stato emanato quale ultimo aggiornamento di normativa tecnica il D.M. 16 gennaio 1996 – Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche (*G.U. 5 febbraio 1996, n. 29 supplemento*).

- Regolamento regionale 13 ottobre 1986, n.33 “Disposizioni regolamentari concernenti il contenuto e i requisiti di completezza dei progetti esecutivi di nuove opere e costruzioni in zone sismiche, in attuazione della LR 35/1985”(modificato con R.R. 19/1995);
- D.M. 24 gennaio 1986: “Istruzioni relative alla normativa tecnica per le costruzioni in zona sismica”;
- D.M. 20 novembre 1987: “Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo degli edifici in muratura e per il loro consolidamento”.

### **Anni '90:**

- D.M. 16 gennaio 1996: “Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche”;
- Circolare n.65 del 10 aprile 1997: “ Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche delle costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16.01.1996”.

### **Dal 2000 ai giorni nostri**

- O.P.C.M. 3274 del 20 marzo 2003 “primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e norme tecniche per le costruzioni in zona sismica” (in Emilia Romagna 112 Comuni sono classificati in zona 2-media sismicità, 214 in zona 3- bassa sismicità, 22 in zona 4- bassissima sismicità, nessun Comune è classificato ad elevata sismicità); (recepita con D.G.R. 1435 del 21.07.2003 e precisata – per l'entrata in vigore – con D.G.R. 1677 del 24 ottobre 2005)
- O.P.C.M. 3431 del 3 maggio 2005: “Ulteriori modifiche ed integrazioni all'O.P.C.M. 20 marzo 2003 n. 3274, recante «Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica»”;
- D.M. 14 settembre 2005: “Norme tecniche per le costruzioni”;
- Direttiva del Presidente Del Consiglio Dei Ministri 12 ottobre 2007: Direttiva per la valutazione e la riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle norme tecniche per le costruzioni;
- D.G.R. 1677 del 24 ottobre 2005: “prime indicazioni applicative in merito al D.M. 14.09.2005 recante Norme tecniche per le costruzioni” (tutti gli strumenti di pianificazione urbanistica sono tenuti a valutare la compatibilità delle previsioni con l'obiettivo di ridurre il rischio sismico);
- Delibera Assemblea Legislativa 112 del 2 maggio 2007: “Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica”;
- D.M. 14 gennaio 2008: Nuove norme tecniche per le costruzioni;
- L.R. 30 ottobre 2008 n.19: “Norme per la riduzione del rischio sismico”;
- Circolare 617/2009 del Ministero LL.PP. “Applicazione delle NTC 2008”;
- D.G.R. 1071 del 26/07/2010 – “Individuazione dei contenuti cogenti del progetto esecutivo riguardante le strutture, ai sensi dell'art. 12 comma 1 della L.R. 19/2008”;
- Vademecum sulle procedure di vigilanza e controllo delle costruzioni ai fini della riduzione del rischio sismico (titolo IV della L.R. 19/2008)- 29/07/2010;

- Direttiva del Ministro per i Beni e le attività culturali per la valutazione del rischio sismico nel patrimonio culturale tutelato, con riferimento alle NTC 2008- 10/02/2011- (integra e rivede le linee guida emanate nel 2007);
- D.G.R. 687 del 23/05/2011 (che sostituisce la DGR 121/2010) – “Individuazione degli interventi privi di rilevanza per la pubblica incolumità ai fini sismici e delle varianti in corso d’opera, riguardanti parti strutturali, che non rivestono carattere sostanziale ai sensi dell’art. 9 co 4 della L.R. 19/2008”;
- D.G.R. 1879 del 19 dicembre 2011 – “Definizione degli interventi di sopraelevazione, ampliamento e delle strutture compenetranti, ai fini dell’applicazione del paragrafo 8.4.1 delle NTC 2008 e della l.r. 19/2008”;
- D.G.R. 1373 del 26 settembre 2011 (che sostituisce la DGR 1071/2010) – “Individuazione della documentazione attinente alla riduzione del rischio sismico necessaria per il rilascio del Pdc e per gli altri titoli edilizi, individuazione degli elaborati costitutivi e dei contenuti del progetto esecutivo riguardante le strutture...”;
- O.P.C.M. 4007 del 29 febbraio 2012: “Contributi per interventi di prevenzione del rischio sismico” (finanziamenti per gli studi di micro zonazione sismica e per la condizione limite di emergenza -CLE-, contributi per interventi di miglioramento sismico per la prima volta concessi ai privati);
- D.M. 31/07/2012: “Approvazione della Appendici Nazionali recanti i parametri tecnici per l’applicazione degli Eurocodici”;
- O.P.C.M. 52 del 20.02.2013: Presidenza del Consiglio dei Ministri, Dipartimento della Protezione Civile - Attuazione dell’articolo 11 del decreto-legge 28 aprile 2009 n. 39, convertito, con modificazioni, dalla legge 24 giugno 2009, n. 77. (Finanziamenti per gli studi di micro zonazione sismica e per la condizione limite di emergenza -CLE-, contributi per interventi di miglioramento sismico concessi ai privati, a seguito del quale la Regione Emilia Romagna ha emandato la DGR 1919/2013).
- DGR 1919 del 16 dicembre 2013 – “Approvazione dei criteri per gli studi di microzonazione sismica ed assegnazione dei contributi di cui all’ordinanza del capo dipartimento della protezione civile n.52/2013 a favore degli enti locali”



### 3. Il percorso: la sicurezza sismica nella pianificazione

Da tempo il Comune di Faenza si è interessato alle problematiche della sicurezza territoriale ed alle misure che possono essere adottate nell'ambito della pianificazione urbanistica per ridurre i rischi legati all'antropizzazione dei luoghi (rischi idraulici, rischio da frane, rischio di subsidenza e permeabilità dei suoli ecc...).

In sintonia con la L.R. 20/2000, volendone recepire le finalità di prevenzione dal rischio sismico, nel gennaio 2010 è stato approvato il PSC Associato dei sei Comuni dell'Ambito faentino, che vede tra i propri elaborati conoscitivi sui rischi naturali la carta della microzonazione sismica (1:10.000).

Le indagini di microzonazione sismica di II livello effettuate per il PSC faentino sono state tradotte in mappa in aree a pericolosità sismica (in termini di fattori di amplificazione stratigrafica e/o topografica) ed hanno permesso di individuare le parti del territorio urbano che presentano particolari criticità (terreni potenzialmente liquefacibili o terreni poco consolidati), e che per questo possono necessitare di particolari attenzioni nella progettazione e gestione delle infrastrutture e delle costruzioni.

*Gli studi di microzonazione sismica consentono di fatto, di caratterizzare il territorio in base alla risposta sismica locale, cioè al comportamento del terreno durante e dopo il terremoto, individuando e delimitando le aree a comportamento omogeneo, distinguendo tra zone stabili, zone suscettibili di amplificazione del moto sismico e zone soggette ad instabilità, quali frane, fratturazioni superficiali e liquefazioni.*

Già dal PSC quindi il Comune di Faenza, integrando le indagini della pericolosità geologica nel processo di pianificazione, ha cercato con norme calibrate ai risultati ottenuti dalla microzonazione sismica, di concorrere alla prevenzione e riduzione del rischio sismico, prescrivendo per le zone potenzialmente liquefacibili di futura trasformazione indagini di microzonazione di III livello e valutando nel contempo le possibili ricadute delle strategie di pianificazione urbanistica sui sistemi antropici e naturali.



Fig.1: Carotaggio e scatola di estrazione

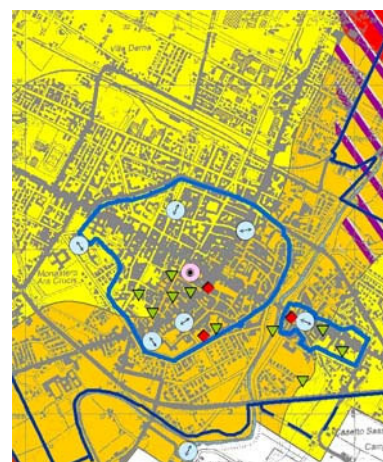


Fig.2: Carta di microzonazione

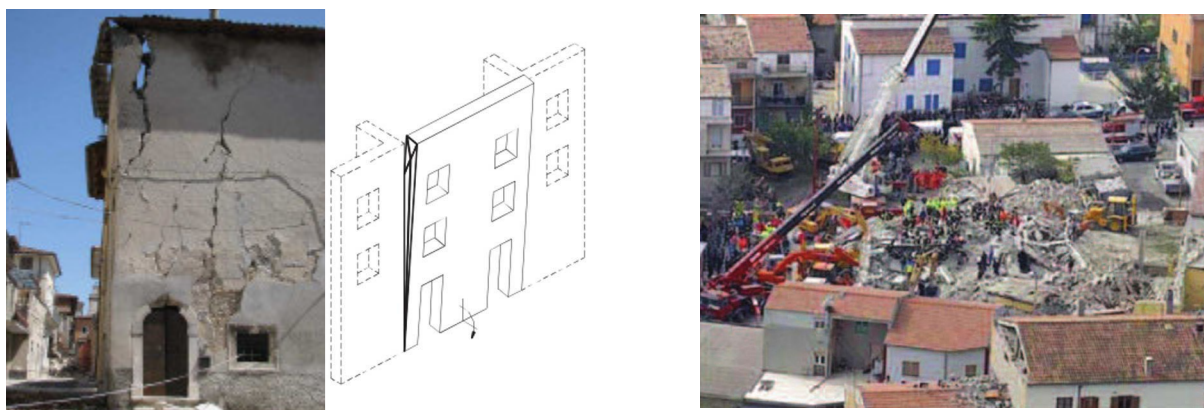
A seguito dell'esperienza del PSC il Settore Territorio è stato interessato al coordinamento ed alla supervisione di un corso dal tema "Pianificazione urbanistica e sicurezza territoriale" organizzato dal Centro Provinciale di Formazione Professionale (CPFP) che si è svolto nel periodo novembre 2010 - maggio 2011, ed è stato rivolto ai tecnici e funzionari delle pubbliche amministrazioni ed ai liberi professionisti.

Il corso ha ricevuto il patrocinio degli Ordini degli Ingegneri e degli Architetti, e del Collegio dei Geometri e Geometri Laureati della Provincia di Ravenna ed ha visto un'importante adesione dei tecnici esterni alla Pubblica Amministrazione, probabilmente anche grazie al contenuto specialistico degli incontri ed alla riconosciuta professionalità dei relatori invitati. Lo spettro degli argomenti trattati durante il corso, articolato in dieci conferenze, ha riguardato oltre la sismica e le modalità di intervento sul patrimonio edilizio esistente, diversi argomenti in tema di sicurezza territoriale.

Le materie trattate sono state affrontate con un particolare taglio interdisciplinare evidenziando per ognuna di esse il contributo preventivo che la pianificazione urbanistica può offrire, sia per la risoluzione di eventuali problematiche ad essa connesse sia per il miglioramento di situazioni-prassi già virtuose ed esistenti.

Per quanto attiene il rischio sismico nelle prime lezioni del corso sono state evidenziate le esperienze di ricostruzione e di gestione dell'emergenza dei principali terremoti italiani sviluppatasi dai primi del '900 ad oggi (dal Belice al Friuli, dall'Umbria all'Abruzzo), e la conseguente evoluzione della normativa di settore, in quanto da sempre la normativa italiana è stata condizionata dagli effetti rilevati a seguito delle crisi sismiche, il tutto anche in ragione del viaggio-studio all'Aquila che ha decretato la chiusura del corso.

Partendo dall'assunto che il Rischio sismico può essere espresso dalla relazione di *pericolosità* (condizione del sottosuolo), *vulnerabilità* (qualità delle costruzioni e utilizzo di tecniche costruttive antisismiche) ed *esposizione* (distribuzione della popolazione e affollamento dei centri abitati), la seconda parte del corso è stata concentrata su alcune significative metodologie di analisi di questi aspetti. Sono stati perciò analizzati gli aspetti geologici preventivi alle attività di progettazione di un piano urbanistico, facendo in particolare riferimento alle analisi della risposta sismica locale e della pericolosità sismica locale.



**Fig. 3:** Meccanismi di collasso, ribaltamento della facciata fuori dal piano

**Fig. 4:** Crollo della scuola elementare *Francesco Jovine* a San Giuliano di Puglia (Campobasso) 2002 (fonte Martelli Alessandro- "Pianificazione urbanistica e sicurezza territoriale" 2011)

In questa seconda parte di incontri è stato portato ad esempio il caso dello studio di microzonazione sismica del PSC dell'Ambito faentino, dove, oltre allo studio bibliografico delle analisi già in possesso delle Amministrazioni, sono state

condotte mirate analisi geognostiche e geofisiche (n. 31 prove penetrometriche statiche-CPT, n. 4 sondaggi a carotaggio continuo, n.2 prove DH-Down-Hole, n. 41 prove MASW -Multi Channel Analysis Surface Waves) in relazione alle quali è stata elaborata quella zonazione dettagliata del territorio descritta in premessa, con il coordinamento del Servizio Geologico Sismico e dei Suoli della Regione Emilia Romagna .

Sono state poi esposte diverse metodologie di valutazione della vulnerabilità edilizie a scala urbana secondo pratiche speditive, evidenziando esperienze condotte nell'ambito di alcuni piani di recupero emiliano-romagnoli e ricerche universitarie sul tema dell'analisi degli aggregati di centro storico.

La trattazione delle indagini di vulnerabilità è poi scesa alla scala di dettaglio dell'edificio: sono stati esaminati i punti di forza e debolezza connessi alle diverse tecniche costruttive (muratura, c.a., acciaio), le tecniche e prassi per il consolidamento, nuove tecnologie antisismiche come la based isolation ed i dissipatori.

Questa osservazione attenta delle condizioni predisponenti al danneggiamento dei sistemi urbani e dei singoli edifici in caso di sisma, comunemente chiamata indagine di vulnerabilità, è la via preferenziale per prevedere il loro possibile comportamento a fronte di un evento sismico e poterne programmare la "riattivazione" dopo il black-out.

Benché vi sia una vasta produzione letteraria sul tema della vulnerabilità sismica degli edifici, il tema della vulnerabilità del sistema urbano riveste centralità ed assume carattere di sperimentazione nel dibattito disciplinare.

La riflessione emersa da questo secondo ciclo di conferenze ha in definitiva riguardato il comportamento di un sistema urbano e territoriale a fronte di un evento sismico, che non è solo frutto della sommatoria di effetti legati alle singole vulnerabilità degli edifici, ma dipende anche "dalla condizione del suolo", dalle interazioni dei fabbricati che si trovano in aggregato e dalle interazioni tra questi, le infrastrutture e l'organizzazione insediativa.

Nel 2011 iniziano le attività di progettazione del RUE (regolamento urbanistico ed edilizio), che hanno alle spalle l'esperienza del PSC e della microzonazione sismica e gli approfondimenti tematici sviluppati nel corso di pianificazione urbanistica e sicurezza territoriale.

In funzione e a supporto delle analisi ed elaborazioni del RUE, a partire dai primi mesi del 2011 sono stati sviluppati due progetti mirati a prevedere il possibile danno sismico urbano: questi progetti concernono il sistema urbano del territorio consolidato "residenziale" e un approfondimento sul centro storico ed i suoi codici di pratica.

La sperimentazione sulla più vasta area del sistema urbano consolidato residenziale è stata condotta nell'ambito del progetto Urbisit 2011-2012, in collaborazione con la Protezione Civile di Roma, il CNR (Istituto di Geologia Ambientale e Geoingegneria) e la Regione Emilia Romagna (servizio geologico).

Nel progetto Urbisit 2011-2012, con particolare attenzione all'archiviazione ed elaborazione dei dati con sistemi GIS, sono stati affrontati i temi della "Microzonazione sismica e pianificazione " e della "Metodologia per la valutazione della vulnerabilità sismica a scala urbana", che hanno visto come protagonisti e parte attiva i Comuni di Faenza e Solarolo.

I risultati ottenuti da parte della Protezione Civile consistono nell'aver improntato un riferimento metodologico per la valutazione della vulnerabilità urbana per un centro urbano di medie dimensioni e conseguenti scenari di danno del rischio sismico e nell'ideazione della "condizione limite di emergenza" (C.L.E.), introdotta in abbinamento alla conduzione delle indagini di microzonazione sismica per la prima volta nell' O.P.C.M . 4007/2012.

Il Comune di Faenza di contro ha “testato” la valutazione della vulnerabilità del centro urbano residenziale e la conseguente elaborazione degli scenari di danno sismico rispetto due terremoti attesi di diversa intensità, oltre che, primo Comune in Italia, aver messo a punto la condizione limite d'emergenza.

Il focus sul centro storico è stato invece realizzato, a seguito dell'approvazione di una convenzione di reciprocità, dall'Arch. Caterina Carocci dell'Università degli studi di Catania ed è stato motivato dal valore identitario che il centro storico di Faenza riveste per i cittadini e dalla forte presenza di attività commerciali-direzionali e residenze ivi collocate.

Il centro storico di Faenza, come la quasi totalità dei centri storici italiani, è composto da un patrimonio edilizio vetusto costruito ante 1919, circa 2000 edifici (corrispondente all'80% del patrimonio edilizio del centro storico), molto spesso non adeguato alla normativa sismica ed organizzato in aggregato e per questo identificato come la parte più vulnerabile della città.

Il lavoro sul centro storico è un lavoro “calzato” sulle tecniche costruttive locali e sul processo evolutivo del costruito faentino, oggetto dello studio è l'edilizia storica “minore” in quanto considerata una parte importante del tessuto storico, per volume e capillarità delle trasformazioni.

### **Vulnerabilità del centro urbano e scenari di danno sismico urbano**

I Comuni di Faenza e Solarolo sono stati scelti per caratteristiche differenti riguardo a dimensione territoriale dell'impianto urbano e della consistenza edilizia, per poter coerentemente testare due diversi livelli di approfondimento di indagine. A Faenza è stata condotta una valutazione della vulnerabilità di II livello (livello speditivo, conseguibile sulla base di dati e documentazione esistente, confermati da una serie di sopralluoghi), mentre su Solarolo è stata effettuata una valutazione della vulnerabilità di III livello (indagine più di dettaglio, spinta fino alla mappatura puntuale del costruito mediante la compilazione delle schede Aedes).

Il criterio assunto per la disamina speditiva della vulnerabilità a scala urbana è definibile “tipologico”, sono state studiate le tipologie costruttive e strutturali ricorrenti di Faenza e Solarolo, identificando per ognuna di esse diverse qualità (tecnica costruttiva, regolarità o irregolarità, collocazione in aggregato, numero dei piani) descritte mediante un codice alfanumerico di sintesi.

L'analisi delle tipologie è stata rappresentata in un abaco, utilizzabile ed implementabile anche per gli altri Comuni dell'ambito faentino in funzione delle specificità dei tessuti storici: ad ogni tipologia, sulla base delle caratteristiche ricorrenti di strutture orizzontali e verticali, è stata associata una classe di vulnerabilità EMS 98 (European Macroseismic Scale).

L'associazione delle tipologie ricorrenti alle classi di vulnerabilità EMS 98 consente quindi di identificare ambiti che possono essere ragionevolmente considerati omogenei, da cui discendono probabilità di danno ritenute sufficientemente attendibili, benché soggette a margini di variabilità ed incertezza.

Dall'indagine della vulnerabilità del consolidato residenziale del Comune di Faenza si è proceduto all'elaborazione degli scenari di danno (distribuzione dei danneggiamenti per diversi livelli di intensità), che sono stati costruiti seguendo la metodologia messa a punto ed applicata a 24 centri storici della Valdaso (nella Regione Marche) ed appoggiandosi

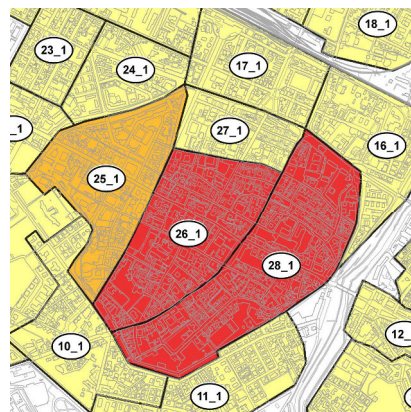


all'applicativo SIGE (Sistema Informativo per la Gestione dell'Emergenza) in uso presso il Dipartimento della Protezione Civile.

Gli scenari generati permettono la valutazione probabilistica degli effetti prodotti su edifici e popolazione (in termini di edifici danneggiati, inagibili, crolli, vittime e senzatetto), generati da due terremoti di diversa intensità (riferiti a tempi di ritorno a 98 e 475 anni): le perdite attese sono differenziate per le diverse zone del centro urbano secondo la preliminare suddivisione operata nell'indagine di vulnerabilità.



**Fig. 5:** Ambiti a tipologia omogenea (Fig. 10, Cap.4.2)



**Fig. 6:** Distribuzione abitazioni inagibili terremoto con tempo di ritorno a 475 anni (Fig.9, Cap. 4.4)

### La C.L.E. (Condizione Limite per l'Emergenza)

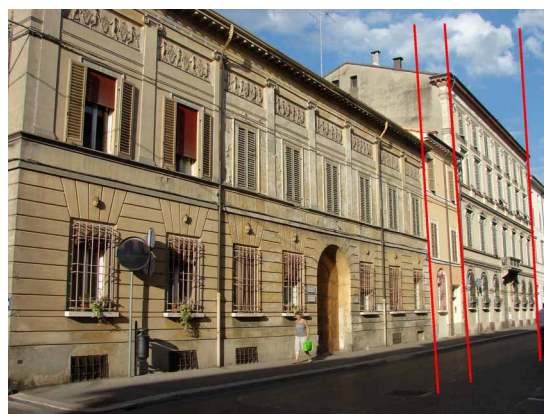
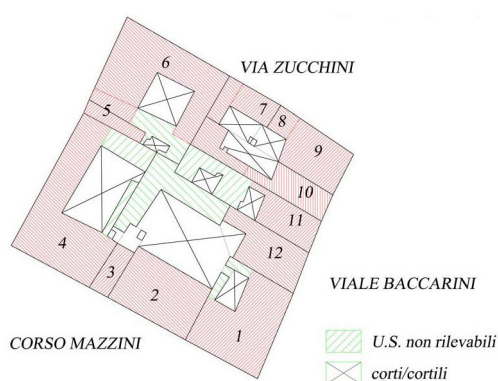
Contemporaneamente, sempre a livello sperimentale, è stata predisposta la “condizione limite di emergenza dell’insediamento urbano” di Faenza (elaborazione di una planimetria e compilazione di schede tematiche), la cui procedura di analisi testata nel nostro comprensorio è stata introdotta anche se con accezione facoltativa nella O.P.C.M. 4007/2012 ed è stata resa obbligatoria nell’ambito dell’effettuazione di indagini di microzonazione sismica con la O.P.C.M. 52/2013.

La Condizione Limite d'Emergenza (C.L.E.) dell’insediamento urbano rappresenta la “condizione limite obiettivo” da assicurare per la gestione dell'emergenza.

L’analisi della C.L.E. è volta a garantire il funzionamento di un sistema minimo di strutture strategiche che, nonostante l’attivarsi di un evento sismico, mantengano la loro funzionalità, la loro accessibilità e connessione con il contesto territoriale, e conseguentemente garantiscano una efficace gestione dell'emergenza, seppur in concomitanza con il verificarsi di danni fisici e funzionali diffusi nell’insediamento urbano.

La Condizione Limite di Emergenza (C.L.E.) per il Comune di Faenza è stata pensata seguendo criteri di economicità e non ridondanza dei percorsi, individuando gli edifici strategici e le aree di emergenza-ricovero riportati nel Piano Comunale di Protezione Civile e collegandoli mediante gli assi di connessione e accessibilità con il contesto territoriale (le strade). Rispetto a questo sistema di strutture strategiche (edifici, strade e spazi aperti), sono stati valutati gli aggregati ed edifici interferenti. Come le fasi immediatamente successive alla sperimentazione hanno confermato, il reciproco aggiornamento e confronto tra Piano Comunale di Protezione Civile e la C.L.E. rappresentano di per sé un passo in avanti verso il coordinamento di azioni finalizzate alla sicurezza della città.

La Condizione Limite d'Emergenza (C.L.E.) nelle ordinanze nazionali è stata infatti abbinata agli studi di microzonazione sismica per una migliore e consapevole individuazione e localizzazione degli elementi strategici di protezione civile (spazi ed edifici) e per indurre sempre più all' integrazione delle azioni finalizzate alla mitigazione del rischio sismico. La pianificazione urbanistica, gli studi geologici preventivi e i piani di protezione civile, non devono essere più isole a se stanti, ma discipline profondamente legate dall'obiettivo comune di salvaguardare la vita della popolazione, prevenire i danni da rischio sismico e di gestire nel modo più efficace possibile le attività di emergenza nelle fasi successive alla crisi sismica.



**Fig. 7:** Faenza, studio degli aggregati strutturali e suddivisione in unità strutturali

### Approfondimento delle vulnerabilità del Centro Storico

La convenzione di reciprocità stretta con l'Università degli studi di Catania prevedeva la realizzazione di attività di studio finalizzate a concorrere alla definizione di strategie urbanistiche atte a supportare interventi di miglioramento sismico sugli edifici del centro storico.

Il lavoro si è sviluppato in tre fasi, di seguito sinteticamente descritte:

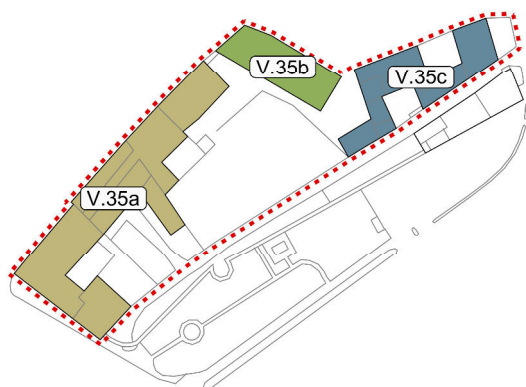
1. identificazione e mappatura delle vulnerabilità sismiche del tessuto edilizio del centro storico;
2. definizione di una procedura di analisi, interpretazione e progetto applicata su un aggregato rappresentativo del tessuto del centro storico;
3. stesura di linee guida contenenti le indicazioni di progetto per la mitigazione della vulnerabilità sismica degli edifici in aggregato.

Lo scopo dell'indagine di vulnerabilità del tessuto edilizio del centro storico (fase 1 del lavoro) è stato quello di delineare un quadro generale della suscettibilità dell'edificato di Faenza, identificando le principali vulnerabilità e resistenze (punti di forza) che possono influenzare i comportamenti degli edifici in aggregato in caso di un sisma, nonché di individuare gli aggregati del centro storico nella accezione introdotta dalla recente normativa sismica.

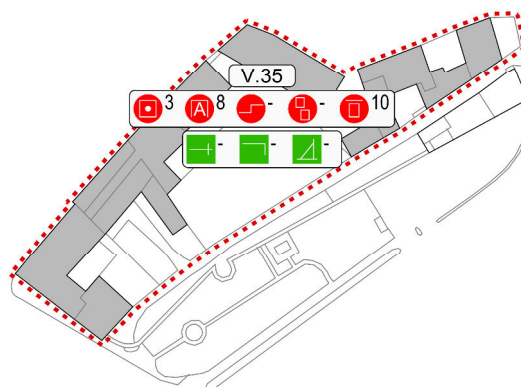
I risultati della prima fase del lavoro sono stati raccolti in due tavole di sintesi (in scala 1:2000) denominate "Tavola dell'identificazione degli aggregati" e "Tavola della vulnerabilità e resistenze osservate".



**Fig. 8:** Foto a volo d'uccello aggregato, sub aggregati collegati da recinti murari



**Fig. 9:** Suddivisione dell'aggregato strutturale.



**Fig. 10:** Individuazione vulnerabilità e resistenze.

Dei fattori di vulnerabilità osservati sul campo, si è ritenuto opportuno individuare sulla cartografia cinque di essi, che per diffusione e caratteristiche peculiari, sono significativi nell'ambito della valutazione generale della vulnerabilità sismica del tessuto storico faentino. Tali fattori sono riferiti alle caratteristiche proprie dell'impianto originale dell'edificio (presenza di volumi svettanti, disallineamento degli orizzontamenti degli edifici in aderenza, disallineamento in verticale delle aperture di facciata, ridotto spessore dell'architrave in corrispondenza della cimasa), ma anche derivanti da modificazioni antropiche, delle quali la più influente è l'allargamento delle aperture al piano terra.

Le resistenze (punti di forza) sono invece rappresentate dai presidi posti in opera grazie alla consapevolezza costruttiva degli operatori durante l'edificazione o il recupero degli edifici: muri a scarpa, contrafforti ed incatenamenti a livello di solai.

La fase 2 del progetto è consistita nello studio di un aggregato campione con la finalità di indicare una procedura di analisi accompagnata da alcune linee operative utili per un progetto di conservazione dell'edificato e di mitigazione della vulnerabilità sismica dell'aggregato stesso.

L'aggregato oggetto di studio, stretto tra via Torricelli, via San Michele, via S. Giovanni Bosco e via Zuffe, è stato scelto, tra altri, quale oggetto significativo per la ricorrenza dei caratteri tipologico-costruttivi e delle vulnerabilità e resistenze, riscontrati in maniera diffusa anche negli altri aggregati di centro storico della fase 1.

Il lavoro ha comportato un'azione di rilievo critico di dettaglio sul campo, effettuato accedendo all'80 % del complessivo numero di unità immobiliari e corti interne normalmente chiuse al pubblico, confluito in osservazioni e considerazioni sulla configurazione dell'aggregato, poi utilizzate per la costruzione degli scenari di danno sismico.

Gli esiti di questo lavoro hanno evidenziato alcuni punti deboli delle singole unità edilizie e del loro assemblaggio, tra le quali le più significative sono: pareti in falso al piano terra su sottostanti piani voltati, manomissioni delle cellule murarie per l'inserimento di solai in cemento armato a fianco a solai lignei, allargamenti delle aperture al piano terra, solai a volta affiancati a solai in legno o metallo.

Tali vulnerabilità possono dirsi "rappresentative" anche per i restanti 120 aggregati di centro storico e seppure non siano fonte di preoccupazione in "tempo di pace", la letteratura del settore conferma che sono puntualmente ed inesorabilmente evidenziate in occasione di eventi sismici.

La terza fase del progetto, oltre a raccogliere in sintesi le vulnerabilità e resistenze più ricorrenti evidenziate nelle prime due parti del lavoro, illustra le problematiche che tali vulnerabilità potrebbero generare in occasione di un evento sismico e raccoglie criteri e indicazioni operative riferite alla mitigazione di tali vulnerabilità, nel rispetto dell'architettura muraria storica e della tutela urbana.

Nella terza fase viene illustrata la metodologia di analisi ed interpretazione adottata nello studio dell'aggregato campione ed attuabile anche per l'analisi di singoli interventi edilizi, seppure tale procedura sia più efficace nell'ambito di analisi che coinvolgono più unità strutturali in aggregato o intere porzioni di tessuti urbani, l'approccio del processo proposto, fondato sul "rilievo critico" e su un progetto che coniuga sicurezza e conservazione, è applicabile con successo anche a singoli edifici.

Le conoscenze approfondite nell'ambito del progetto del Centro Storico e dello studio sulla vulnerabilità sismica condotto dall'Università di Catania, sono mirate all'incremento di consapevolezza ed attenzione verso i temi di riduzione del rischio sismico e del rispetto dei caratteri costruttivi e meccanici del patrimonio edilizio storico.

## 4. Il Rischio Sismico Urbano

### 4.1 La microzonazione: la pericolosità

La microzonazione sismica dei centri abitati dell'ambito faentino (Faenza, Solarolo, Castel Bolognese, Brisighella, Riolo Terme e Casola Valsenio) è stata realizzata con il coordinamento del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia Romagna ed è stata redatta secondo le indicazioni dell'Atto di indirizzo e coordinamento tecnico n.112 del 02/05/2007, approvato dall'Assemblea Legislativa della Regione Emilia-Romagna e pubblicato sul Bollettino Ufficiale n.64 del 17/05/2007, denominato: "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica".

Prima di descrivere le analisi puntuali e i risultati dello studio di microzonazione sismica dei Comuni dell'Ambito faentino, e al fine di inquadrare in maniera univoca l'argomento trattato, è necessario fare una premessa sulle tematiche che stanno alla base di tale studio. E' innanzitutto necessario comprendere come la risposta sismica locale (RSL), che consiste nell'identificazione degli effetti ambientali derivati dal comportamento del terreno durante un terremoto, riassume al suo interno un concetto di pericolosità sismica del territorio che si basa sul sovrapporsi di almeno due componenti:

- 1) la sismicità dell'area, cioè la frequenza e l'energia degli eventi sismici che possono verificarsi in un territorio e la distanza dalle sorgenti sismogenetiche; questa componente è definita "pericolosità sismica di base";
- 2) le condizioni geologiche e morfologiche locali che possono modificare la frequenza, l'ampiezza e la durata del moto sismico in superficie aumentandone gli effetti (di particolare interesse il fenomeno dell'amplificazione) e contribuendo a fenomeni di modificazione permanente del territorio quali frane, liquefazione, densificazione, fagliazione, ...; queste modificazioni del moto sismico, dovute essenzialmente alle condizioni geologiche e morfologiche, vengono denominate "effetti locali".

In sostanza, per una corretta valutazione della pericolosità sismica di un territorio, è importante conoscere sia la pericolosità sismica di base che i possibili effetti locali e, soprattutto, le aree dove questi effetti possono essere attesi.

La microzonazione sismica è, in sintesi, la suddivisione dettagliata del territorio in zone al cui interno la risposta sismica locale può, grazie ad una analisi di II° livello ai sensi dell'Atto di indirizzo della Regione Emilia Romagna n. 112 del 02/05/2007, essere considerata omogenea; la microzonazione sismica rappresenta, pertanto, uno strumento particolarmente efficace per rappresentare a scala territoriale la pericolosità sismica.

A questo proposito va precisato, che i tipi di terreni e gli elementi morfologici che possono determinare effetti locali sono noti da tempo: si tratta soprattutto di depositi detritici non cementati o terreni poco consolidati, come ad esempio i depositi alluvionali e i detriti di versante (indipendentemente dalla genesi), e di alcune forme del paesaggio, quali dorsali,

creste, scarpate e versanti con acclività maggiore di 15° e dislivelli superiori a 30 m. Nella tabella 1, allegata all'Atto di Indirizzo della Regione (Delibera n.112/2007, Allegato A1) sono indicati, ad esempio, i principali depositi e gli elementi morfologici che possono determinare effetti locali in Emilia-Romagna.

In conclusione, è necessario chiarire che gli elementi litologici e morfologici utili per redigere la microzonazione sismica sono identificabili primariamente dalla cartografia geologica e topografica già disponibile, in particolare, grazie all'uso di sistemi informativi geografici (GIS) e ai modelli digitali del terreno; si tratta, come detto, di dati disponibili su tutto il territorio regionale nelle banche dati dell'Emilia-Romagna (<http://www.regione.emilia-romagna.it/geologia/index.htm>), che vanno implementate grazie all'incrocio critico con i dati derivanti da una campagna di indagini geognostiche e geofisiche "in situ" appositamente pianificata e che, a conti fatti, ha permesso di utilizzare al meglio i dati geognostici arealmente significativi e i dati geofisici omogenei relativi al primo sottosuolo riportati nell'allegato A2 all'Atto di Indirizzo della Regione (Delibera n.112/2007).

### **Sismicità del territorio dei Comuni dell'Ambito faentino**

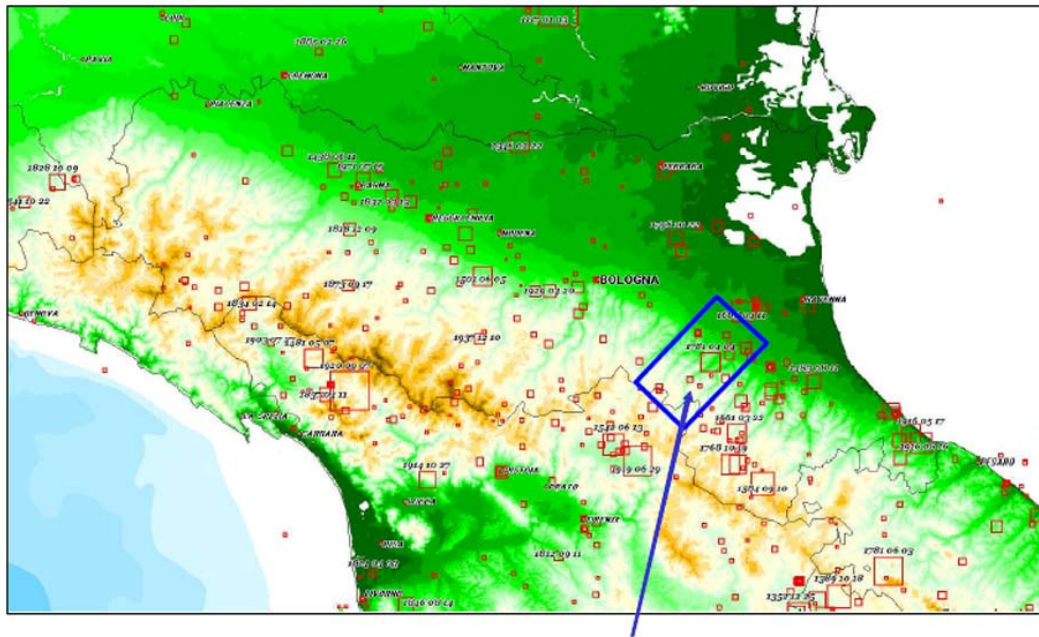
L'area di studio si estende dal basso Appennino romagnolo (Comuni di Brisighella, Casola Valsenio e Riolo Terme) alla media pianura romagnola (Comune di Solarolo) e comprende l'intero settore di margine appenninico-padano della Provincia di Ravenna (Comuni di Faenza e Castel Bolognese).

Questa zona è soggetta ad una sismicità che può essere definita media rispetto alla realtà nazionale, con terremoti storici che hanno causato effetti di intensità (Is) fino a 8 della scala MCS (Mercalli-Cancani-Seiberg) e magnitudo stimata (Mw=Magnitudo Momento) compresa tra 5,5 e 6 (*vedi fig.1 e tab.1*).

Tutti i Comuni dell'area di studio sono classificati in zona 2 secondo la vigente classificazione sismica nazionale (OPCM 3274/2004). Tale classificazione prevede 4 classi a pericolosità sismica decrescente (zona 1: elevata sismicità; zona 2 media sismicità; zona 3: bassa sismicità; zona 4: minima sismicità).

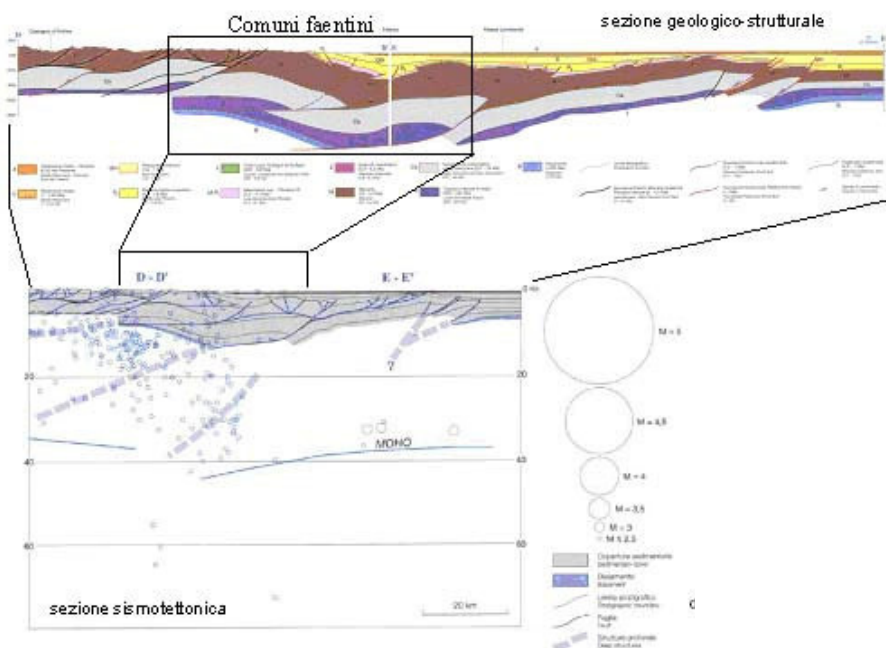
In tabella 1 sono riportati i principali terremoti che hanno interessato i Comuni dell'Ambito faentino (*da Stucchi et al., 2007, con modifiche*).

L'area di studio ricade nella zona sismogenetica 914 della zonazione ZS9 (*da Meletti & Valensise, 2004*). I principali terremoti di questa zona sono perlopiù compressivi e trascorrenti, con profondità ipocentrale generalmente compresa nei primi 25 km di profondità (*figg. 2 e 3*) (*da Boccaletti et al., 2004; DISS Working Group, 2007*).



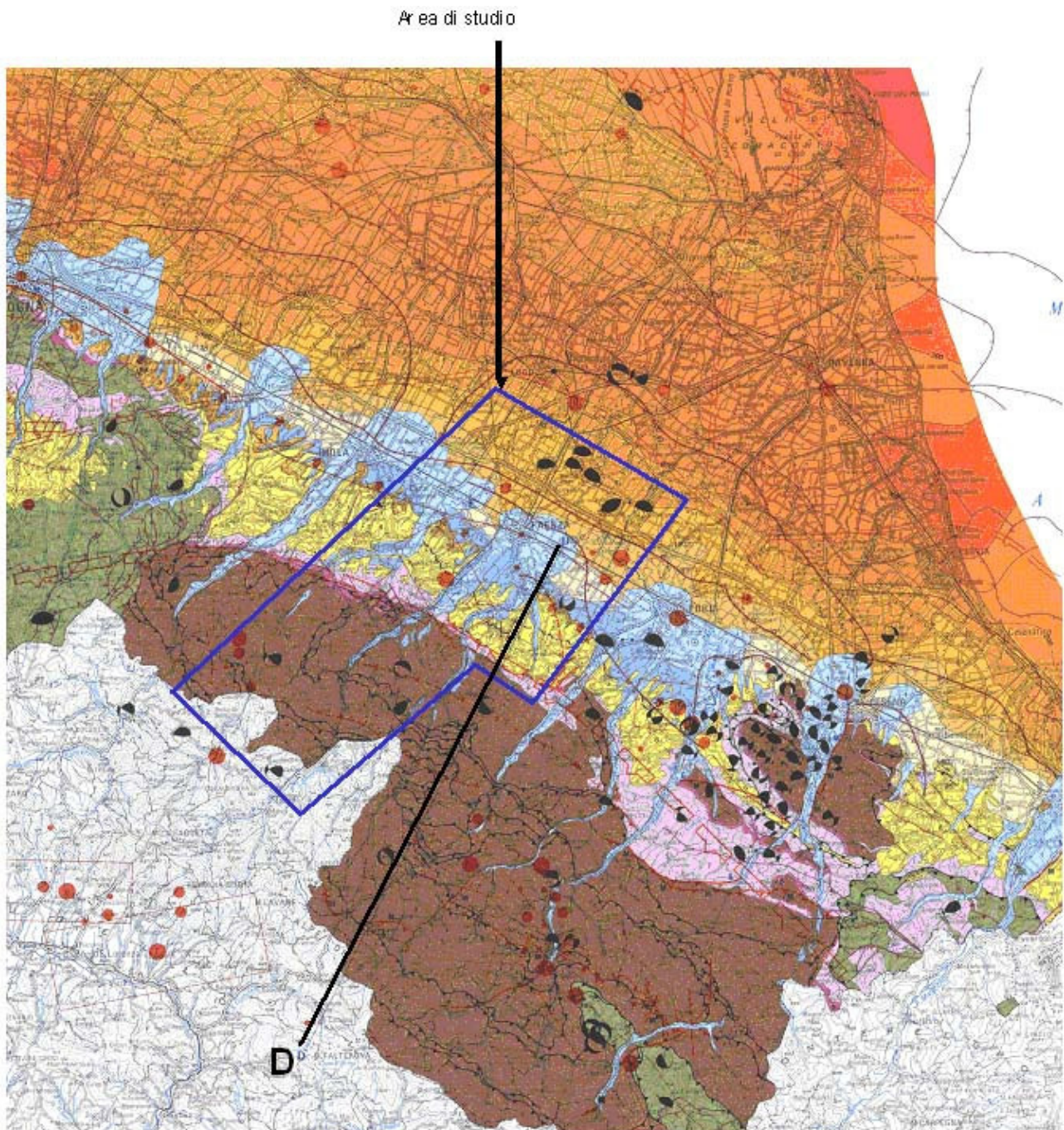
Area di studio

**Fig. 1:** Sismicità regionale; i quadratini indicano la localizzazione e l'energia dei principali terremoti che hanno interessato l'Emilia Romagna in epoca storica; la dimensione del quadrato è proporzionale alla magnitudo stimata, il centro del quadrato indica l'epicentro (da CPTI04).



**Fig. 2:** Sezione geologico-strutturale (A) e sezione sismotettonica (B) attraverso l'Appennino romagnolo e la pianura padana orientale; traccia delle sezioni in fig. 3. Da carta carta sismotettonica della Regione Emilia Romagna (Boccaletti et al. 2004)

**Fig. 3:** Inquadramento sismotettonico dell'area dei Comuni dell'Ambito faentino. Da carta sismotettonica della Regione Emilia Romagna (Boccaletti et al. 2004)





Nella seguente tabella (tab. 1) vengono elencati, in ordine decrescente di intensità risentita (Is) secondo la scala Mercalli – Canacani – Seiberg (MCS), i principali terremoti (Is > 5 MCS) dei Comuni dell’Ambito faentino.

In tabella vengono riportati inoltre i dati riguardanti la data dell’evento sismico, l’area epicentrale, l’intensità riferita all’area epicentrale (Io) e la magnitudo momento (Mw) riscontrata.

**Tabella 1:**

<b>Comune di Faenza (RA) [44.288, 11.881]</b>						
<b>Is</b>	<b>Anno</b>	<b>Mese</b>	<b>Giorno</b>	<b>Area Epicentrale</b>	<b>Io</b>	<b>Mw</b>
7-8	1688	04	11	Romagna	9	5.88
7-8	1781	04	04	Faentino	9	5.84
7	1509	04	19	Faentino	7	5.17
7	1781	07	17	Romagna	8	5.53
7	1813	09	21	Romagna centrale	7	5.32
6-7	1279	04	30	Rocca San Casciano	7-8	5.55
6-7	1591	07	10	Forlì	6-7	5.24
6-7	1661	03	22	Appennino romagnolo	9	5.83
6-7	1725	10	28	Faentino	7	5.26
6-7	1861	10	16	Forlì	6-7	5.13
6-7	1887	09	30	Faenza	6	4.83
6	1732	08	09	Faenza	6	4.83
6	1909	01	13	Bassa Padana	6-7	5.53
6	1911	02	19	Romagna meridionale	7	5.38
6	1935	06	05	Faentino	6	5.34
5-6	1875	03	17	Romagna sud-orient.	8	5.74
5-6	1918	11	10	Appennino romagnolo	8	5.79

La misura di un terremoto è infatti generalmente espressa da due parametri: la magnitudo e l’intensità. La magnitudo è la stima dell’energia sprigionata dal terremoto nel punto di origine (ipocentro), benché ve ne siano di due tipi (MI, Magnitudo Richter e Mw , magnitudo Momento), quella più attendibile e veritiera rispetto alla dimensione del terremoto è la Magnitudo Momento (Mw), poiché è legata alla dimensione e dislocazione della sorgente sismica.

L’intensità è invece la stima degli effetti che il terremoto ha creato sull’uomo, sugli edifici, sull’ambiente e può essere misurata secondo diverse scale (MCS Mercalli, EMS, ecc..)

## Indagini geognostiche e geofisiche di approfondimento

Allo scopo di supportare con un grado di attendibilità quanto più omogeneo lo studio di microzonazione, è stata in primo luogo realizzata, a partire dai dati stratigrafici geognostici disponibili, una campagna di approfondimenti geognostici appositamente effettuati in aree di minore conoscenza geologica e/o di particolare interesse urbanistico:

- n. 4 sondaggi a carotaggio continuo, perforati sino a profondità massima di oltre -30m nell'ambito del centro storico e della zona urbana periferica di Faenza;
- n. 31 prove penetrometriche statiche (CPT), spinte in genere sino a rifiuto tecnico, e finalizzate a definire con maggior dettaglio areale le caratteristiche geomeccaniche e la profondità degli strati ghiaiosi più superficiali entro il primo sottosuolo delle piane alluvionali di Faenza, Castel Bolognese e Solarolo.

L'ubicazione delle suddette prove geognostiche è individuabile nelle tavole grafiche di microzonazione sismica cui la presente relazione fa riferimento mentre i dati delle medesime (colonne stratigrafiche e grafici penetrometrici) vengono riportati di seguito in appositi tabulati. L'elenco delle prove geognostiche è riportato qui di seguito (*tab.2*).

Successivamente, allo scopo di acquisire la necessaria caratterizzazione del primo sottosuolo in termini di valori geofisici di velocità delle onde sismiche di taglio ( $V_s$ ), sono state realizzate (a cura di Ind.a.g.o. snc - Rovigo) le seguenti prove geofisiche in siti del territorio urbanizzato ed urbanizzabile di tutti i Comuni dell'ambito, appositamente individuati come significativi:

- n.2 prove DH (Down Hole), entro il foro di carotaggi rispettivamente perforati in Piazza del Popolo, nel centro storico di Faenza (DH n°1) e nella piana alluvionale ad Ovest del medesimo (DH n°2);
- n. 41 prove Masw (Multi Channel Analysis Surface Waves), distribuite sul territorio in modo da caratterizzare, quanto più possibile, le situazioni stratigrafiche principali.

Nello specifico, con le prove Down Hole si sono acquisite misure dirette e continue di  $V_s$ , mentre con le prove Masw è stato possibile ricavare, grazie alla presenza di tarature stratigrafiche, modelli sismostratigrafici in termini di velocità delle onde sismiche di taglio ( $V_s$ ).

L'ubicazione delle prove geofisiche appena descritte che, come detto, permettono di coprire buona parte del territorio urbanizzato ed urbanizzabile dei sei Comuni dell'Ambito è individuabile nelle tavole grafiche di microzonazione sismica cui la presente relazione fa riferimento.

I risultati principali delle prove Down Hole e delle prove Masw sono riportati qui di seguito e riassunti, in termini di  $V_{s30}$  (Velocità media delle onde sismiche di taglio riferita ai primi 30 m di profondità), in una apposita tabella(*tab.3*).

**Tabella 2 ELENCO CAROTAGGI E PROVE PENETROMETRICHE (CPT) MICROZONAZIONE PSC 2009**

N° CAROTAGGIO	COMUNE (ubicazione prova)	DATA	Profondità sondaggio (m)
1	Faenza (Piazza del Popolo)	02/09/2009	37
2	Faenza (Ex-Salesiani)	28/10/2009	30
3	Faenza (Piazza Lanzoni)	29/09/2009	18
4	Faenza (Via Monte di Pietà)	30/10/2009	33
N° CPT	COMUNE (ubicazione prova)	DATA	Profondità prova
1	Faenza (Via Castellani – Cortile Consorzio di Bonifica)	07/07/2009	11.60
2	Faenza (Via Torricelli – Casa Valenti)	07/07/2009	14.40
3	Faenza (Parco Tassinari – Lato Via Cavour)	07/07/2009	14.20
4	Faenza (Parco Tassinari – Lato Via Castellani)	07/07/2009	12.40
5	Faenza (Via Castellani – Lato Casa del Popolo)	17/07/2009	12.00
6	Faenza (Corso Europa)	10/07/2009	16.40
7	Faenza (Piazza Lanzoni)	17/07/2009	4.40
8	Faenza (Via Ragazzini – Parco Gatti)	16/07/2009	8.20
9	Faenza (Corso Europa – Parco della Magione)	17/07/2009	19.00
10	Faenza (Ex-Salesiani – Lato mura)	23/07/2009	13.20
11	Faenza (Via Osteria del Gallo – alla base del colle di Persolino)	22/07/2009	6.40
12	Faenza (Errano – Chiesa)	22/07/2009	8.20
13	Faenza (Pieve Ponte)	23/07/2009	22.60
14	Faenza (Via Monte di Pietà – Cà Colombaia)	17/07/2009	18.80
15	Faenza (Via Proventa – lato Via S.Silvestro)	13/07/2009	17.00
16	Faenza (Via Proventa – lato Via Granarolo)	13/07/2009	18.80
17	Faenza (Cà Quaranta)	23/07/2009	19.20
18	Faenza (Granarolo Sud)	21/07/2009	20.00
19	Faenza (Granarolo Nord)	21/07/2009	20.00
20	Faenza (Pieve Cesato Nord)	21/07/2009	20.00
21	Faenza (Pieve Cesato Est)	21/07/2009	24.00
22	Faenza (Reda – Piazza don Milani)	20/07/2009	20.00
23	Faenza (Reda – Via Cangia)	20/07/2009	17.00
24	Faenza (Reda – Cimitero Saldino)	20/07/2009	16.00
25	Faenza (Prada)	20/07/2009	20.00
1	Castel Bolognese (Via Emilia Levante)	31/07/2009	10.40
2	Castel Bolognese (Via Canale)	03/08/2009	10.80
3	Castel Bolognese (Via Calamelli)	03/08/2009	11.40
1	Solarolo (Via Caduti in Russia)	03/08/2009	17.20
2	Solarolo (Via Madre Teresa di Calcutta)	03/08/2009	24.20
3	Solarolo (Via Madonna della Salute – Scuole Elementari)	03/08/2009	22.40

Tabella 3

## ELENCO PROVE DOWN-HOLE E PROVE MASW MICROZONAZIONE PSC 2009

N° D-H	COMUNE (ubicazione prova)	DATA	VS30 (m/sec)
1	Faenza (Piazza del Popolo)	16/09/2009	235
2	Faenza (Via Monte di Pietà)	13/11/2009	233
N° MASW	COMUNE (ubicazione prova)	DATA	VS30 (m/sec)
1	Faenza (Museo delle Ceramiche)	28/07/2009	345
2	Faenza (Via Emilia - Via Reda)	28/07/2009	323
3	Faenza (Via Proventa)	28/07/2009	257
4	Faenza (Ca' Quaranta)	28/07/2009	245
5	Faenza (Via Minardi)	31/08/2009	371
6	Faenza (Ex-Salesiani)	31/08/2009	346
7	Faenza (Piazza S.Francesco)	31/08/2009	317
8	Faenza (Parcheggio Ospedale)	31/08/2009	362
9	Faenza (Corso Europa)	06/08/2009	353
10	Faenza (Borgo Tuliero - Pettinara)	06/08/2009	351
11	Faenza (Via S.Orsola)	31/08/2009	302
12	Faenza (Via Firenze)	31/08/2009	409
13	Faenza (Pieve Ponte)	12/08/2009	287
14	Faenza (Via Celle)	31/08/2009	486
15	Faenza (Errano)	31/08/2009	251
16	Faenza (Via S.Martino)	06/08/2009	347
17	Faenza (S. Lucia)	06/08/2009	418
18	Faenza (S. Silvestro Ovest)	31/08/2009	258
19	Faenza (Borgo Liverani)	31/08/2009	262
20	Faenza (Granarolo Sud)	06/08/2009	245
21	Faenza (Granarolo Nord)	06/08/2009	236
22	Faenza (Pieve Cesato chiesa)	06/08/2009	247
23	Faenza (Pieve Cesato Est)	06/08/2009	220
24	Faenza (Prada)	06/08/2009	217
25	Faenza (Reda Est)	06/08/2009	243
26	Faenza (Reda - Via Birandola)	06/08/2009	284
27	Brisighella (Molino Carrara)	31/08/2009	992
28	Brisighella (Villa Vezzano)	12/08/2009	392
29	Brisighella (Marzeno)	06/08/2009	506
30	Brisighella (Fognano)	31/08/2009	661
31	Casola Valsenio (Cimitero)	12/08/2009	676
32	Casola Valsenio (Valsenio)	12/08/2009	567
33	Riolo Terme (Campo sportivo)	12/08/2009	318
34	Riolo Terme (Terme Sud)	12/08/2009	463
41	Riolo Terme (Centro urbano)		370
35	Castel Bolognese Sud	12/08/2009	423
36	Castel Bolognese Nord	12/08/2009	418
37	Castel Bolognese Ovest	12/08/2009	357
38	Solarolo (Via Canale di Solarolo)	12/08/2009	238
39	Solarolo (Via Gaiano Casanola)	12/08/2009	258
40	Solarolo (Castelnuovo)	12/08/2009	264

## Sintesi dei risultati e microzonazione sismica

Allo scopo di ottenere una cartografia di microzonazione atta a descrivere in maniera attendibile la pericolosità sismica locale del territorio urbanizzato ed urbanizzabile dei Comuni dell'Ambito faentino si è proceduto, in primo luogo, ad analizzare i valori e i profili Vs (velocità delle onde sismiche di taglio) acquisiti grazie ai n.43 punti di indagine geofisica (n.2 Down Hole + n.41 MASW) facendo riferimento all'allegato A2 dell'Atto di indirizzo e coordinamento tecnico n.112/2007, approvato dall'Assemblea Legislativa della Regione Emilia-Romagna e pubblicato sul Bollettino Ufficiale n.64 del 17/05/2007, denominato: **"Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica"**.

In particolare, tenendo in debito conto dei dati stratigrafici disponibili e delle velocità equivalenti delle onde di taglio per le coperture individuate (VsH e Vs30), per i suddetti n.43 siti sono stati definiti **Fattori di amplificazione sismica stratigrafica (FA)** riferiti a  $0,1s < T < 0,5s$ , cioè per l'intervallo di periodi T che caratterizzano la stragrande maggioranza (> 90%) degli edifici esistenti e di prevedibile nuova realizzazione (Atto di indirizzo n.112/2007, Allegato A2.1). Per pendii con inclinazione maggiore di  $15^\circ$  e di altezza  $H \geq 30m$  sono stati quindi definiti anche i **Fattori di amplificazione sismica topografica (St)** da moltiplicare al fattore di amplificazione sismica stratigrafica FA per ottenere la stima della **risposta sismica locale (RSL)**.



Fig. 4: Recepimento dati informatizzati



Fig. 5: Prova Down Hole



Fig. 6: Prova Masw

Quindi, in base alla suddetta analisi e con stretto riferimento al quadro geologico generale, desumibile dalla cartografia geologica regionale, le distinte aree di studio sono state suddivise in distinte microzone a comportamento sismico omogeneo in termini di risposta sismica locale (RSL).

Inoltre, sempre con riferimento al più volte citato Atto di indirizzo n.112/2007, si è proceduto all'individuazione delle aree in cui si evidenziava la necessità di ulteriori approfondimenti (analisi di III° livello) da realizzarsi nelle successive fasi di pianificazione (POC, PUA).

A quest'ultimo proposito infatti, sulla base di indizi stratigrafici in merito alla presenza di terreni granulari fini poco compatti e saturi, entro i primi 15 metri di profondità, tali da considerarsi potenzialmente liquefacibili, per alcuni areali di piana alluvionale a valle di Faenza e nel territorio di Solarolo, sono state definite cartograficamente le aree in cui si ritiene necessario provvedere ad ulteriore analisi (approfondimento di III° livello) per la definizione del potenziale di liquefazione.

Si precisa, infine, che per questa microzonazione si è proceduto ad una analisi di tipo cautelativo, stante la ridotta quantità di dati e ferma restando la constatazione che i dati geognostici e geofisici allegati sono suscettibili di approfondimenti a scala puntuale, ad esempio con riferimento alla fase progettuale (*vedi D.M. 14/01/2008*), tali anche da comportare mitigazioni della risposta sismica locale (RSL).

Di seguito, per ciascun ambito comunale, sono riassunti i caratteri geologici delle distinte microzone individuate a comportamento sismico omogeneo, con brevi sintesi in merito alle definizioni del Fattore di amplificazione sismica stratigrafica (FA) e del Fattore di amplificazione sismica topografico (St).

### **Comune di Faenza**

L'area urbanizzata ed urbanizzabile del centro urbano di Faenza si estende per oltre 8 km a partire dal piede collinare sino alla media pianura, allineata con l'asse centrale del conoide terrazzato del fiume Lamone.

Per quanto riguarda le frazioni di tale Comune, sotto l'aspetto geologico, si individuano un gruppo di frazioni poste in ambito collinare e/o di piana alluvionale terrazzata intravalliva (Oriolo dei Fichi, S.Lucia delle Spianate, Marzeno, Errano e Borgo Tuliero-Pettinara) e un gruppo di frazioni poste nella media pianura a valle del capoluogo (Granarolo, Mezzeno, Pieve Cesato, Prada e Reda).

I terreni di fondazione di queste aree corrispondono prevalentemente a depositi alluvionali fini, terrazzati e non, diversamente consistenti ed ascrivibili ad unità stratigrafiche di età variabile del Pleistocene medio (AES5, AES6), Pleistocene superiore/Olocene (AES7, AES8 p.p.) e all'età storica (AES8a). In subordine, sono presenti anche ambiti ristretti di terreni di fondazione superficiale ghiaiosi (Persolino, Borgo Tuliero-Pettinara, pianure di fondovalle subattuali)

Il substrato marino di queste aree è rappresentato dai litotipi sommitali della *Successione Plio-Pleistocenica* (Argille Azzurre, Sabbie Gialle), per i quali è stata determinata in genere una  $V_s \leq 800$  m/s e solo localmente una  $V_s \geq 800$  m/s (corpi granulari cementati?).

Nel territorio del Comune di Faenza si sono individuate le seguenti microzone:

## Zone di amplificazione stratigrafica:

### **Zona 3 - $FA_{(0,1-0,5s)} = 1,4$**

- 3 (fa) - Ambito di piana di fondovalle subattuale (AES8a) con substrato marino "non rigido" (*Argille Azzurre*) a profondità di pochi metri.

Per la definizione di questa zona, individuata nella frazione di Marzeno, si è fatto riferimento ad un valore  $Vs5 \approx 350$  m/s con substrato  $Vs < 800$  m/s (Masw 29).

### **Zona 5 - $FA_{(0,1-0,5s)} = 1,6$**

- 5 (fa) - Ambito di alta pianura con spesse successioni di alluvioni antiche compatte e parzialmente ghiaiose (AES5, AES6), poggianti a profondità variabile tra 10/>30 m su substrato marino "non rigido" (*Argille Azzurre, Sabbie Gialle*).

Per la definizione di questa zona, individuata presso Celle-Persolino, si è fatto riferimento ad un valore  $Vs25 \approx 450$  m/s con substrato  $Vs < 800$  m/s e a un valore  $Vs10 \approx 250$  m/s con substrato  $Vs > 800$  m/s (Masw 14).

### **Zona 6 - $FA_{(0,1-0,5s)} = 1,7$**

- 6 (fa\_a) - Ambito di conoide terrazzato con successioni regolari di alluvioni fini mediamente compatte (AES8), poggianti a profondità variabili tra 10/>25 m su ghiaie e substrato alluvionale "non rigido" (AES7).

Per la definizione di questa ampia zona, individuata a Ovest e a Est del centro storico di Faenza, nell'ambito della superficie modale del conoide, si è fatto riferimento sia ad un valore di  $Vs25 \approx 350-400$  m/s con substrato  $Vs > 800$  m/s (DH n.2) che a valori  $Vs30 \approx 300-350$  m/s (Masw 1, 2, 7, 8, 11 e 13).

- 6 (fa\_b) - Ambito di conoide terrazzato e piana di fondovalle con successioni irregolari di alluvioni fini più o meno compatte e parzialmente ghiaiose (AES8, AES8a), poggianti a profondità variabili tra 5/15 m su ghiaie e substrato alluvionale "non rigido" (AES7).

Per la definizione di questa zona, individuata nell'intorno del centro storico di Faenza, a lato del fiume Lamone, si è fatto riferimento a valori di  $Vs30 \approx 300-350$  m/s (DH n.1, Masw 5,6, 7, 9 e 16).

- 6 (fa\_c) - Ambito di piana terrazzata intravalliva con successione di alluvioni compatte e variamente ghiaiose (AES6), poggianti a profondità variabile tra 5/>30 m su substrato marino "non rigido" (*Argille Azzurre, Sabbie Gialle*).

Per la definizione di questa zona, individuata presso la frazione di Borgo Tuliro-Pettinara, si è fatto riferimento a un valore significativo di  $Vs18 \approx 350$  m/s con substrato  $Vs < 800$  m/s (Masw 10).

- 6 (fa\_d) - Ambito di paleodosso fluviale con successione spessa (>30 m) di alluvioni fini più o meno compatte (AES8, AES8a).

Per la definizione di questa zona, individuata in località Reda, si è fatto riferimento ad un valore di  $Vs30 \approx 300$  m/s (Masw 26).

- 6 (fa\_e) - Ambito di piana terrazzata intravalliva con successioni di alluvioni fini più o meno compatte e parzialmente ghiaiose (AES8), poggianti a profondità variabile tra 5/>10 m su substrato marino "non rigido" (*Argille Azzurre*).

Per la definizione di questa zona, individuata in frazione di Marzeno, si è fatto riferimento ad un valore  $V_{s20} \approx 350$  m/s con substrato  $V_s < 800$  m/s (Masw 28).

#### **Zona 7 - $FA_{(0,1-0,5s)} = 1,8$**

- 7 (fa) - Ambito di media e bassa pianura con successioni irregolari di alluvioni fini più o meno compatte (AES8, AES8a), poggianti localmente a profondità variabile tra 10/>25 m su ghiaie (AES7) e sottostante substrato alluvionale "non rigido".

Per la definizione di questa ampia zona, che corrisponde con l'ambito di media pianura a Nord di Faenza (comprese le frazioni di Granarolo, Mezzeno, Pieve Cesato, Prada e Reda), si è fatto riferimento a valori di  $V_{s30} \approx 200-250$  m/s (Masw 3, 4, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24 e 25).

#### **Zona 8 - $FA_{(0,1-0,5s)} = 1,9$**

- 8 (fa\_a) - Ambito di conoide terrazzato e piana di fondovalle con successioni irregolari di alluvioni fini più o meno compatte e parzialmente ghiaiose (AES8, AES8a), poggianti a profondità variabili tra 5/15 m su ghiaie e substrato alluvionale "scarsamente rigido" (AES7).

Per la definizione di questa zona, individuata a Sud di Faenza, a lato del fiume Lamone, si è fatto riferimento ad un valore cautelativo di  $V_{s10} \approx 250$  m/s con substrato  $V_s < 800$  m/s (Masw 12).

- 8 (fa\_b) - Ambito di piana terrazzata intravalliva e di fondovalle con successioni irregolari di alluvioni parzialmente ghiaiose (AES7, AES8, AES8a), poggianti a profondità variabile tra 5/>30 m su substrato marino "detensionato" (*Argille Azzurre, Sabbie Gialle*).

Per la definizione di questa zona, individuata presso la frazione di S.Lucia delle Spianate, si è fatto riferimento ad un valore cautelativo di  $V_{s20} \approx 300$  m/s con substrato  $V_s > 800$  m/s (Masw 17).

- 8 (fa\_c) - Ambito collinare con substrato marino potenzialmente "detensionato" (*Argille Azzurre, Sabbie Gialle*).

Per la definizione di questa zona, individuata in località Oriolo dei Fichi, si è fatto riferimento bibliografico a una situazione cautelativa  $V_{s20} \approx 300-350$  m/s con substrato  $V_s < 800$  m/s.

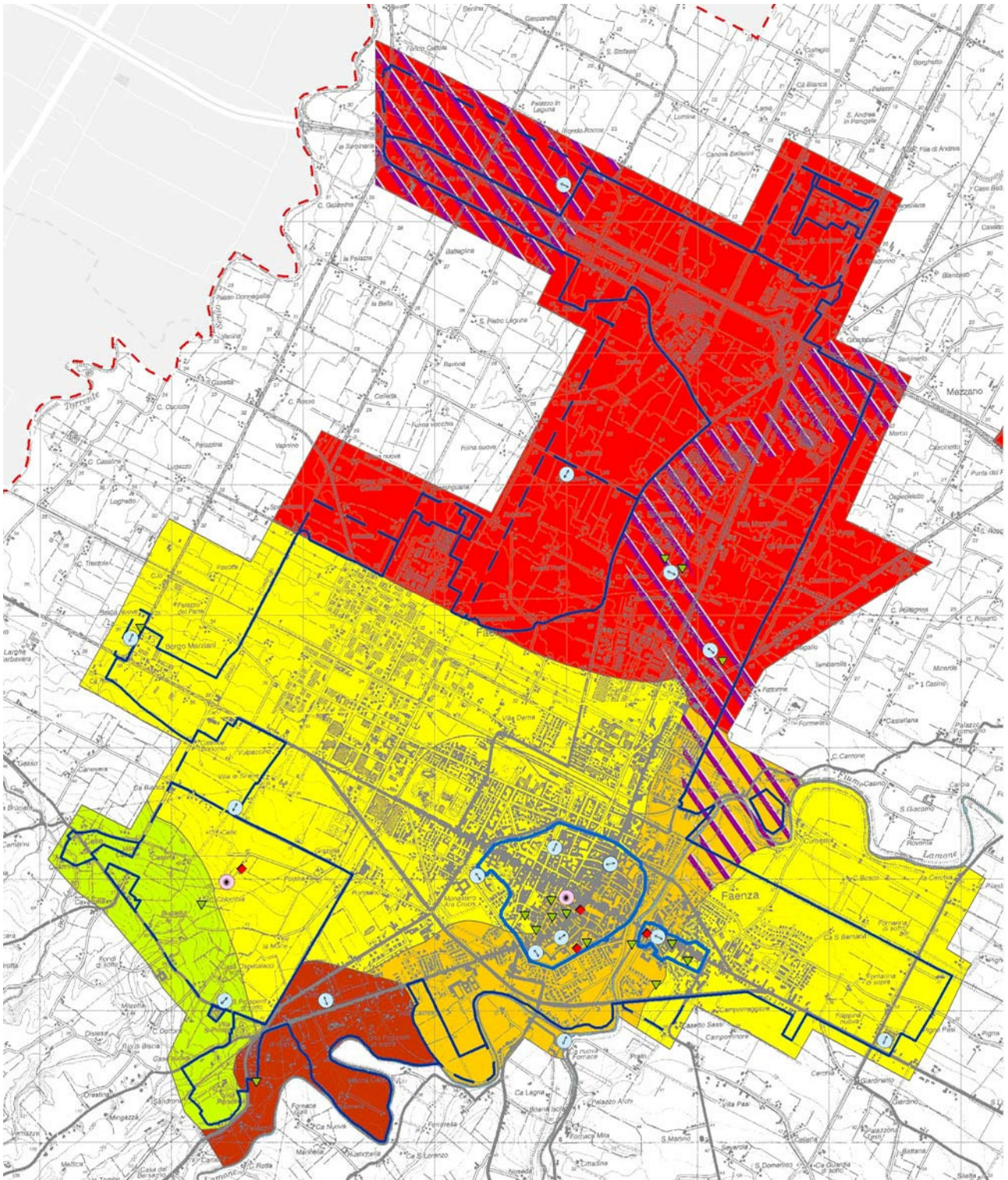
#### **Zona 10 - $FA_{(0,1-0,5s)} > 2$**

- 10 (fa) - Ambito di piana terrazzata intravalliva con successioni irregolari di alluvioni fini più o meno compatte e parzialmente ghiaiose (AES8, AES8a), poggianti a profondità variabile tra 5/>10 m su substrato marino "detensionato" (*Argille Azzurre*).

Per la definizione di questa zona, individuata presso la frazione di Errano, si è fatto riferimento ad un valore cautelativo di  $V_{s20} \approx 200-300$  m/s con substrato  $V_s < 800$  m/s (Masw 15).

Inoltre, sulla base di indizi stratigrafici in merito alla presenza di terreni sabbioso fini/limosi poco compatti e saturi entro i primi 15 metri di profondità, tali da **considerarsi potenzialmente liquefacibili**, per un areale allungato di piana alluvionale a valle di Faenza, si è definita cartograficamente la necessità di provvedere ad una ulteriore analisi di approfondimento (analisi di III° livello così come prevista dall'Atto di Indirizzo n.112/2007).





**Fig. 7:** esemplificazione microzonazione sismica del centro urbano di Faenza – Vedi tavole Quadro Conoscitivo PSC B.3.3.1.a – B.3.3.1.b

## Lavori citati e bibliografia essenziale

- Boccaletti M., M. Bonini, G. Corti, P. Gasperini, L. Martelli, L. Piccardi, P. Severi & G. Vannucci (2004) - *Carta Sismotettonica della Regione Emilia-Romagna*. Regione Emilia-Romagna, SGSS – CNR, Istituto di Geoscienze e Georisorse, Firenze. Selca, Firenze.
- Delibera Assemblea Legislativa Regione Emilia Romagna n.112/2007 - Atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art.16 comma 1, della L.R. 20/2000 per *"Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica"*. B.U.R. Emilia-Romagna n. 64 del 17/05/2007.
- DISS Working Group (2007) - *Database of Individual Seismogenic Sources (version 3.0.4): a compilation of potential sources for earthquakes larger than M 5.5 in Italy and surrounding areas*. INGV – Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, <http://legacy.ingv.it/DISS/>.
- Meletti C. & Valensise G. (2004) – *Zonazione sismogenetica ZS9 – App. 2 al Rapporto Conclusivo*. In: Gruppo di Lavoro MPS (2004). Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCM 3274 del 20 marzo 2003. Rapporto Conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano-Roma, aprile 2004.
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003: *"Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica"*. G.U. n. 155, 08/05/2003.
- Stucchi M., Camassi R., Rovida A., Locati M., Ercolani E., Meletti C., Migliavacca P., Bernardini F. & Azzaro R. (2007) - *DBMI04, il database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani utilizzate per la compilazione del catalogo parametrico CPTI04*. <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI04/>. Quaderni di Geofisica, INGV.

## 4.2 La vulnerabilità sismica a scala urbana del Comune di Faenza

Il lavoro presentato in questo capitolo illustra una metodologia di analisi della vulnerabilità sismica del centro urbano applicata sperimentalmente su due centri urbani dell'ambito Faentino. Il lavoro è stato condotto nell'ambito di una collaborazione intrapresa a partire dal mese di Maggio 2011 tra il Dipartimento della Protezione Civile (DPC) e sei Comuni dell'Ambito faentino, compresi nel PSC intercomunale, sotto il coordinamento della Regione Emilia Romagna. Una Parte delle attività portate avanti dal DPC sono state sviluppate nell'ambito del Progetto URBISIT (DPC - CNR IGAG), WP4.

Metodologia e relativa applicazione sono incentrate sul tema della vulnerabilità sismica a scala urbana che può essere definita come la propensione di un'area costruita a subire danni in conseguenza al manifestarsi di un sisma.

Nonostante la vasta produzione letteraria sul tema della vulnerabilità sismica degli edifici, il tema più specifico della vulnerabilità a scala urbana non possiede ancora un riferimento metodologico univoco.

Una delle possibili spiegazioni a questo vuoto metodologico è che di fatto lo studio di vulnerabilità di una città implica necessariamente un confronto con gli strumenti di pianificazione vigenti, potendosi tradurre laddove manchi un approccio in termini di prevenzione, in un arido vincolo che imbriglia gli strumenti di un piano.

La finalità del presente lavoro, è quella di configurare l'analisi a scala urbana come efficace riferimento metodologico-operativo onde pervenire ad una più corretta pianificazione, nell'ottica di un approccio di prevenzione del rischio sismico.

Il lavoro è strutturato in una parte metodologica, volta ad "ordinare" in più livelli conoscitivi le conoscenze sul patrimonio edilizio delle nostre città e sulla associata vulnerabilità così da poter conseguire diversi risultati in relazione agli obiettivi iniziali ed alle risorse disponibili, ed una parte applicativa relativa ai risultati conseguiti su due centri urbani dell'ambito faentino: Solarolo e Faenza.

Comuni campione, questi ultimi, che sono stati appositamente scelti con caratteristiche differenti dal punto della dimensione territoriale, dell'impianto urbano e della associata consistenza edilizia e della pericolosità sismica. Tali comuni hanno rappresentato una prima validazione della metodologia di analisi proposta in cui i diversi livelli conoscitivi sono stati esperiti in fasi di approfondimento successive.

Il programma di attività svolto in merito alla valutazione della vulnerabilità urbana ha seguito due distinte fasi:

**Fase 1 – Taratura delle metodologie.** L'indagine di vulnerabilità è stata sottoposta ad una verifica metodologica mediante taratura sul campo. La taratura è stata condotta dal DPC (con il supporto di tecnici locali) su due Comuni pilota, Faenza e Solarolo. Questa fase ha costituito per entrambe le metodologie un imprescindibile passo per la validazione delle stesse ed un controllo dei vari aspetti che le caratterizzano.

**Fase 2 – trasferimento delle competenze.** I Tecnici locali afferenti alle amministrazioni coinvolte nel Progetto sono stati formati, anche attraverso un affiancamento sul campo da personale DPC sulle due attività in oggetto, al fine di esportare le metodologie applicate sui comuni pilota Faenza e Solarolo, sugli altri 4 Comuni

dell'ambito faentino. In questo caso il DPC è intervenuto nella fase formativa, mentre la parte operativa è direttamente condotta e gestita dalle amministrazioni coinvolte, con un supporto metodologico da parte del DPC, così da testare la esportabilità dei due metodi.

I Comuni coinvolti hanno avuto un importante ritorno sul piano operativo e formativo dell'attività svolta, tale da inserire nelle norme del R.U.E. alcune strategie per la mitigazione sismica ed indicazioni mirate all'esecuzione di interventi di miglioramento sismico del patrimonio edilizio comunale.

## **Vulnerabilità a scala urbana**

Quando la scala di analisi è urbana, oggetto della stessa è l'intera popolazione di edifici della città.

In questo caso la quantità e la qualità di dati normalmente disponibili non consentono generalmente di adottare modelli di vulnerabilità raffinati basati su specificità strutturali dei singoli edifici.

Il criterio ormai riconosciuto ed adottato a livello internazionale per analisi estensive di questo tipo prevede la descrizione del patrimonio edilizio ordinario mediante l'attribuzione e la individuazione di classi di vulnerabilità predefinite e pertanto confrontabili da campione a campione.

Le classi di vulnerabilità sono state definite per la prima volta nelle scale macrosismiche ed in particolare, nella scala MSK e successivamente nella scala EMS (European Macroseismic Scale, Grunthal, 1992, 1998).

Queste scale, finalizzate alla misurazione dell'intensità di un terremoto sulla base del danno osservato sulle costruzioni, introducono con alcune varianti da una scala all'altra, un criterio semplificato di assegnazione speditiva della vulnerabilità sismica a determinate tipologie di edifici.

L'uso di classi macrosismiche presenta l'indiscusso vantaggio di consentire valutazioni speditive su vasta scala nonché agevoli raffronti tra campioni differenti; consente altresì una valutazione su base statistica del danno osservato per diverse intensità macrosismiche per le singole classi, in modo da pervenire a distribuzioni statistiche in grado di fornire in termini previsionali una stima dei danni attesi in un dato contesto costruito per una data severità sismica (Matrici di Probabilità di Danno, MPD).

Nella scala MSK-64 (Medvedev-Sponheur-Karnik) le tipologie strutturali verticali vengono associate a tre classi di vulnerabilità (A, B e C) dove alla classe A corrispondono gli edifici in muratura più scadente (pietrame naturale, costruzioni rurali, case di adobe e case con argilla o limo), alla classe B gli edifici in muratura più resistente (mattoni comuni, in grossi blocchi o in prefabbricati, muratura con telai di legname, costruzioni in pietra squadrata) e alla classe C gli edifici con struttura in cemento armato.

Nella scala EMS 98 insistono relazioni sfuocate tra tipi strutturali e classi di vulnerabilità, in relazione alle altre variabili che influiscono sulla vulnerabilità come ad esempio lo schema strutturale o lo stato di conservazione degli edifici; ne consegue che edifici della stessa tipologia edilizia possono essere associati ad un range di classi all'interno del quale è identificata una classe di riferimento ritenuta più probabile.

Nella originaria definizione insita nelle citate scale macrosismiche, ogni classe è definita da una stringata descrizione delle strutturali verticali degli edifici, non considerando le tipologie di orizzontamento (Fig. 1). Per ogni tipologia elencata

in Figura, il cerchio indica la classe di vulnerabilità di appartenenza più probabile, la linea continua il range di probabilità di appartenenza a classi diverse, il tratteggio probabilità più ridotte di attribuzione.

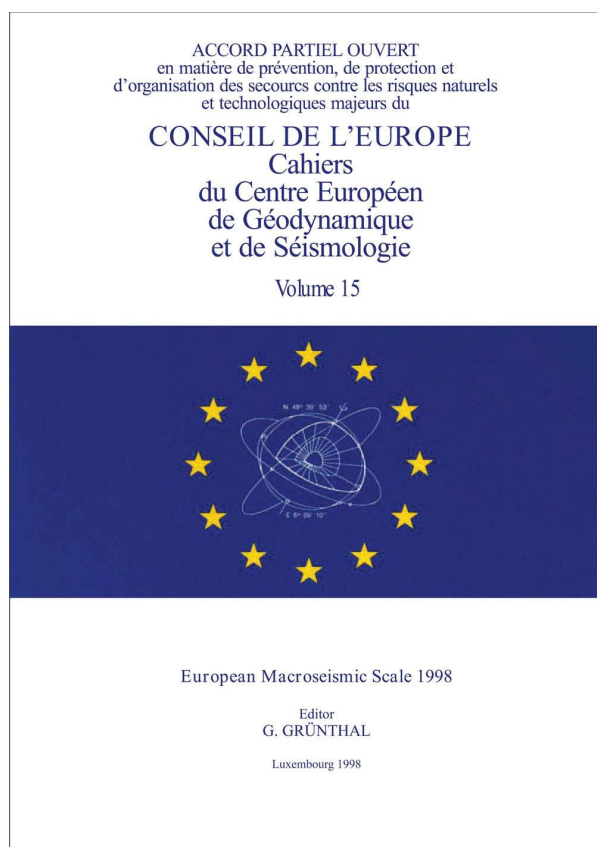
Ad esempio una struttura con strutture verticali in pietre squadrate appartiene generalmente alla classe di vulnerabilità C, ma potrebbe essere associata, in virtù degli altri elementi che condizionano il comportamento strutturale, anche alla classe B; solo in rari casi le è attribuibile la classe D.

In generale le costruzioni in muratura sono classificate in relazione alla qualità muraria con classi via via decrescenti in termini di vulnerabilità al migliorare della qualità muraria. Edifici murari possono ricadere nelle classi dalla A (pietra grezza) alla C (pietra squadrata o muratura con solai rigidi). La D è viceversa riferita alla muratura armata o confinata. Gli edifici in cemento armato sono classificati sostanzialmente in relazione al livello di adeguamento sismico (ERD, Earthquake resistant design) ed alla diversa configurazione strutturale (telai o setti). In generale la loro classificazione (centrale) varia dalla classe C alla E. Infine, sebbene meno rappresentative nel nostro paese, sono trattate le strutture in acciaio e legno con classi centrali di vulnerabilità rispettivamente E e D.

Una diretta conseguenza delle classi macrosismiche come sopra definite, è che essendo queste per definizione strutturate in modo da potersi applicare a tutto il patrimonio edilizio mondiale, alcune caratteristiche tipiche del vocabolario costruttivo-strutturale della nostra penisola non sono prese in esame in modo specifico.

	Type of Structure	Vulnerability Class					
		A	B	C	D	E	F
MASONRY	rubble stone, fieldstone	○					
	adobe (earth brick)	○—					
	simple stone	...○					
	massive stone			—○—			
	unreinforced, with manufactured stone units	...○—					
	unreinforced, with RC floors			—○—			
	reinforced or confined			...○—			
REINFORCED CONCRETE (RC)	frame without earthquake-resistant design (ERD)			...○—			
	frame with moderate level of ERD			—○—			
	frame with high level of ERD			...○—			
	walls without ERD			...○—			
	walls with moderate level of ERD			...○—			
	walls with high level of ERD			...○—			
STEEL	steel structures			...○—			
WOOD	timber structures			...○—			

○ most likely vulnerability class; — probable range;  
 .....range of less probable, exceptional cases



**Fig. 1** – Classi Macrosismiche della scala EMS 98 (fonte EMS98, Scala Macrosismica Europea)

Rielaborazioni successive delle classi EMS 98 avvenute negli anni successivi in Italia (1999, 2000) hanno consentito una più diretta associazione tra caratteristiche strutturali e vulnerabilità relativamente al patrimonio edilizio della nostra penisola.

Secondo un criterio ormai condiviso a livello scientifico, l'associazione di una classe di vulnerabilità avviene effettuando un incrocio tra la tipologia costruttiva verticale con la struttura orizzontale.

Il criterio adottato nel presente lavoro prevede un adattamento dalla citata metodologia, in modo da potersi applicare a tutto il patrimonio edilizio ordinario caratterizzante la nostra penisola. Il criterio di attribuzione è sintetizzato in Fig.2.

Le strutture verticali poste in colonna sono articolate in due macro tipologie, ovvero muratura e cemento armato ed ulteriormente suddivise in tre sottogruppi che ne qualificano la qualità muraria. Le strutture orizzontali poste in riga, sono suddivise in quattro differenti tipologie: sistemi a volte o misti, solai in legno con o senza catene, solai in putrelle con o senza catene, solai o solette in c.a.

Il criterio proposto, mutuato da precedenti applicazioni (1999,2000), tiene anche in conto interventi di miglioramento o ristrutturazione che gli edifici possono nella loro vita aver conseguito, prevedendo un passaggio a classi di vulnerabilità inferiori nel caso in cui siano presenti (nell'edificio) accorgimenti antisismici. Le classi di passaggio a seguito di presidi antisismici specifici (cordoli o catene) sono evidenziati tra parentesi quadra a fianco alla classe originaria.

La classe C, originariamente unica, viene distinta in due sottoclassi C1 e C2 riferite rispettivamente alla muratura ed al cemento armato, in modo da qualificarne una diversa risposta rispetto all'azione sismica. La classe C2 in particolare è riferita a cemento armato non sismicamente adeguato, realizzato pertanto antecedentemente alla promulgazione della prima legge nazionale relativa alle "Prescrizioni per le costruzioni in zone sismiche sismica" N. 64 del 2 febbraio 1974.

La classe unica D è riferita viceversa ad edilizia realizzata con accorgimenti antisismici dettati dalla citata legge. Pertanto il criterio di attribuzione a tale classe è la data di costruzione che deve essere messa a raffronto con la data della citata legge o con la data di classificazione sismica del comune nel caso in cui questa sia successiva alla prima. La classe D viene inoltre scissa in due sottoclassi D1 e D2 riferite rispettivamente alla muratura ed al cemento armato, cui corrispondono comportamenti e vulnerabilità notoriamente differenti.

La classe E, inserita nel corso della presente ricerca, è finalizzata a classificare l'edilizia recente, realizzata a seguito dell'entrata in vigore delle Norme Tecniche per le costruzioni (nella versione DM 14/09/2005). Si è assunto questo primo riferimento temporale (2005) piuttosto che le più recenti NTC 2008 poiché è ragionevole che queste, data la loro recentissima emanazione, non abbiano ancora avuto un impatto significativo a livello statistico nell'ambito dell'insediamento urbano.

Questo medesimo criterio è stato adottato anche in un uno dei livelli di approfondimento della vulnerabilità dell'ambito faentino, più avanti illustrata, associando ad ogni classe tipologico- edilizia riscontrata nei comuni dell'ambito una classe di vulnerabilità EMS 98, in funzione degli incroci possibili configurati nella tabella.

Strutture orizzontali		Strutture verticali							
		Muratura di cattiva qualità		Muratura di media qualità		Muratura di buona qualità		Cemento armato	
		Senza presidi di rinforzo	Con presidi di rinforzo	Senza presidi di rinforzo	Con presidi di rinforzo	Senza presidi di rinforzo	Con presidi di rinforzo	Senza interventi di miglioramento	Con interventi di miglioramento
Prima della classificazione sismica e/o <1974	Sistemi spingenti	A	[B]	A	[B]	A	[B]	---	---
	Sistemi deformabili	A	[B]	A	[B]	B	[C1]	---	---
	Sistemi semirigidi	B	[C1]	B	[C1]	C1	[D1]	---	---
	Sistemi rigidi	B	[C1]	C1	[D1]	C1	[D1]	C2	[D2]
> 1974 (con classif.)	Edifici costruiti in conformità alla normativa sismica dell'epoca	D1		D1		D1		D2	
> 2005 (con classif.)	Edifici adeguati o costruiti in conformità alla normativa vigente	E		E		E		E	

**Fig. 2:** Attribuzione in classi di vulnerabilità omogenea

L'indiscusso vantaggio dell'utilizzo di classi di vulnerabilità precostituite ed "universalmente" valide consiste nel fatto che, basandosi su un approccio statistico-probabilistico, a ciascuna classe di edifici vengono associate leggi comportamentali nei confronti del sisma, calibrate in occasione di un esteso numero di eventi sismici occorsi in tutto il mondo.

Di contro l'utilizzo di classi predefinite non consente di entrare nel merito delle specificità strutturali e costruttive che, particolarmente nel caso dei centri storici, sono spesso legate a pratiche costruttive locali e fortemente legate ad ambiti territoriali ben definiti.

Si è pertanto posta l'esigenza di uno strumento integrativo che possa connotare le specificità di ciascun centro urbano, divenendo quindi al contempo uno strumento di analisi critica dello stesso ed un supporto operativo per eventuali strategie di mitigazione.

La strada intrapresa è quella della identificazione tipologica, attraverso la quale operare ulteriori operazioni di decodifica strutturale di una popolazione di edifici che, secondo il criterio di classificazione sopra esposto, risulterebbero essere nella stessa classe, pur presentando specificità strutturali differenti.

Nel seguito viene illustrata l'architettura generale del percorso conoscitivo di disamina della vulnerabilità edilizia di un centro urbano, articolato in successivi livelli di approfondimento, anche conseguibili in tempi diversi in relazione alle risorse ed agli obiettivi finali.

### Vulnerabilità a scala urbana e livelli conoscitivi

Vengono identificati diversi livelli conoscitivi perseguibili per la definizione della vulnerabilità del costruito a scala urbana, partendo dal livello 1 fino ad arrivare ad un livello 3 di approfondimento.

Oggetto delle analisi ai vari livelli è il centro urbano, inteso come agglomerato edilizio che caratterizza una città. Esso quindi non comprende frazioni o località che seppur limitrofe o ben collegate allo stesso presentino una seppur minima soluzione di continuità dalla città.

I tre livelli corrispondono a stadi successivi di approfondimento conseguibili a partire da un livello 0 che si assume essere il dato già elaborato e disponibile a livello nazionale, rappresentato dalla distribuzione cumulativa in classi di vulnerabilità, riferita all'intero centro urbano.

Il **livello 0** corrisponde pertanto al dato elaborato a partire dai dati ISTAT, nel corso di precedenti lavori di ricerca promossi dal Dipartimento Nazionale della Protezione Civile (Di Pasquale et al., 2007) finalizzati alla redazione di mappe di rischio sull'intero territorio nazionale.

Trattandosi di una valutazione volta ad elaborazioni su scala nazionale sulla base di dati poveri, la distribuzione associata ad ogni centro urbano non svolge alcuna funzione specifica nel percorso conoscitivo proposto, se non quello di una prima sommaria indicazione su dati di esposizione e vulnerabilità trattati in modo cumulativo sui confini amministrativi del comune e pertanto affetti da un ampio margine di incertezza.

E' con il **livello 1** che si entra nel merito delle specificità del centro urbano in modo da delinearne i caratteri distintivi da un punto di vista della morfologia urbana cui associare una corrispondenza sotto il profilo tipologico costruttivo e conseguentemente di vulnerabilità.

Il costruito della città viene quindi analizzato in modo da poter articolare lo stesso in ambiti, d'ora in poi definiti comparti, quanto più omogenei sotto il profilo della vulnerabilità.

Il comparto è pertanto di per sé una porzione di città, sufficientemente ampia da poter includere un numero significativo di edifici in grado di consentire e giustificare un approccio comunque di tipo statistico, con caratteristiche comuni dal punto di vista strutturale e della risposta sismica.

Il comparto non si configura tuttavia come un semplice "agglomerato indistinto" di edifici, ma deve possedere anche una sua connotazione e riconoscibilità "urbana", così da poter avere ricadute più immediate ed efficaci sulla stessa pianificazione.

Si tratta di un livello molto speditivo conseguibile sulla base di dati e documentazione esistente, con l'eventuale supporto di un tecnico locale.

Il **livello 2** di approfondimento permette di ridurre parte delle incertezze insite nel livello 1 attraverso l'acquisizione di dati ulteriori da raccogliere in situ mediante sopralluoghi mirati e speditivi.

A questo livello si entra con maggiore dettaglio nella lettura del tessuto urbano e delle tipologie edilizie rappresentative, che fungono a questo livello di analisi la "chiave di lettura" del costruito.



Il **livello 3** di approfondimento è indirizzato alla valutazione della vulnerabilità di ambiti urbani più circoscritti e generalmente più complessi, meritevoli di specifici approfondimenti. E' il caso dell'edilizia in aggregato storica caratterizzante il tessuto dei centri storici.

Dal momento che l'affidabilità del dato conseguito ad ogni livello progressivo di analisi è via via più raffinato, l'esplicitazione di ogni livello può comportare una eventuale ricalibrazione dei dati e dei risultati conseguiti nei livelli conoscitivi precedenti.

Trattandosi di una metodologia su base statistica è opportuno sottolineare che le applicazioni sul territorio hanno un riscontro scientifico quando condotte su campioni sufficientemente ampi, tali da avvalorare un approccio di questo tipo. I risultati prodotti, sebbene soggetti ad ampi margini di variabilità ed incertezza, possono tuttavia configurarsi come utili e validi strumenti di disamina speditiva di un centro urbano, consentendone la caratterizzazione dei tratti salienti sotto il profilo della vulnerabilità, attraverso la suddivisione del centro in zone ragionevolmente omogenee.

I livelli conoscitivi sono sinteticamente caratterizzati come segue:

- **Livello conoscitivo 1** - Livello di conoscenze di base, di tipo qualitativo, che si ottiene effettuando uno screening di massima della vulnerabilità dell'intero territorio comunale attraverso cui è possibile suddividere il centro abitato in zone omogenee sotto il profilo della vulnerabilità.

*L'unità minima di analisi* del Livello 1 è pertanto rappresentata dalle *classi macrosismiche EMS 98 (fig.1)*.

*Output finale:* perimetrazione di zone omogenee del centro urbano (comparti) sotto il profilo della vulnerabilità edilizia. Caratterizzazione di ogni comparto attraverso la ripartizione percentuale in (massimo) tre classi di vulnerabilità tra le quali viene identificata la prevalente, assunta come vulnerabilità rappresentativa del comparto.

*Possibili utilizzi:* scenari di danno sismico per la pianificazione in emergenza .

- **Livello conoscitivo 2** – Livello di conoscenza che permette di ridurre parte delle incertezze manifestate nel livello 1. Nel livello 2 *l'unità minima di analisi* è rappresentata dalla **tipologia edilizio strutturale**, intesa quale insieme delle caratteristiche strutturali nonché edilizie, (come numero di piani, tecnica costruttiva, regolarità strutturale e così via), comuni ad una popolazione di edifici sufficientemente significativa. La tipologia edilizio strutturale si configura come sottoinsieme della classe di vulnerabilità, ed il maggior livello di informazioni ad essa associate consente valutazioni e considerazioni aggiuntive rispetto a quelle consentite dal mero utilizzo di classi EMS.

*Output finale:* perimetrazione di ambiti a tipologie omogenee, schedatura (integrativa) delle tipologie edilizie, perimetrazione di ambiti a classi omogenee, perimetrazione comparti urbani caratterizzati da omogeneità di classe e morfologia dei tessuti;

*Possibili utilizzi:* individuazione di priorità di intervento nel centro urbano, strategie di mitigazione da inserire in strumenti attuativi di pianificazione, scenari di danno sismici a scala urbana anche differenziati per tipologie edilizie.

**- Livello conoscitivo 3** - Analisi del centro urbano con un livello di dettaglio superiore rispetto a quello conseguito al livello 2. Si tratta di un livello che può essere ragionevolmente esplicito in ambiti o sottoambiti circoscritti dell'insediamento urbano. A differenza del livello 2 che vede come unità minima di analisi la tipologia edilizia, *l'unità minima di analisi* del livello 3 è costituita dal *singolo edificio (l'unità strutturale)*, e richiede la preliminare analisi dell'*aggregato strutturale*, di cui può far parte.

*Output finale:* anagrafica e banca dati associata alle singole Unità strutturali ed aggregati di appartenenza; quantificazione dell'esposizione in termini di edifici e popolazione residente, valutazioni semplificate della vulnerabilità mediante modelli appositi.

*Possibili utilizzi:* calibrazione della vulnerabilità di secondo livello, valutazioni economiche sui costi di intervento, supporto a strumenti di pianificazione specifica (Piani particolareggiati, Piani di Recupero), verifica delle Condizioni Limitidi Emergenza (CLE).

Nel seguito si illustra nel dettaglio il livello conoscitivo 2, conseguito su Faenza e Solarolo.

## **Approfondimento sul livello conoscitivo 2**

Il livello conoscitivo 2 prevede le seguenti attività:

1. Ricognizione su tutto il centro urbano ed identificazione delle tipologie edilizie strutturali prevalenti;
2. Acquisizione del materiale disponibile in possesso dell'Amministrazione locale;
3. Schedatura delle tipologie presenti, associazione alle stesse di una classe di Vulnerabilità EMS '98, e creazione di un abaco delle tipologie riscontrate a livello locale;
4. Perimetrazione sul territorio degli ambiti omogenei sotto il profilo tipologico;
5. Perimetrazione sul territorio degli ambiti omogenei per classe di Vulnerabilità EMS di appartenenza;
6. Perimetrazione di comparti della città omogenei per vulnerabilità e morfologia dei tessuti;
7. Verifica su mappa della distribuzione della vulnerabilità per classi ed ottimizzazione delle perimetrazioni conseguite al Livello 1;

I parametri attraverso cui ogni tipologia è identificata sono :

- Età di costruzione;
- Numero di piani fuori terra;
- Tipologie strutture verticali;

- Tipologia degli orizzontamenti;
- Confinamenti mediante cordoli o catene;
- Regolarità strutturale;

La tipologia edilizia viene identificata attraverso un codice alfanumerico così composto:

- le prime lettere identificano la tecnica costruttiva: **MU muratura, MI mista, CA cemento armato**;
- la terza lettera individua la posizione: **A aggregato, R regolarità, I irregolarità planimetrica**;
- la quarta posizione è affidata ad un numero che va da 0 a 3 in cui si individua il periodo di realizzazione dell'edificio: **0 edilizia storica, 1 edilizia ante prima classificazione, 2 edilizia post prima classificazione, 3 edilizia adeguata alla nuova classificazione**;
- la lettera minuscola **a, b, c, d** individua le variazioni del tipo;
- il numero +3 individua edifici il cui numero di piani è superiore a tre.

La esplicazione dei passi 1,2 ed (eventualmente 3) consente di pervenire all'abaco delle tipologie edilizie rappresentative del centro urbano in esame e di passare successivamente alla perimetrazione nel tessuto urbano degli ambiti omogenei per tipologia edilizia. Il prodotto delle fasi dalla 1 alla 4 consiste nella mappa degli "ambiti omogenei per tipologia edilizia". Associando alle tipologie la classe di vulnerabilità EMS di appartenenza si perviene all'elaborato "classi di vulnerabilità EMS 98" (Fig. 3-4-5 sotto). L'associazione della tipologia alla classe di vulnerabilità avviene effettuando un incrocio tra la tipologia costruttiva verticale con la struttura orizzontale, secondo il criterio sopra esposto.

Una volta identificati gli ambiti omogenei per classe, il passaggio successivo è quello della perimetrazione di "comparti urbani omogenei" la cui omogeneità viene valutata sulla base dei seguenti criteri elencati in ordine di importanza:

1. omogeneità di classe (EMS);
2. articolazione dei tessuti edilizi e della viabilità;
3. dimensioni minime del comparto non inferiore a 30 di edifici,
4. destinazioni di PRG;
5. aderenza al costruito a destinazione residenziale prevalente;

I comparti sono infine numerati in modo da essere univocamente identificati.

In sintesi le fasi previste dal Livello 2 sono riassunte nei seguenti punti:

- 1) identificazione tipologica (fig.3);
- 2) identificazione delle classi EMS 98 associate (fig.4);
- 3) perimetrazione comparti omogenei (fig.5)

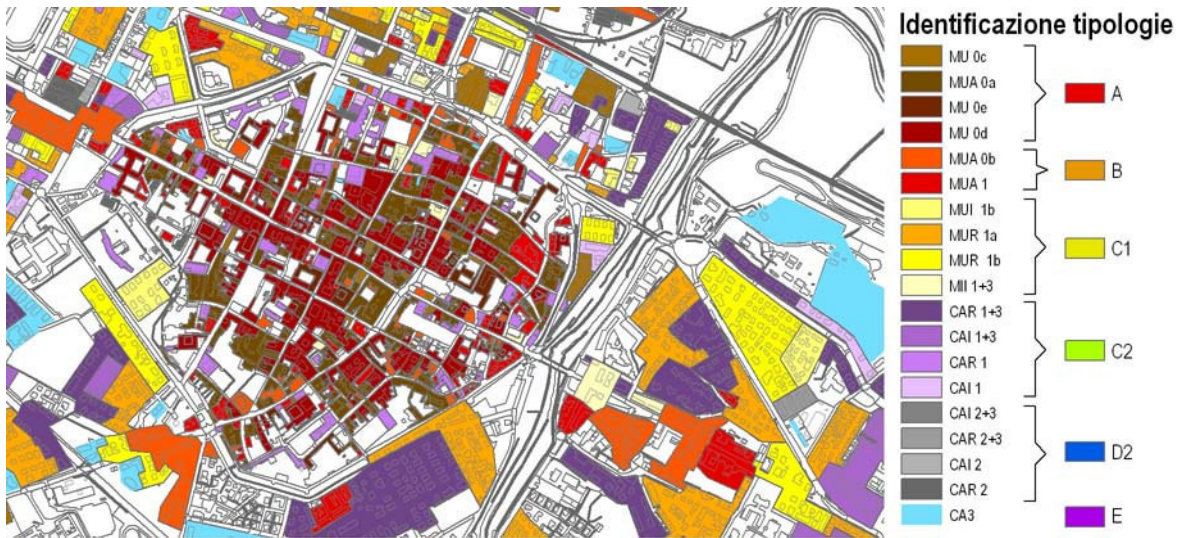


Fig.3: Identificazione tipologica

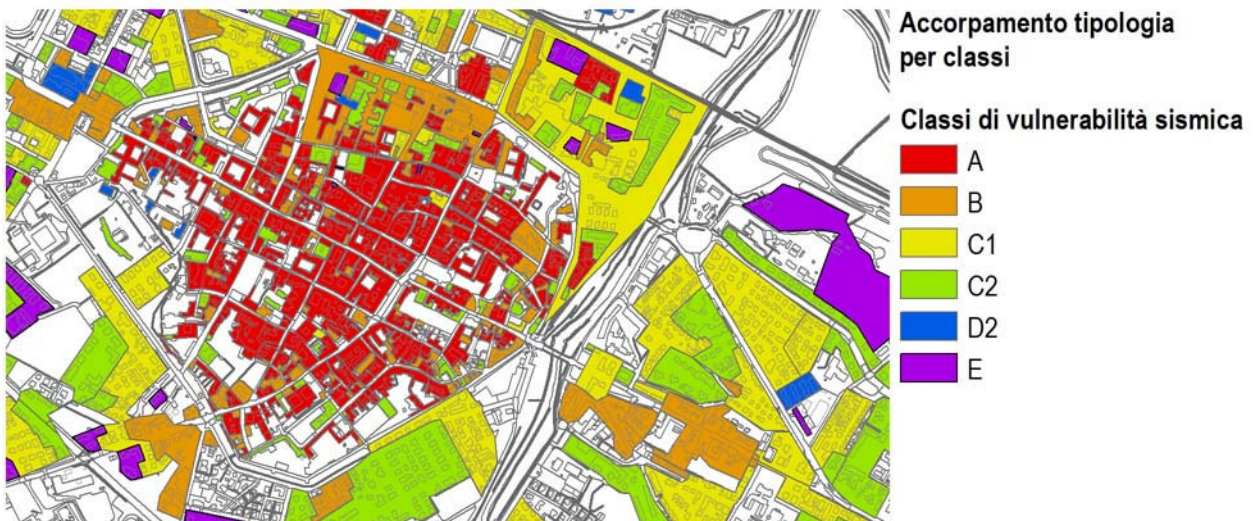


Fig.4: Identificazione delle classi EMS 98 associate

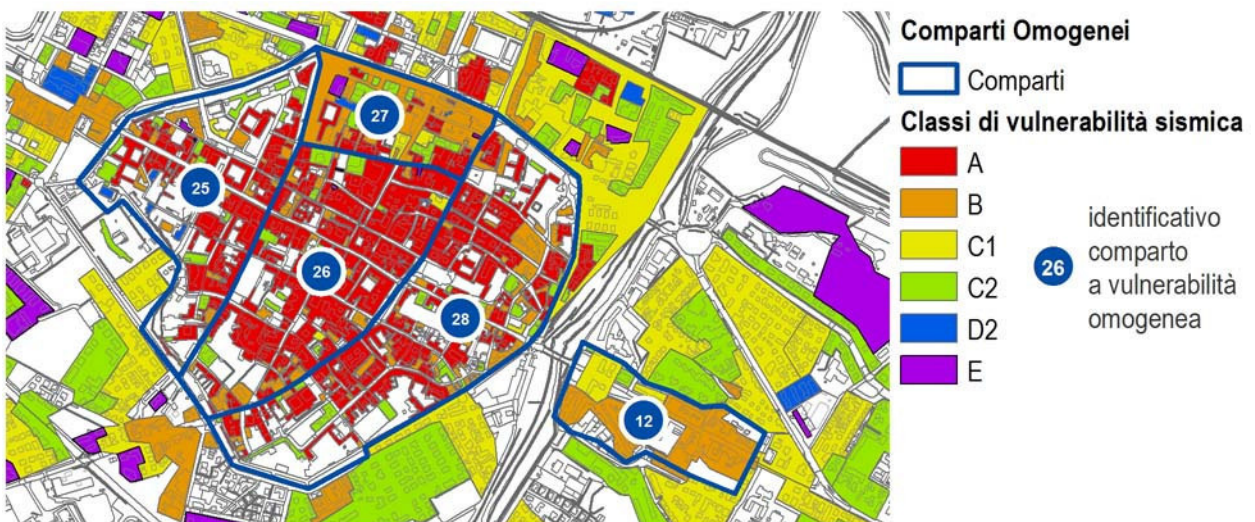


Fig.5: Perimetrazione comparti omogenei

Nella tabella di sintesi di seguito riportata è possibile individuare le associazioni dei codici alfanumerici attribuiti alle diverse tipologie edilizie e la conseguente assegnazione delle classi di vulnerabilità omogenea EMS 98 indicati in legenda.

La Tabella 1 illustra l'associazione delle tipologie strutturali individuate nell'ambito Faentino alle classi di Vulnerabilità macrosismica EMS 98, secondo il criterio illustrato nel precedente capo "vulnerabilità a scala urbana" basato sull'associazione tra strutture verticali, orizzontamenti ed epoca costruttiva .

Dal marrone (classe A) all'azzurro (classe E) la classe di vulnerabilità decresce.

<b>Codice</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Str. verticali</b>	<b>Orizzontamenti</b>	<b>EMS 98</b>
MUA0a	Muratura in Aggregato storica del tipo schiera	MU	Legno con/senza rinforzi	A
MUA0c	Muratura in Aggregato storica anni '20	MU	Voltine/Legno	A
MUA0d	Muratura in Aggregato Palazzo storico di pregio	MU	Legno /volte	A
MUA0e	Muratura in Aggregato Palazzo storico di pregio con interventi post bellici	MU	Varese/Legno /volte	A
MUA0b	Muratura in Aggregato schiera storica con interventi post bellici	MU	Varese	B
MUA1	Muratura in Aggregato pre classificazione	MU	Varese	B
MUI1b	Muratura Irregolare pre classificazione- Monofamiliare	MU	Laterocemento	C1
MUR1a	Muratura Regolare pre classificazione-Monofamiliare	MU	Varese	C1
MUR1b	Muratura Regolare pre classificazione Linea di ricostruzione post bellica	MU	Varese/Laterocemento	C1
MII1+3	Strutture miste c.a/mur Irregolare pre classificazione	MI	Varese/Laterocemento	C1
CAI1	C.a. Irregolare pre classificazione Edificio bi-tri-familiare	CA	Laterocemento	C2
CAR1	C.a. Regolare pre classificazione Edificio bi-tri- familiare	CA	Laterocemento	C2
CAR1+3	C.a. Regolare pre classificazione - Palazzina	CA	laterocemento	C2
CAI1+3	Palazzina	CA	Laterocemento	C2
MUI1a	Muratura in Aggregato Bi-tri familiare anni 70	MU	Varese/Laterocemento	D1
CAI2	C.a. Irregolare post classificazione Casa isolata/Villino/Schiera/	CA	laterocemento	D2
CAI2+3	C.a. Irregolare post classificazione- Palazzina	CA	Laterocemento	D2
CAR2	C.a. Regolare post classificazione	CA	Laterocemento	D2
CAR2+3	C.a. Regolare post classificazione-Palazzina	CA	Laterocemento	D2
CA3	Edilizia a norma (NTC 2008)	CA	Laterocemento/Solette	E

**Tabella 1:** Associazione tra tipologie strutturali dell'ambito Faentino e classi di vulnerabilità, esplicitazione di legenda di Fig. 3-4-5

## Applicazione nell'ambito Faentino

La metodologia esposta nei precedenti paragrafi è stata direttamente esperita dal Dipartimento della Protezione Civile su 2 centri urbani rappresentativi dell'ambito geografico faentino con caratteristiche dimensionali, edilizie e geomorfologiche differenti così da testare la versatilità del metodo su diversi contesti urbano-territoriali.

I criteri assunti per la scelta dei casi studio sono stati:

- Differenti dimensioni sotto il profilo edilizio e della popolazione residente;
- Varietà edilizia in termini di tipologie presenti;
- P.R.G. approvato ed adottato;
- Presenza di documentazione di base (cartografia, CTR, ortofoto, catastali etc.)
- Presenza di documentazione integrativa per l'espletamento di approfondimenti di 2° livello;
- Analisi di microzonazione sismica già espletati;
- Supporto di tipo tecnico da parte degli Uffici tecnici Comunali;

Su entrambi i Comuni prescelti, Faenza (RA) e Solarolo (RA), si è esplicitato l'iter conoscitivo fino al secondo livello, onde valutare eventuali criticità derivanti dalla diversa scala urbana dei due comuni. Il terzo livello è stato viceversa applicato solo su Solarolo.



**Fig. 6:** Comune di Solarolo, esemplificazione, valutazioni propedeutiche a supporto dei sopralluoghi per indagini di II livello, Fonte: elaborato Maria Teresa Granato

## Le tipologie dell'ambito Faentino

Le tipologie edilizie rinvenute a Faenza e Solarolo risentono pesantemente del processo ricostruttivo avvenuto in entrambe le città a seguito del secondo conflitto bellico.

I bombardamenti alleati subiti da entrambe le città hanno per certi versi accomunato nella storia ricostruttiva seguita a tali eventi, due centri urbani estremamente diversi per dimensioni, impianto urbanistico ed "impegno" architettonico.

Gli eventi bellici, ben documentati anche da diverse foto aeree di entrambe le città, sebbene rivolti in origine ai punti nevralgici delle stesse, stravolgono completamente entrambi i tessuti con un bilancio disastroso in termini di edifici distrutti, danneggiati e poco danneggiati.

La ricostruzione seguita a tali eventi, per la quale si rimanda a testi specifici riportati in bibliografia investe una importante parte dei tessuti di entrambi i centri urbani. A Solarolo, in particolare, essa si estende pressoché uniformemente all'intero centro storico. Il sistema ricostruttivo adottato è il medesimo e questo giustifica la redazione di un unico abaco delle tipologie edilizio strutturali per i due centri presi in esame.

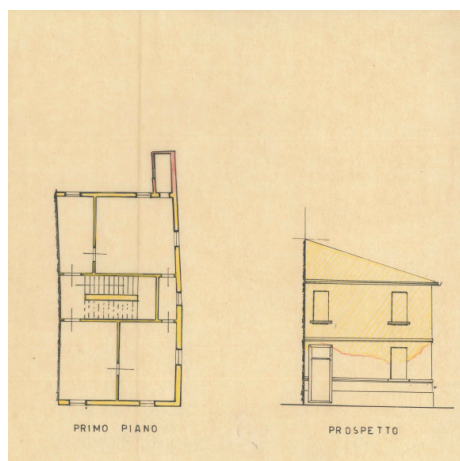


Fig. 7: Progetto di ricostruzione

Fig. 8: Veduta aerea 1944, riprodotta a colori (fonte: IBC)

Nel caso di Solarolo tuttavia, non tutte le tipologie elencate nell'abaco sono presenti, presentando una varietà edilizia molto più contenuta rispetto a Faenza.

L'abaco non è inteso per essere esaustivo e bastevole anche per i restanti Comuni dell'ambito faentino per i quali si potrà prevedere una integrazione tipologica in relazione alle caratteristiche locali.

Le tipologie maggiormente significative comprese nell'abaco sono descritte in modo dettagliato in apposite schede di approfondimento allegate in Appendice.

Con riferimento alla **Tabella 1**, per **tipologie storiche** deve intendersi il patrimonio edilizio storico rimasto immutato nel tempo senza aver subito interventi significativi di rinforzo o miglioramento nel corso degli anni. Esse sono costituite da tipi edilizi a schiera (**MUA0a**) e nel caso di Faenza a Palazzo (**MUA0d**), oltre ad uno specifico tipo edilizio anni '20

(MUA0c), rappresentativo di taluni ambiti della città. Alle tipologie storiche, seppur con le dovute distinzioni del caso specificate nelle schede di sintesi, è stata attribuita la classe di vulnerabilità A.

L'attribuzione della classe A è giustificata dall'elevata complessità strutturale particolarmente dei Palazzi (caratterizzati da sistemi voltati, piani interrati, loggiati e sistemi di incatenamento generalmente limitati ai loggiati).

Nel caso dell'edilizia minuta, ovvero delle schiere, l'attribuzione della classe A è analogamente legata alla mancanza di presidi di contenimento come catene metalliche (limitate ai sottotetti). La qualità muraria, in mattoni a due o tre teste è generalmente compatta e pertanto di buona qualità, tuttavia il processo di manomissione dei paramenti intervenuto nel tempo (particolarmente a Faenza) induce prudenzialmente a considerare anche questa tipologia di classe A.

Edifici e palazzetti risalenti ai primi anni 20 (presenti nella sola Faenza), con caratteristiche sotto il profilo costruttivo diverse rispetto al patrimonio storico ante '900 (solai in putrelle, maggiori percentuali di bucaure e così via), sono state comunque associate alla medesima classe A.



**Fig. 9:** Prospetti su via Terra Nuova da via del Filatoio (fonte: Faenza, Rione rosso Vol. 5- L.Savelli)

Gli edifici di **ricostruzione del dopoguerra in aggregato** mantengono la distinzione adottata per le tipologie storiche in palazzi ed edilizia minuta. Per quest'ultima si è adottata la distinzione di tipologie di nuova costruzione al di fuori del sedime originario (MUA1) e tipologie storiche del tipo MUA0a con interventi localizzati (MUA0b). Si tratta di tipologie vicine ma distinte, in cui uno degli elementi di differenza consta nella tipologia di orizzontamenti adottati nella ricostruzione (solai Varese). Alle schiere, anche in virtù di confinamenti presenti sebbene in modo non sistematico, è stata associata **la classe B**; i Palazzi permangono invece in classe A. La zona del Borgo di Faenza è esemplificativa del processo ricostruttivo e delle due tipologie adottate.

Il processo di espansione di entrambi i centri urbani risalente al dopoguerra avviene mediante tipologie edilizie prevalentemente in muratura. Nel caso di Solarolo l'espansione è contraddistinta dalle tipologie **MUR1a** e **MUI1b**, consistenti in edifici isolati mono o bifamiliari a due piani, distinti da un differente livello di regolarità strutturale (la MUI1b presenta molti elementi di irregolarità).



Tali tipologie hanno costituito anche un riferimento importante per l'espansione di Faenza negli anni '50-'60 e sono presenti in diverse zone della città tra cui a titolo esemplificativo le lottizzazioni in via Sant'Umiltà, Via Ugo Piazza (MUR1a) e dietro via Rosselli (MUI1b). Caratterizzata da un diverso impianto strutturale, anch'essa in muratura è la tipologia MUR1b in linea a carattere popolare. Le tre tipologie sono state associate, in virtù della qualità muraria e delle tipologie di orizzontamenti prevalenti (varese più raramente laterocemento) alla **classe C1**.

In muratura è ancora la tipologia **MUI1a** risalente agli anni '60-'70, presente in forma minore a Faenza, maggiore a Solarolo, caratterizzata rispetto alle precedenti da un numero maggiore di piani (3) e da solai e coperture in laterocemento accompagnate da cordatura perimetrale, associata pertanto alla **classe D1**.

Una tipologia a parte è senz'altro quella più propriamente definita in muratura mista-c.a. adottata nel processo ricostruttivo di Faenza soprattutto per grandi palazzine, con numero di piani variabile tra 4 e 5, caratterizzati da una certa irregolarità piano altimetrica (**MUI1+3**). Edifici esemplificativi di questa fase sono a Faenza quelli prospicienti Piazza Lanzoni nel Borgo Durbecco (classe C1).

E' l'edilizia in cemento armato (in particolar modo a Faenza) a caratterizzare l'espansione della città dagli anni '60 in poi. Gran parte dell'espansione in c.a. di Faenza è avvenuta antecedentemente alla entrata in vigore della prima legge nazionale relativa alle "Prescrizioni per le costruzioni in zone sismiche sismica" N. 64 del 2 febbraio 1974. Questo primo dato vincola l'attribuzione in classe di questa importante fetta di edificato che ricade, secondo il criterio precedentemente esposto, in **classe C2**.

All'interno di tali ambiti le diverse tipologie evidenziate (**CAI1, CA1+3; CAR1; CAR1+3**) consentono di effettuare ulteriori ed importanti distinzioni relative ad esempio alla presenza di elementi di irregolarità strutturale, denotati dalla presenza di portici, piani pilotis, pilastri tozzi o semplici irregolarità piano-altimetriche. La mappa di Faenza mette in luce come vi sia una massiccia presenza di tipologie strutturali irregolari (CAI1, CAI1+3 ) ed in generale come l'edilizia in cemento armato di quegli anni tenda in buona parte ad eccedere i 3 piani. Viceversa, a Solarolo questa fase espansiva manca del tutto essendo lo sviluppo urbano preponderante avvenuto negli anni addietro e in modo preponderante in muratura.

L'edilizia realizzata negli anni '80, e pertanto a seguito della citata legge sismica è riconducibile a più circoscritte zone della città di Faenza. A tali tipologie (**CAI2, CA2+3; CAR2; CAR2+3**) è associata una **classe di Vulnerabilità D2**. L'edificato a norma, realizzato secondo a seguito della prima stesura delle Norme Tecniche per le costruzioni (DM 14/09/2005), è limitato ad alcune aree isolate, evidenziati in mappa, tuttavia non incisive ai fini di una distribuzione areale della vulnerabilità (**classe E**).

Codice	Descrizione identificativa	Regolarità	Str. Verticali	Orizzontamenti	N. piani	Data Costr.	EMS 98
MUA0a	Schiera in aggregato storica	In aggregato	MU	Legno con/senza rinforzi	2_3	1800	A
MUA0b	Schiera in aggregato + int. post bellici	In aggregato	MU	Varese	2_4	1800-1950	B
MUA0c	Edifici anni '20	In aggregato	MU	Voltine/Legno	2_3	1920	A
MUA0d	Palazzo storico di pregio	In aggregato	MU	Legno /volte	2_3	>1400	A
MUA0e	Palazzo storico di pregio +int. post bellici	In aggregato	MU	Varese/Legno volte	2_3	>1400	A
MUA1	In aggregato di ricostruzione anni 50	In aggregato	MU	Varese	2_4	1950	B
MUI1a	Bi-tri familiare anni 70	Irregolare	MU	Var/Laterocemento	3	1970	D1
MUI1b	Monofamiliare anni 60	Irregolare	MU	Laterocemento	2	1960	C1
MUR1a	Monofamiliare anni 50	Regolare	MU	Varese	2	1950	C1
MUR1b	Linea di ricostruzione post bellica	Regolare	MU	Var/Laterocemento	3	1960	C1
MII1+3	Edifici - palazzine miste c.a./mur anni 50-60	Irregolare	MI	Var/Laterocemento	4_5	1950	C1
CA3	Edilizia a norma (NTC 2008)	Irregolare	CA	Laterocem/Solette	var	>2003	E
CAI1	Edificio bi-tri-familiare	Irregolare	CA	Laterocemento	3	1970	C2
CAI1+3	Palazzina	Irregolare	CA	Laterocemento	4	1960-70	C2
CAI2	Casa isolata/Villino/Schiera/	Irregolare	CA	laterocemento	3	>1983	D2
CAI2+3	Palazzina	Irregolare	CA	Laterocemento	3_5	>1983	D2
CAR1	Edificio bi-tri-familiare	Regolare	CA	Laterocemento	3	1970	C2
CAR1+3	Palazzina	Regolare	CA	laterocemento	2_3+1	1970	C2
CAR2	Edificio Regolare	Regolare	CA	Laterocemento	2_3	>1983	D2
CAR2+3	Palazzina	Regolare	CA	Laterocemento	3	>1983	D2

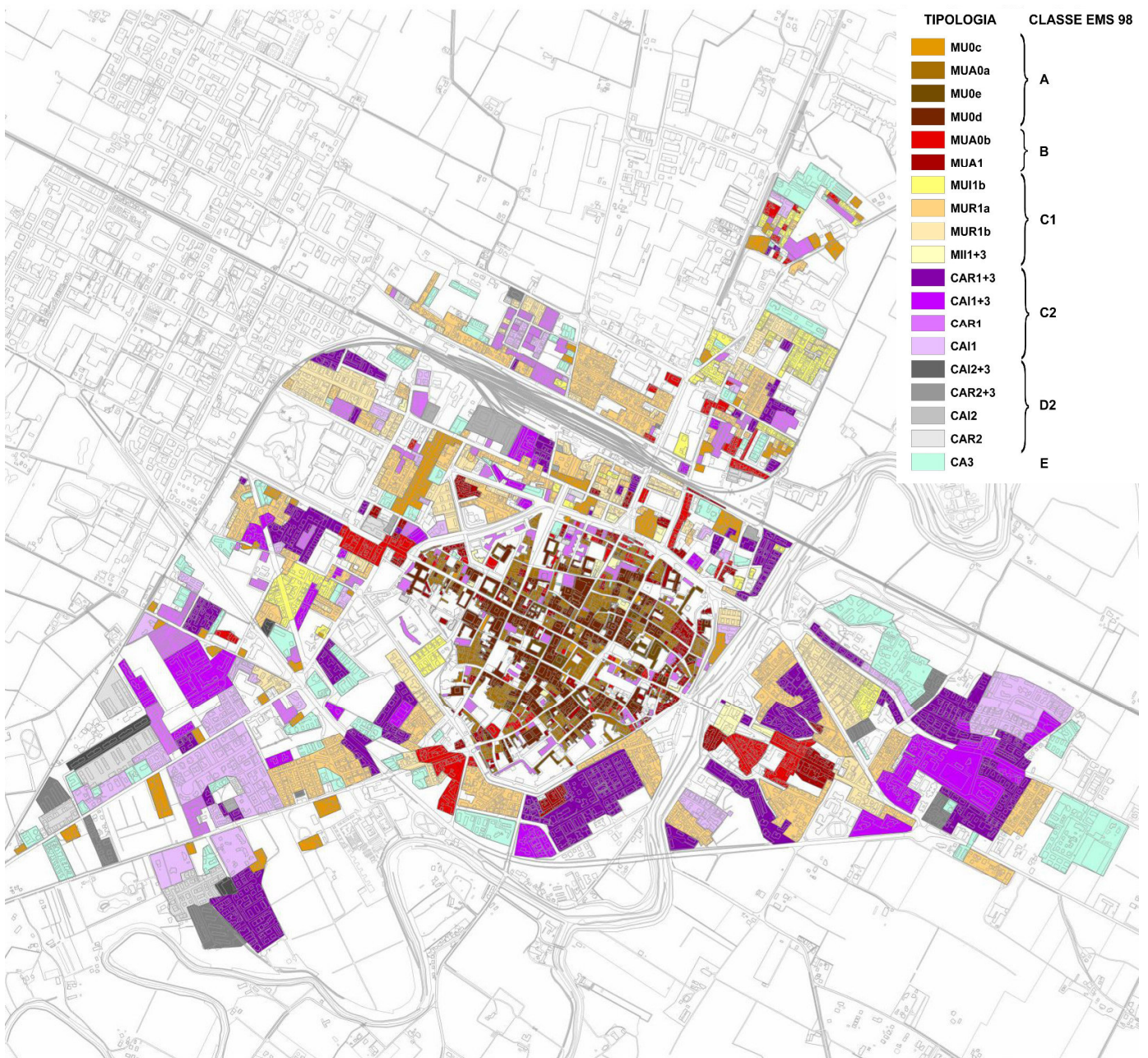
**Tabella2:** Identificazione tipologica dell'ambito faentino.

La Tabella 2 presenta un elenco riepilogativo delle tipologie rinvenute nei due centri ad oggi esaminati e potrà essere assunta come riferimento per gli ulteriori 4 centri compresi nell'ambito faentino, a meno di possibili integrazioni all'abaco tipologico che potranno emergere in relazione alle specificità di ogni singolo comune.

L'identificazione delle tipologie edilizie e la relativa associazione in classi di Vulnerabilità consente di pervenire ad ambiti che possono essere ragionevolmente ritenuti omogenei sotto il profilo delle classi di Vulnerabilità EMS 98. Le schede delle tipologie più significative dell'ambito faentino sono di seguito riportate.

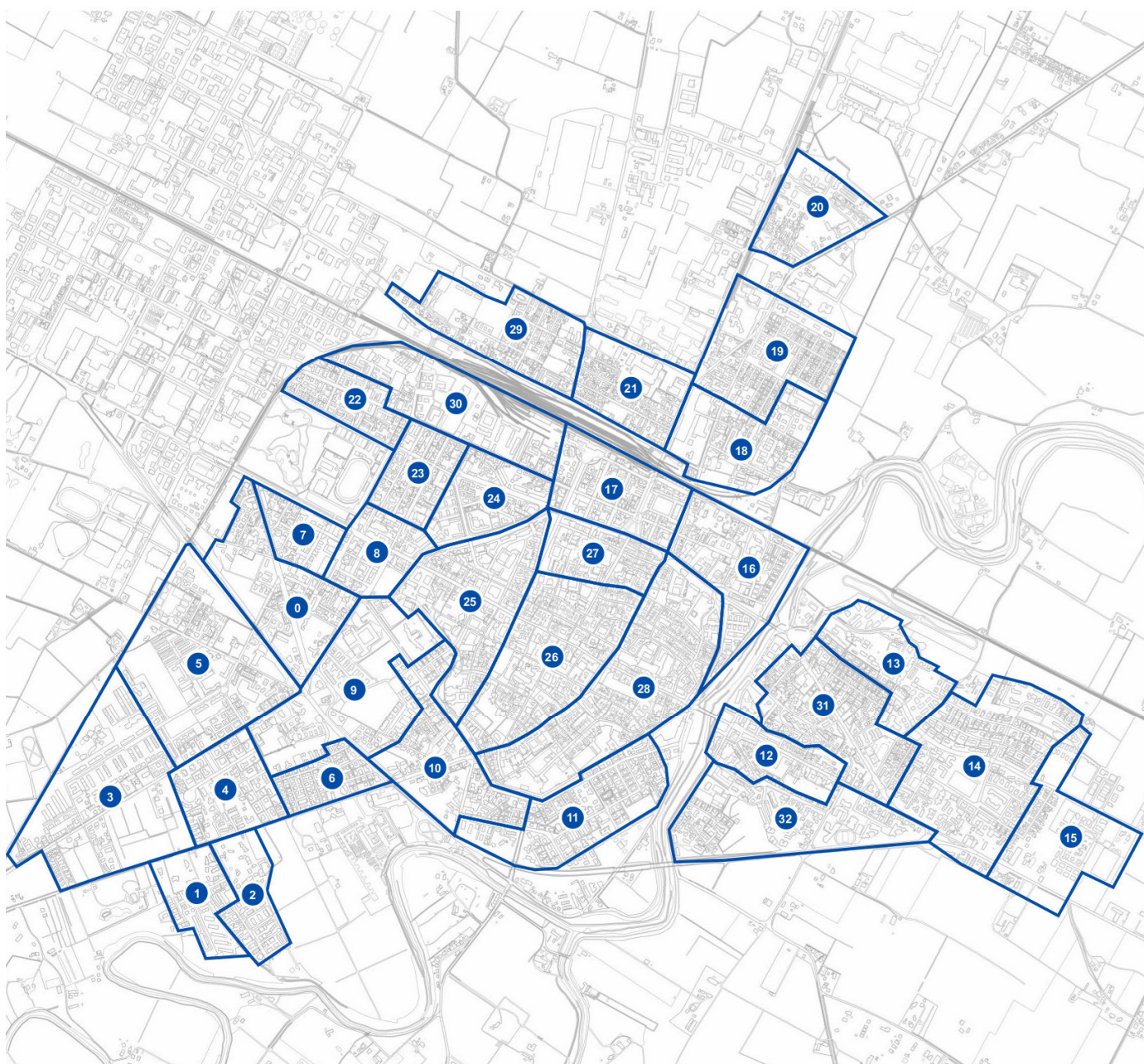
Ai fini di un corretto utilizzo da parte delle Amministrazioni dei risultati prodotti, si sottolinea che le analisi condotte sull'edificato, sintetizzate in elaborati tematici di cui alle Fig. 10-11-12., sono di natura speditiva e basate su un approccio tipologico statistico. Esse perdono pertanto di significato ed attendibilità quando utilizzate per la verifica del singolo edificio, le cui caratteristiche in termini tipologico-strutturali, sono basate su valutazioni visive e pertanto soggette ad ampi margini di variabilità.

Fig. 10: Carta degli ambiti a tipologia omogenea.



**Carta degli ambiti a  
tipologia omogenea**

Fig. 11: Carta dei comparti a vulnerabilità omogenea.



**Carta dei comparti a vulnerabilità omogenea**

**Comparti Omogenei**

-  Comparti
-  identificativo comparto a vulnerabilità omogenea

Fig. 12: Distribuzione percentuale delle classi di vulnerabilità EMS 98 stimate sugli alloggi per comparto.

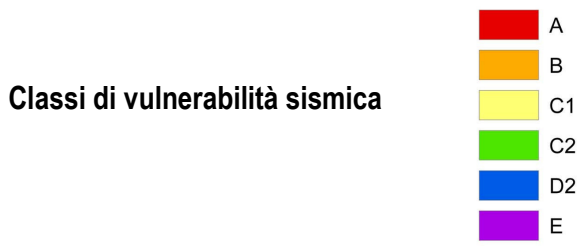
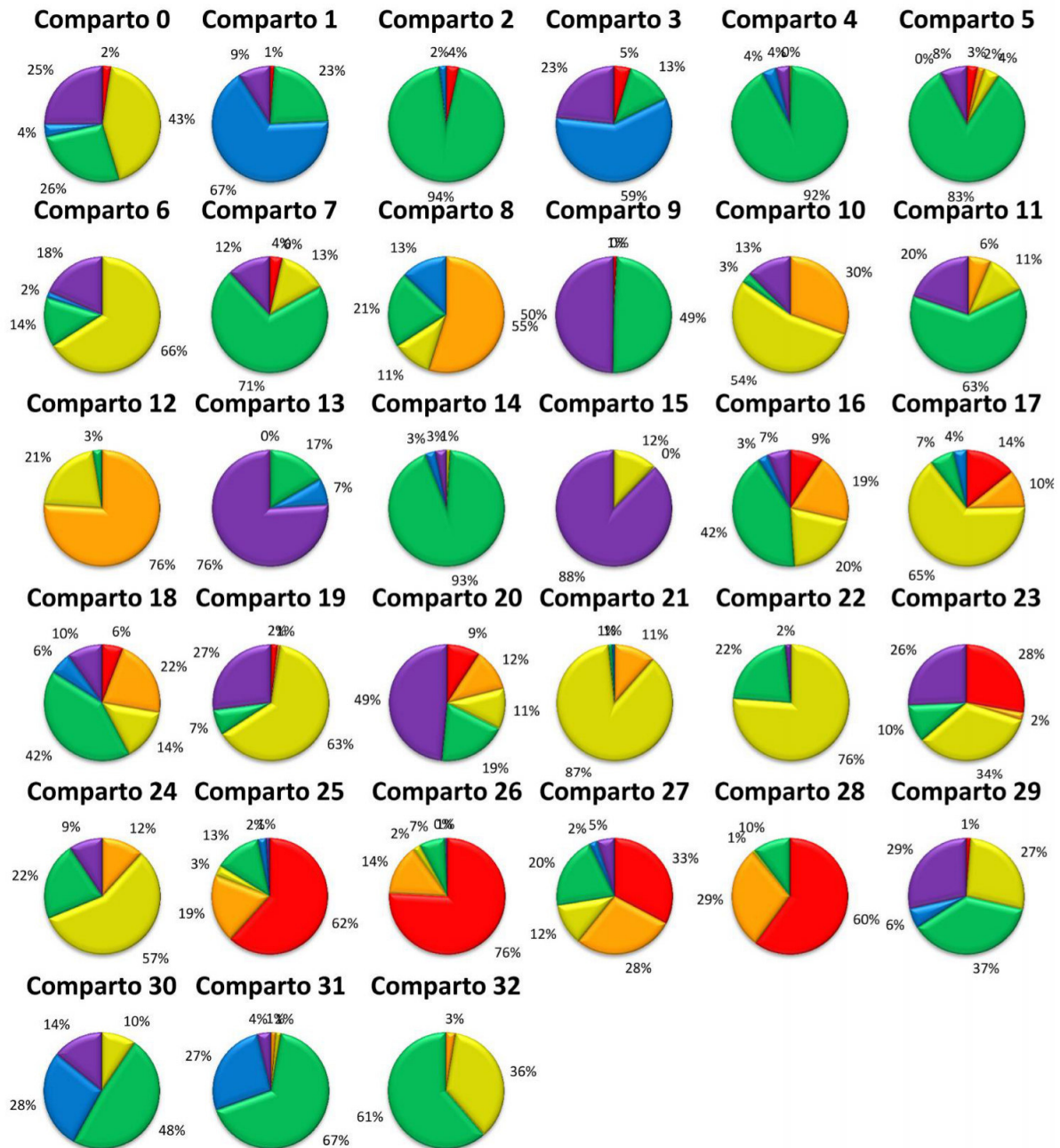




Fig. 13: Schede tipologie edilizie relative all'ambito Faentino.

PROGETTO SPERIMENTALE PER LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO SISMICO DI 6 COMUNI DEL TERRITORIO FAENTINO

Regione Emilia-Romagna

**STORICA IN AGGREGATO CON INTERVENTI POST BELLICI**

**Tipo base:**  
Edilizia storica in aggregato, in muratura, costituita mediamente da tre piani fuori terra o da due piani più sottotetto praticabile, oggetto di interventi di ricostruzione o ristrutturazione parziale a seguito del conflitto bellico. L'altezza interpiano si aggira intorno ai 2.80-3.00, il piano terra generalmente presenta altezza inferiore rispetto ai piani superiori.  
Il passo strutturale della cellula base raramente supera i 10 mt di larghezza. In profondità solitamente è presente un raddoppio della cellula mediante muro di spina interno parallelo alla parete di facciata. Tale setto prosegue sino in copertura, segnando la posizione del colmo. A seconda della larghezza del fronte, possono essere presenti setti interni ortogonali alla stessa a 2 teste, su cui sono tessuti solai e coperture. Il piano terra è generalmente ad uso non residenziale (commerciale, produttivo o rimessa); i piani superiori ad uso residenziale sono accessibili mediante corpo scala interno. L'ossatura muraria, caratterizzata da una certa regolarità originaria della tessitura, è costituita da mattoni cotti generalmente a due teste. Nei casi di ricostruzione parziale o interventi post bellici, la muratura è stata ripresa in mattoni sui setti murari preesistenti superstiti.  
Il sistema costruttivo originariamente adottato in epoca storica per solai e coperture, era costituito da una orditura di travi lignee di circa 20x20 cm sormontate da orditura era secondaria di travetti di dimensioni 8x8 cm, e sovrastante pianellato. La tessitura delle travi in copertura (così come negli orizzontamenti) era parallela ai fronti stradali e pertanto non spingente. La testa delle travi era ancorata ai setti laterali mediante capochiavi metallici, tuttora ben visibili. Più sporadiche invece le catene in facciata.  
In epoca post bellica tale sistema fu sostituito da un rifacimento molto diffuso di solai e coperture mediante sistema a travetti prefabbricati Varese, tavellonato ed un sottile strato di calcestruzzo per la ripartizione dei carichi. In alcuni casi le travi lignee furono lasciate e sostituito il solo pianellato con il sistema a travetti. In molti casi inoltre si è assistito ad una inversione nella direzione di tessitura delle coperture, ingenerando quindi un sistema spingente. Il confinamento orizzontale mediante cordoli in c.a. è stato assicurato (a quota copertura o solai) solo in alcuni sporadici casi in cui sono stati effettuati successivi interventi di miglioramento sismico secondo la L. 2-2-1974 n. 64, e comunque successivamente alla data di classificazione sismica del Comune (1983).

**MUA-0b**

ETA' DI COSTRUZIONE	Ante 1919		Strutture Verticali							
	N. PIANI FUORI TERRA	H ALLA GRONDA	Maturazione di qualità cattiva		Maturazione di qualità media		Maturazione di qualità buona		Calcestruzzo	
N. PIANI FUORI TERRA	3	8-10m							Non adeguato	
H ALLA GRONDA	8-10m								Non adeguato	
SUP MEDIA PIANO (mq)	80-100								Non adeguato	
TIPOL. STRUT. VERTICALI	muratura								Non adeguato	
QUALITA' MURARIA	Media								Non adeguato	
TIPOL. ORIZZONTAMENTI	Semirig.								Non adeguato	
CONFINAMENTO/RINFORZI	No								Non adeguato	
REGOLARITA' PLANIMETR.	Si								Non adeguato	
REGOLARITA' ELEVAZIONE	Si								Non adeguato	
VARIABILITA' DEL TIPO (1-3)	2								Non adeguato	
CLASSE VULNERABILITA'	B								Non adeguato	

**Precarietà strutturali:**  
La precarietà strutturale prevalente di questa tipologia è legata alla assenza di sistemi di presidio antisismico quali cordoli o catene. I sistemi di orizzontamento e copertura mediante Varese sono nella maggior parte scollegati rispetto ai muri d'ambito, e la loro tessitura unidirezionale li rende alquanto deformabili nel piano. Ulteriore elemento di vulnerabilità è la presenza di estese bucatore in facciata inserite dagli anni 50 in poi, rappresentate da vani garage, ampie finestrate, o canne fumarie. Diffusa presenza di sopraelevazioni o elementi incongrui aggiunti (superfacciate, balconi). La caratteristica di far parte di un aggregato strutturale sviluppatosi e modificatosi diacronicamente comporta la presenza di forti disallineamenti in copertura e tra orizzontamenti.

---

PROGETTO SPERIMENTALE PER LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO SISMICO DI 6 COMUNI DEL TERRITORIO FAENTINO

Regione Emilia-Romagna

**IN AGGREGATO DI RICOSTRUZIONE ANNI 50**

**Tipo base:**  
Edilizia residenziale ordinaria di ricostruzione all'interno di aggregati storici, riedificata a seguito del conflitto bellico conseguentemente al crollo o alla demolizione di una o più cellule attigue. Il numero di piani medio è di 2 o 3, con un'altezza al colmo oscillante tra i 9 e 10 metri. Il piano terra è solitamente destinato a rimessa, o ad uso commerciale o produttivo. I piani superiori, ad uso residenziale sono accessibili mediante corpo scala provvisto di accesso indipendente su strada, posto generalmente lungo una delle pareti spina.  
L'ossatura muraria è in mattoni (anni '50) a due teste, i cui setti ortogonali alla parete di facciata sono posti in adiacenza ai muri d'ambito delle cellule storiche. Il passo murario può variare pertanto dai 7-8 metri ai 15 (cellula doppia).  
Solai e coperture sono frequentemente realizzati mediante sistema a travetti prefabbricati Varese, tavellonato ed un sottile strato di calcestruzzo per la ripartizione dei carichi.  
In copertura, in luogo dei travetti in precompresso è frequente l'uso di travi lignee, sormontate da tavellonato.  
La direzione di tessitura delle coperture può essere anche ortogonale rispetto al fronte, e pertanto in questo caso spingente.  
Il confinamento orizzontale mediante cordoli in c.a. è stato assicurato (a quota copertura o solai) solo in alcuni sporadici casi non essendo all'epoca il comune classificato sismico.  
Elementi a sbalzo (balconi) coevi, realizzati in travetti e tavelloni, sono frequenti in questa tipologia, ma non associati alla presenza di cordoli di piano in grado di assorbire l'effetto torsionale dello sbalzo.  
La parete di facciata presenta un massiccio sistema di bucatore caratterizzato al piano da ampi squarci murari atti ad ospitare garage o vetrine, in adiacenza alla porta di ingresso alle unità abitative superiori. Ampie finestre, talvolta a nastro, rendono la parete estremamente debole ed inefficace alla trasmissione dei soli carichi statici.  
Molto frequenti sono elementi sporadici in c.a., in un'epoca in cui tale tecnica costruttiva stava prendendo piede. Possono rinvenirsi pilastri isolati e travi rompitratta che interrompono la maglia muraria in mattoni pieni.

**MUA\_1**

ETA' DI COSTRUZIONE	1950-60		Strutture Verticali							
	N. PIANI FUORI TERRA	H ALLA GRONDA	Maturazione di qualità cattiva		Maturazione di qualità media		Maturazione di qualità buona		Calcestruzzo	
N. PIANI FUORI TERRA	3	8-10m							Non adeguato	
H ALLA GRONDA	8-10m								Non adeguato	
SUP MEDIA PIANO (mq)	80-150								Non adeguato	
TIPOL. STRUT. VERTICALI	Media								Non adeguato	
QUALITA' MURARIA	Buona								Non adeguato	
TIPOL. ORIZZONTAMENTI	Semirig.								Non adeguato	
CONFINAMENTO/RINFORZI	no								Non adeguato	
REGOLARITA' PLANIMETR.	si								Non adeguato	
REGOLARITA' ELEVAZIONE	no								Non adeguato	
VARIABILITA' DEL TIPO (1-3)	2								Non adeguato	
CLASSE VULN. CENTRALE	B								Non adeguato	

**Precarietà strutturali:**  
Le precarietà principali di questa tipologia sono costituite dall'assenza di un sistema di rinforzi (cordoli o catene) atti a confinare la scatola muraria nei confronti del sisma. Quest'ultima è particolarmente indebolita dalla presenza di un massiccio sistema di bucatore in facciata e da elementi sporadici in c.a. (pilastri elementi in oggetto) che costituiscono elementi di irregolarità strutturale della maglia muraria.  
Al pari del resto dell'edilizia in aggregato, sono inoltre frequenti sopraelevazioni realizzate in epoca successiva.

LINEA ANNI '50	MUR-1b																																																																																																																																								
<p><b>Tipo base:</b>                      Edificio in linea costituito da tre piani di cui l'inferiore presenta altezza generalmente ridotta di poco superiore ai 2 m. I piani superiori sono ad uso abitativo, il piano inferiore è destinato generalmente a cantina o garage.                      Trattasi di tipologia edilizia popolare risalente al periodo fine anni cinquanta ed anni sessanta, caratterizzata da impianto regolare, con corpo scala interno, posto in posizione centrale e simmetrica.                      L'impianto planimetrico presenta una forma rettangolare le cui dimensioni variano da circa 14,00x6,00 m. a 18,00x8,00 m. In elevato la struttura è regolare e non sono presenti elementi aggettanti quali balconi.                      La struttura portante è in muratura di mattoni. Le pareti con funzione portante sono quelle perimetrali, realizzate in mattoni pieni a due teste di spessore 30 cm. Internamente è presente un muro di spina longitudinale, parallelo alla parate di facciata, sul quale è impostato il colmo della copertura, a 2 falde.                      Il corpo scala è incassato tra due setti in muratura ad una testa (15 cm), su cui sono poggiate le travi in c.a. trasversali a sostegno delle rampe.                      I solai, tessuti ortogonalmente alla parete longitudinale di facciata, sono realizzati mediante la tipologia di travetti Varese e tavelloni (più raramente laterocemento gettato in opera) e non sono solitamente dotati di cordolatura perimetrale, presente talvolta nelle sole tipologie più tarde. La copertura è di tipo Varese, ovvero costituita da travetti prefabbricati in calcestruzzo armato precompresso di dimensioni cm. 16x6 ed una lunghezza di ml. 4,50, e tavellone e sovrastante getto di completamento di cm. 5 per la ripartizione dei carichi. Nella parte sporgente è presente un aggetto della copertura realizzato in c.a. che funge da cornice di dimensioni circa di cm. 30. Il solaio intermedio tra la copertura ed il piano abitabile è realizzato in mezza pignate detti "spaccatelli" non praticabile. Anche il confinamento orizzontale posto all'imposta della copertura non è sempre assicurato da una cordonatura in c.a.</p>			<table border="1"> <tr> <td>ETA' DI COSTRUZIONE</td> <td>1950-60</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>N. PIANI FUORI TERRA</td> <td>3</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>H ALLA GRONDA</td> <td>9 m</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>SUP MEDIA PIANO</td> <td>140 mq</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>TIPOL. STRUT. VERTICALI</td> <td>media</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>QUALITA' MURARIA</td> <td>buona</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>TIPOL. ORIZZONTAMENTI</td> <td>Semider.</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>CONFINAMENTO/RINFORZI</td> <td>no</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>REGOLARITA' PLANIMETR.</td> <td>si</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>REGOLARITA' ELEVAZIONE</td> <td>si</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>VARIABILITA' DEL TIPO (1-3)</td> <td>1</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>CLASSE VULN. CENTRALE</td> <td>C1</td> <td colspan="4"></td> </tr> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Strutture orizzontali</th> <th colspan="2">Muratura di qualità cattiva</th> <th colspan="2">Muratura di qualità media</th> <th colspan="2">Muratura di qualità buona</th> <th rowspan="2">Calcestr. armato</th> </tr> <tr> <th>Senza cordone</th> <th>Con cordone</th> <th>Senza cordone</th> <th>Con cordone</th> <th>Senza cordone</th> <th>Con cordone</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Sistemi spingenti</td> <td>A</td> <td>B</td> <td>A</td> <td>B</td> <td>A</td> <td>B</td> <td>---</td> </tr> <tr> <td>Solai deformabili</td> <td>A</td> <td>B</td> <td>A</td> <td>B</td> <td>A</td> <td>B</td> <td>C1</td> </tr> <tr> <td>Solai ortogonali</td> <td>B</td> <td>C1</td> <td>B</td> <td>C1</td> <td>C1</td> <td>D1</td> <td>---</td> </tr> <tr> <td>Solai rigidi</td> <td>B</td> <td>C1</td> <td>C1</td> <td>D1</td> <td>C1</td> <td>D1</td> <td>C2</td> </tr> <tr> <td>Edifici costruiti in conf. con normative vigenti</td> <td colspan="2">D1</td> <td colspan="2">D1</td> <td colspan="2">D1</td> <td>D2</td> </tr> <tr> <td>Edifici ERD (costruiti con DM 2008)</td> <td colspan="2">E</td> <td colspan="2">E</td> <td colspan="2">E</td> <td>E</td> </tr> </tbody> </table>	ETA' DI COSTRUZIONE	1950-60					N. PIANI FUORI TERRA	3					H ALLA GRONDA	9 m					SUP MEDIA PIANO	140 mq					TIPOL. STRUT. VERTICALI	media					QUALITA' MURARIA	buona					TIPOL. ORIZZONTAMENTI	Semider.					CONFINAMENTO/RINFORZI	no					REGOLARITA' PLANIMETR.	si					REGOLARITA' ELEVAZIONE	si					VARIABILITA' DEL TIPO (1-3)	1					CLASSE VULN. CENTRALE	C1					Strutture orizzontali	Muratura di qualità cattiva		Muratura di qualità media		Muratura di qualità buona		Calcestr. armato	Senza cordone	Con cordone	Senza cordone	Con cordone	Senza cordone	Con cordone	Sistemi spingenti	A	B	A	B	A	B	---	Solai deformabili	A	B	A	B	A	B	C1	Solai ortogonali	B	C1	B	C1	C1	D1	---	Solai rigidi	B	C1	C1	D1	C1	D1	C2	Edifici costruiti in conf. con normative vigenti	D1		D1		D1		D2	Edifici ERD (costruiti con DM 2008)	E		E		E		E
ETA' DI COSTRUZIONE	1950-60																																																																																																																																								
N. PIANI FUORI TERRA	3																																																																																																																																								
H ALLA GRONDA	9 m																																																																																																																																								
SUP MEDIA PIANO	140 mq																																																																																																																																								
TIPOL. STRUT. VERTICALI	media																																																																																																																																								
QUALITA' MURARIA	buona																																																																																																																																								
TIPOL. ORIZZONTAMENTI	Semider.																																																																																																																																								
CONFINAMENTO/RINFORZI	no																																																																																																																																								
REGOLARITA' PLANIMETR.	si																																																																																																																																								
REGOLARITA' ELEVAZIONE	si																																																																																																																																								
VARIABILITA' DEL TIPO (1-3)	1																																																																																																																																								
CLASSE VULN. CENTRALE	C1																																																																																																																																								
Strutture orizzontali	Muratura di qualità cattiva		Muratura di qualità media		Muratura di qualità buona		Calcestr. armato																																																																																																																																		
	Senza cordone	Con cordone	Senza cordone	Con cordone	Senza cordone	Con cordone																																																																																																																																			
Sistemi spingenti	A	B	A	B	A	B	---																																																																																																																																		
Solai deformabili	A	B	A	B	A	B	C1																																																																																																																																		
Solai ortogonali	B	C1	B	C1	C1	D1	---																																																																																																																																		
Solai rigidi	B	C1	C1	D1	C1	D1	C2																																																																																																																																		
Edifici costruiti in conf. con normative vigenti	D1		D1		D1		D2																																																																																																																																		
Edifici ERD (costruiti con DM 2008)	E		E		E		E																																																																																																																																		
<p><b>Precarietà strutturali:</b>                      La precarietà strutturale prevalente di questa struttura è caratterizzata dagli esigui spessori murari utilizzati su passi strutturali notevoli. In particolare la parete longitudinale (facciata e retro) risulta essere scarsamente collegata rispetto al corpo dell'edificio e la presenza di una eventuale cordonatura perimetrale potrebbe essere insufficiente a garantire una adeguata risposta sismica. La commistione tra la tecnica in muratura e quella in c.a. (utilizzata nel corpo scala e talvolta nel piano garage se presente) puo' costituire un elemento di vulnerabilità aggiuntivo meritevole di specifico approfondimento</p>																																																																																																																																									

MONOFAMILIARE ISOLATA ANNI '50	MUR-1a																																																																																																																																								
<p><b>Tipo base:</b>                      Edificio isolato unifamiliare costituito da due piani fuori terra di cui l'inferiore presenta una altezza di ml. 2,00. Il piano superiore, accessibile mediante corpo scala esterno è ad uso abitativo, quello inferiore destinato generalmente a cantina o rimessa. Trattasi di tipologia edilizia risalente al periodo 1950-60.                      L'impianto planimetrico, a forma rettangolare vicino alla quadrata, ha dimensioni di circa 9x10 m. Un leggero sfalsamento di circa un metro è presente in pianta al fine di inserire nello spazio di risulta un corpo scala di accesso all'unità abitativa superiore.                      Le pareti con funzione portante sono quelle perimetrali, realizzate in mattoni pieni a due teste (spessore 30 cm). Al piano inferiore sono presenti due muri intermedi di spessore di cm. 15 che hanno la funzione di sostenere i solai intermedi. Tali setti proseguono anche al piano superiore ma hanno soltanto funzione distributiva e non strutturale.                      Solai e coperture sono prevalentemente tipo Varese ovvero costituiti da travetti prefabbricati in calcestruzzo armato precompresso di dimensioni cm. 16x6 ed una lunghezza di ml.6,50, e sovrastante getto di completamento di cm. 5 per la ripartizione dei carichi, nella parte sporgente è presente il doppio tavellone.                      La copertura presenta uno sfalsamento tra le due falde di circa 1 metro le quali sono sostenute da una trave in c.a. posta sulla sommità di uno dei due setti intermedi. Altre due travi parallele alla trave di colmo sono poste all'imposta delle falde di copertura.                      Il confinamento orizzontale sull'intero perimetro della scatola muraria non è assicurato da alcuna cordonatura.</p>			<table border="1"> <tr> <td>ETA' DI COSTRUZIONE</td> <td>1960</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>N. PIANI FUORI TERRA</td> <td>2</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>H ALLA GRONDA</td> <td>7m</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>SUP MEDIA PIANO</td> <td>80 mq</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>TIPOL. STRUT. VERTICALI</td> <td>muratura</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>QUALITA' MURARIA</td> <td>media</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>TIPOL. ORIZZONTAMENTI</td> <td>Semirig.</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>CONFINAMENTO/RINFORZI</td> <td>no</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>REGOLARITA' PLANIMETR.</td> <td>si</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>REGOLARITA' ELEVAZIONE</td> <td>si</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>VARIABILITA' DEL TIPO (1-3)</td> <td>2</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>CLASSE VULN. CENTRALE</td> <td>C1</td> <td colspan="4"></td> </tr> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Strutture orizzontali</th> <th colspan="2">Muratura di qualità cattiva</th> <th colspan="2">Muratura di qualità media</th> <th colspan="2">Muratura di qualità buona</th> <th rowspan="2">Calcestr. armato</th> </tr> <tr> <th>Senza cordone</th> <th>Con cordone</th> <th>Senza cordone</th> <th>Con cordone</th> <th>Senza cordone</th> <th>Con cordone</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Sistemi spingenti</td> <td>A</td> <td>B</td> <td>A</td> <td>B</td> <td>A</td> <td>B</td> <td>---</td> </tr> <tr> <td>Solai deformabili</td> <td>A</td> <td>B</td> <td>A</td> <td>B</td> <td>A</td> <td>B</td> <td>C1</td> </tr> <tr> <td>Solai ortogonali</td> <td>B</td> <td>C1</td> <td>B</td> <td>C1</td> <td>C1</td> <td>D1</td> <td>---</td> </tr> <tr> <td>Solai rigidi</td> <td>B</td> <td>C1</td> <td>C1</td> <td>D1</td> <td>C1</td> <td>D1</td> <td>C2</td> </tr> <tr> <td>Edifici costruiti in conf. con normativa vigenti</td> <td colspan="2">D1</td> <td colspan="2">D1</td> <td colspan="2">D1</td> <td>D2</td> </tr> <tr> <td>Edifici ERD (costruiti con DM 2008)</td> <td colspan="2">E</td> <td colspan="2">E</td> <td colspan="2">E</td> <td>E</td> </tr> </tbody> </table>	ETA' DI COSTRUZIONE	1960					N. PIANI FUORI TERRA	2					H ALLA GRONDA	7m					SUP MEDIA PIANO	80 mq					TIPOL. STRUT. VERTICALI	muratura					QUALITA' MURARIA	media					TIPOL. ORIZZONTAMENTI	Semirig.					CONFINAMENTO/RINFORZI	no					REGOLARITA' PLANIMETR.	si					REGOLARITA' ELEVAZIONE	si					VARIABILITA' DEL TIPO (1-3)	2					CLASSE VULN. CENTRALE	C1					Strutture orizzontali	Muratura di qualità cattiva		Muratura di qualità media		Muratura di qualità buona		Calcestr. armato	Senza cordone	Con cordone	Senza cordone	Con cordone	Senza cordone	Con cordone	Sistemi spingenti	A	B	A	B	A	B	---	Solai deformabili	A	B	A	B	A	B	C1	Solai ortogonali	B	C1	B	C1	C1	D1	---	Solai rigidi	B	C1	C1	D1	C1	D1	C2	Edifici costruiti in conf. con normativa vigenti	D1		D1		D1		D2	Edifici ERD (costruiti con DM 2008)	E		E		E		E
ETA' DI COSTRUZIONE	1960																																																																																																																																								
N. PIANI FUORI TERRA	2																																																																																																																																								
H ALLA GRONDA	7m																																																																																																																																								
SUP MEDIA PIANO	80 mq																																																																																																																																								
TIPOL. STRUT. VERTICALI	muratura																																																																																																																																								
QUALITA' MURARIA	media																																																																																																																																								
TIPOL. ORIZZONTAMENTI	Semirig.																																																																																																																																								
CONFINAMENTO/RINFORZI	no																																																																																																																																								
REGOLARITA' PLANIMETR.	si																																																																																																																																								
REGOLARITA' ELEVAZIONE	si																																																																																																																																								
VARIABILITA' DEL TIPO (1-3)	2																																																																																																																																								
CLASSE VULN. CENTRALE	C1																																																																																																																																								
Strutture orizzontali	Muratura di qualità cattiva		Muratura di qualità media		Muratura di qualità buona		Calcestr. armato																																																																																																																																		
	Senza cordone	Con cordone	Senza cordone	Con cordone	Senza cordone	Con cordone																																																																																																																																			
Sistemi spingenti	A	B	A	B	A	B	---																																																																																																																																		
Solai deformabili	A	B	A	B	A	B	C1																																																																																																																																		
Solai ortogonali	B	C1	B	C1	C1	D1	---																																																																																																																																		
Solai rigidi	B	C1	C1	D1	C1	D1	C2																																																																																																																																		
Edifici costruiti in conf. con normativa vigenti	D1		D1		D1		D2																																																																																																																																		
Edifici ERD (costruiti con DM 2008)	E		E		E		E																																																																																																																																		
<p><b>Precarietà strutturali:</b>                      La precarietà strutturale prevalente di questa tipologia è legata al suo impianto, costituito da setti di esiguo spessore (30 cm) associate a luci considerevoli (circa 10 m gli uni dagli altri) e dalla mancanza di elementi di confinamento (cordoli) o ritegno (catene) in grado di assorbire la risposta sismica. La tipologia di orizzontamento/copertura adottata non favorisce inoltre la redistribuzione dell'azione sismica, né un collegamento dei travetti alle pareti d'ambito. La presenza di logge o altri elementi isolati in c.a., soprattutto laddove inseriti in una fase successiva, produce un incremento generalizzato della vulnerabilità ed a questi va prestata particolare attenzione in una ottica di miglioramento della risposta strutturale.</p>																																																																																																																																									



**BI TRI FAMILIARE ANNI '60-'70** **MUI-1a**

**Tipo base:**  
 Edificio bi-tri familiare costituito da tre piani fuori terra di cui l'inferiore parzialmente interrato presenta altezza di ml. 2,00. I piani superiori, accessibili mediante corpo scala poggiato su due setti interni a due teste, sono ad uso abitativo, quello inferiore destinato generalmente a cantina o rimessa. L'impianto planimetrico, a forma rettangolare e non supera i 15 mt di lato. La scatola muraria è costituita da un muro perimetrale di mattoni pieni di cm. 30 di spessore, a due teste, e da due setti intermedi paralleli al lato lungo su cui poggiano i solai intermedi. Possono tuttavia essere presenti anche sporadici pilastri interni in c.a. all'interno della maglia muraria. In corrispondenza dell'angolata può essere presente un portico realizzato in pilastri in c.a., anche ripetuto sui due piani. Le pareti con funzione portante sono impostate su un basamento perimetrale realizzato mediante setto continuo in cemento armato strutturalmente collegato agli elementi verticali in c.a. (pilastri) presenti nel portico. Solai e copertura possono trovarsi realizzati in laterocemento gettati in opera (travetti e pignatte), o mediante il sistema a travetti Varese (travetti prefabbricati in calcestruzzo armato precompresso di dimensioni cm. 16x6 ed una luce media di ml. 4,50-6,50, e sovrastante getto di completamento di cm. 5 per la ripartizione dei carichi); La copertura è a 4 falde. Cordolature in c.a. sono presenti generalmente sia a livello di piano che all'imposta della copertura. L'aggetto di quest'ultima è realizzato in c.a. e raggiunge il metro di lunghezza.




ETA' DI COSTRUZIONE	1975	Strutture verticali								
N. PIANI FUORI TERRA	3	Muratura di qualità cattiva	Muratura di qualità media	Muratura di qualità buona	Calcestr. armato					
H ALLA GRONDA	8-12m	Non idonea	Non idonea	Non idonea	Non idonea					
SUP MEDIA PIANO	160 mq	Strutture orizzontali								
TIPOL. STRUT. VERTICALI	muratura	Sistemi spingenti	A	B	A	B	A	B	---	---
QUALITA' MURARIA	buona	Setti deformabili	A	B	A	B	A	B	C1	---
TIPOL. ORIZZONTAMENTI	Semirig.	Setti semirigidi	B	C1	B	C1	C1	C1	---	---
CONFINAMENTO/RINFORZI	si	Setti a rigelli	B	C1	C1	D1	C1	D1	C2	D2
REGOLARITA' PLANIMETR.	No	Setti non normativi in cant. con normativa vigente	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1
REGOLARITA' ELEVAZIONE	Si	Setti con FRO sostituiti con FMO (2008)	E	E	E	E	E	E	E	E
VARIABILITA' DEL TIPO (1-3)	2									
CLASSE VULNERABILITA'	D1									

**Precarietà strutturali:**  
 La precarietà strutturale prevalente di questa struttura è caratterizzata dagli esigui spessori murari utilizzati su passi strutturali notevoli. La presenza di una cordonatura perimetrale su tale tipo di impianto potrebbe essere insufficiente a garantire una adeguata risposta sismica. Come elemento di irregolarità strutturale si segnala la presenza di pilastri isolati anche in facciata.




**MONOFAMILIARE ISOLATA ANNI '60** **MUI-1b**

**Tipo base:**  
 Edificio isolato mono o bi-familiare costituito da tre piani fuori terra di cui l'inferiore, destinato a cantina o garage, presenta altezza di 2.00 m. I piani superiori sono ad uso abitativo, ed accessibili mediante corpo scala esterno. E' presente comunque all'interno della struttura una scala interna che ha la funzione di collegamento tra i due piani o le due unità. Trattasi di tipologia edilizia risalente al periodo fine anni cinquanta inizio anni sessanta. L'impianto planimetrico, generalmente a forma rettangolare ha dimensioni di circa 12x10 m. La scala esterna addossata alla casa nel suo prospetto principale è generalmente sorretta da un pilastro isolato in c.a. di dimensioni 30x30 cm, che prosegue talvolta sino in copertura. La struttura portante verticale è costituita da pareti in mattoni pieni a due teste (30 cm) che corrono perimetralmente alla struttura, ed al suo interno mediante due setti murari, interrotti nel loro sviluppo da aperture di notevoli dimensioni. Queste ultime, sormontate da architravi in c.a. sono talvolta caratterizzate dalla presenza di pilastri isolati intermedi in c.a. che fungono da rompi tratta. Dei due setti intermedi portanti, solo uno prosegue sino in copertura, nonostante non svolga funzione di sostegno della stessa, funzione assolta da una trave longitudinale posta sulla sommità del setto stesso. Solai e copertura sono di tipo Varese ovvero costituita da travetti prefabbricati in calcestruzzo armato precompresso di dimensioni cm. 16x6 ed una luce media di ml. 4,50-6,50, e sovrastante getto di completamento di cm. 5 per la ripartizione dei carichi. Nelle tipologie piu' tarde puo' trovarsi il sistema in laterocemento tradizionale gettato in opera. Il confinamento orizzontale della scatola muraria non e' assicurato da cordonature in c.a. di piano e in copertura. Aggetti e solette sono realizzati ancorando localmente la parte in aggetto.



ETA' DI COSTRUZIONE	1960	Strutture verticali								
N. PIANI FUORI TERRA	3	Muratura di qualità cattiva	Muratura di qualità media	Muratura di qualità buona	Calcestr. armato					
H ALLA GRONDA	9 m	Non idonea	Non idonea	Non idonea	Non idonea					
SUP MEDIA PIANO	120 mq	Strutture orizzontali								
TIPOL. STRUT. VERTICALI	muratura	Sistemi spingenti	A	B	A	B	A	B	---	---
QUALITA' MURARIA	media	Setti deformabili	A	B	A	B	A	B	C1	---
TIPOL. ORIZZONTAMENTI	Semidef.	Setti semirigidi	B	C1	B	C1	C1	C1	---	---
CONFINAMENTO/RINFORZI	no	Setti a rigelli	B	C1	C1	D1	C1	D1	C2	D2
REGOLARITA' PLANIMETR.	no	Setti non normativi in cant. con normativa vigente	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1
REGOLARITA' ELEVAZIONE	no	Setti con FRO sostituiti con FMO (2008)	E	E	E	E	E	E	E	E
VARIABILITA' DEL TIPO (1-3)	2									
CLASSE VULN. CENTRALE	C1									

**Precarietà strutturali:**  
 La precarietà strutturale prevalente di questa tipologia è legata al suo impianto, costituito da setti di esiguo spessore (30 cm) associati a luci considerevoli (circa 10 m gli uni dagli altri) e dalla mancanza di elementi di confinamento (cordoli) o ritengo (catene) in grado di assorbire la risposta sismica. La tipologia di orizzontamento/copertura adottata non favorisce inoltre la redistribuzione dell'azione sismica, nè un collegamento dei travetti alle pareti d'ambito. La interruzione dei setti mediante l'inserimento di elementi isolati in c.a., produce un ulteriore elemento di irregolarità strutturale cui va prestata particolare attenzione in una ottica di miglioramento della risposta sismica.



EDILIZIA MISTA DOPOGUERRA	MII-1+3		
<p>Edilizia realizzata perlopiù negli anni dell'immediato dopoguerra. L'impianto planimetrico è generalmente articolato (ad L, a C), e può essere accompagnata da una certa irregolarità in elevato dovuta ad elementi in aggetto (balconi) o restringimenti della pianta.</p> <p>Il numero dei piani è superiore rispetto ad altre tipologie coeve del dopoguerra e si attesta sulla media dei 4-5 piani.</p> <p>L'ossatura portante è in muratura di mattoni generalmente di esiguo spessore commisurato all'altezza dell'edificio (2-3 teste). In luogo dei setti murari, sono sovente inseriti telai in c.a. che fungono da <u>compilata</u> dei solai.</p> <p>L'impianto planimetrico presenta luci considerevoli tra un setto e l'altro, che possono superare anche i 10 metri, elemento questo di notevole vulnerabilità nei confronti dell'azione sismica.</p> <p>Solai e coperture sono realizzati con la tipologia costruttiva dei solai Varese e doppia orditura di tavelloni. Nelle tipologie più tarde (anni 60) in luogo del Varese può trovarsi il solaio in <u>laterocemento</u> gettato in opera.</p> <p>Non sono adottati, almeno in modo sistematico, presidi di rinforzo sismici come tiranti e catene, <u>nè</u> l'utilizzo di cordoli di piano o sottotetto.</p>			
<p><b>Precarietà strutturali:</b> Al pari di altre tipologie coeve di questo periodo, l'impianto strutturale costituito da ampie luci tra i setti portanti e la notevole altezza dell'edificio commisurata al dimensionamento degli elementi strutturali, rendono questa tipologia piuttosto vulnerabile nei confronti dell'azione sismica.</p>			

**Gruppo di lavoro per vulnerabilità sismica a scala urbana del Comune di Faenza**

**Dipartimento della protezione civile**

Mauro Dolce (coordinatore), Giacomo di Pasquale, Elena Speranza; Fabio Fumagalli, Maria Teresa Granato

**Regione Emilia-Romagna**

L. Martelli, M. Romani

**Comune di Faenza**

E. Nonni (coord), D. Babalini , F. Drei , L. Marchetti , D. Sbarzaglia, Stefano Saviotti (collaboratore esterno)

**Testo di** Elena Speranza (DPC), Maria Teresa Granato (CNR-IGAG), Fabio Fumagalli (CNR-IGAG), Lucia Marchetti (Comune di Faenza)

Il Dipartimento di protezione civile ha svolto l'attività di sperimentazione nell'ambito del Progetto Urbisit, nell'ambito di una Convenzione tra Dipartimento della protezione civile e CNR-IGAG.

Work Package4: Pianificazione territoriale e microzonazione sismica. (2010-2012)

Ricercatori: Maria Teresa Granato e Fabio Fumagalli

Responsabile della linea di attività: Giuseppe Lanzo

Referente DPC: Elena Speranza

## Bibliografia

- A.A.V.V. (1999). *Censimento di vulnerabilità a campione dell'edilizia corrente dei Centri abitati, nelle regioni Abruzzo, Basilicata, Calabria, Campania, Molise, Puglia e Sicilia*. Ministero del Lavoro e della Previdenza Sociale, DPC, GNDT.
- A.A.V.V. *Polis idee e cultura nelle città. Solarolo*. Anno VIII – N. 22
- A.A.V.V. (2005). *Solarolo. Un paese che non dimentica*. A cura di Fosco Beltrani. Progetto finanziato dal Comune di Solarolo.
- Di Pasquale G., Orsini G. (1997). *Proposta per la valutazione di scenari di danno conseguenti ad un evento sismico a partire dai dati Istat*. In: \_IIIX° Convegno Nazionale ANIDIS "L'Ingegneria Sismica in Italia", Taormina, Dolce M., Speranza E. (2001). *Calibrazione e controllo della vulnerabilità sismica a scala urbana: il caso di Serra dei Conti (AN)*. In: Atti del X Convegno Nazionale "L'Ingegneria Sismica in Italia", Potenza.
- Dolce M., et al. (2011). *Una metodologia per la formulazione di scenari di danno a scala comunale: applicazione pilota su 24 centri urbani della Valdaso*. In: Atti del XIV Convegno ANIDIS "L'Ingegneria Sismica in Italia", Bologna.
- Dolce et al. (2012). *A multipurpose method for seismic vulnerability assessment of urban areas. Proceedings of the 15 World Conference on Earthquake Engineering (WCEE)*, Lisboa.
- Gruppo di lavoro MS (2008). *Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica*. Dipartimento della Protezione Civile e Conferenza delle Regioni e Province autonome; 3 vol. e 1 DVD.
- Grunthal G. (1998). *European Macroseismic Scale 1998*. Cahiers du Centre Europ. de Géodyn. et de Séismologie, vol 15: 1-99.
- Maggi V., Nonni E. (2006). *Faenza 100 anni di edilizia. Un novecento da ricordare, prima parte 1900-1950*
- Maggi V., Nonni E. (2011). *Faenza 100 anni di edilizia. Un novecento da ricordare, seconda parte 1951-2010*
- Mariani F., Bennoli O., Morini M. (1990). *Solarolo le immagini e la memoria*. A cura dell'Amministrazione Comunale di Solarolo
- Medvedev S. V. (1965). *Engineering Seismology*, Jerusalem: Ed. Israel Programs for Scientific Translation.
- Medvedev S.V. (1977). *Seismic Intensity Scale M.S.K. 76*. Publ. Inst. Geophysics, Polish Academy of Sciences, A-6 (117), Varsavia.
- NTC (2008). *Norme Tecniche delle Costruzioni*. Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, DM 14 gennaio 2008. Gazzetta Ufficiale n. 29 del 4 febbraio 2008 – Supplemento Ordinario n. 30.
- NEHRP, *National Earthquake Hazards Reduction Program* (1997). *Commentary on the Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings*. Fema Publication 274. Building Seismic Safety Council, Washington, D.C.
- NERIES (2007) - *Network of Research Infrastructures for European Seismology*. JRA3; Preliminary Report on the Evaluation of Existing Loss estimation Methodologies, Istanbul Meeting, 22-23 January 2007.
- Piano Strutturale Comunale dell'Ambito faentino, (PSC 2009), Faenza, Brisighella, Casola Valsenio, Castel Bolognese, Riolo Terme, Solarolo; 1 DVD.
- Rota M. et al. (2008). *Processing Italian damage data to derive typological fragility curves*. In: *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*. N.28. pp.933-947.
- Savelli, L. (1993). *Le case nel tempo: Faenza il Borgo Durbecco*. Lions Club Faenza Host.
- Savelli, L. (1994). *Le case nel tempo: Faenza il Rione Nero*. Lions Club Faenza Host.
- Savelli, L. (1995). *Le case nel tempo: Faenza il Rione Rosso*. Lions Club Faenza Host.
- Savelli, L. (1997). *Le case nel tempo: Faenza il Rione Verde*. Lions Club Faenza Host.
- Savelli, L. (1999). *Le case nel tempo: Faenza il Rione Giallo*. Lions Club Faenza Host
- Presidenza del Consiglio dei Ministri Dipartimento della Protezione Civile (2009). *Manuale per la compilazione della scheda di 1° livello di rilevamento danno, pronto intervento e agibilità per edifici ordinari nell'emergenza post-sismica (AeDES)*.



### 4.3 L' esposizione urbana

*“Il **rischio sismico** è determinato da una combinazione della **pericolosità**, della **vulnerabilità** e dell'**esposizione** ed è la **misura dei danni** che, **in base al tipo di sismicità, di resistenza delle costruzioni e di antropizzazione** (natura, qualità e quantità dei beni esposti), **ci si può attendere** in un dato intervallo di tempo.*

*La maggiore o minore presenza di beni a rischio e, dunque, la conseguente possibilità di subire un danno economico, in vite umane, ai beni culturali, viene definita **esposizione** (di vite umane, beni economici, beni culturali). In Italia, possiamo attribuire alla pericolosità sismica un livello medio-alto (un livello medio in Emilia-Romagna), per la frequenza e l'intensità dei fenomeni che si susseguono. La Penisola italiana, però, rispetto ad altri Paesi, ha una vulnerabilità molto elevata, per la notevole fragilità del suo patrimonio edilizio ed un'esposizione che si attesta su valori altissimi, in considerazione dell'alta densità abitativa e della presenza di un patrimonio storico, artistico e monumentale unico al mondo.*

*Il primo problema da affrontare per valutare correttamente il rischio sismico è l'analisi di ciò che è **esposto** a questo **rischio**. Gli elementi esposti al rischio sono costituiti da **tutto ciò che è stato realizzato dall'uomo**, la cui condizione e il cui funzionamento **può essere danneggiato, alterato** o distrutto dall'evento sismico.*

*Il primo obiettivo di un programma generale di protezione dai terremoti è la salvaguardia della **vita umana**. Per questa ragione è molto importante valutare il numero delle persone coinvolte, ossia dei morti e dei feriti. Generalmente è possibile stimare, con un certo margine di errore e specialmente per i terremoti più forti, **quante persone sono rimaste coinvolte**, attraverso calcoli che si basano sul numero degli edifici crollati o danneggiati.”*

*(tratto da Approfondimenti della Protezione Civile)*

Oggetto della presente trattazione è dunque l'esposizione urbana del Comune di Faenza, con alcuni riferimenti ai dati sull'andamento della popolazione in territorio rurale e negli altri comuni in quanto ritenuti dati interessanti per la strutturazione di strategie di mitigazione del rischio sismico.

Le indagini più recenti effettuate sulla distribuzione ed andamento della popolazione nei Comuni della Romagna Faentina sono state condotte in fase di redazione del Quadro Conoscitivo del P.S.C., i dati trattati derivano da analitiche elaborazioni statistiche effettuate sulle banche dati ufficiali fornite dall'Istat.

Tali analisi sono state diffusamente descritte agli articoli A.1.3 (densità della popolazione in ambito urbano al 2006), A.1.3.1.a (densità della popolazione in ambito urbano del Comune di Faenza- Capoluogo), A.1.3.1.b (densità della popolazione in ambito urbano del Comune di Faenza- Frazioni) del medesimo documento, ai quali si rimanda per una lettura integrale.

Al fine del presente lavoro riportiamo solamente alcune considerazioni utili, estrapolate dal quadro conoscitivo del P.S.C., da osservazioni della statistica eseguite sempre internamente al Settore Territorio e dal documento finale di accompagnamento alla definizione degli scenari di danno elaborati dal Dipartimento di Protezione Civile.

Per ciò che attiene l'ambito urbano il numero di abitanti insediati nei centri storici risulta essere in crescita o pressoché costante per cinque capoluoghi del territorio, infatti solamente il centro storico di Castel Bolognese presenta una contrazione "importante" (circa -31%).

La popolazione delle prime periferie risulta essere in crescita per i tre comuni del versante Ovest: Solarolo, Castel Bolognese e Riolo Terme; rimane invece pressoché costante a Faenza, evidenziando una saturazione di tali zone avvenuta nel decennio scorso; Brisighella presenta un calo di lieve entità, l'intero abitato di Casola Valsenio, vista l'esigua estensione del territorio, viene analizzato nella sua interezza e presenta un andamento pressoché costante.

Analizzando la cerchia urbana di Faenza, l'unico capoluogo che per dimensioni presenta una periferia non limitata solamente a zone industriali, si può notare come la popolazione cresca nelle zone che seguono la direttrice della via Emilia, della via Naviglio, della via Brisighellese e della via Modiglianese.

(fonte: Quadro Conoscitivo del P.S.C., art. A.1.1 Andamento della popolazione dal 2001 al 2006, Dati al 31.12.2006)



**Fig. 1:** Andamento della popolazione Capoluogo – Faenza anni 2001-2006  
(fonte: Tav. A.1.1 del quadro conoscitivo del PSC)

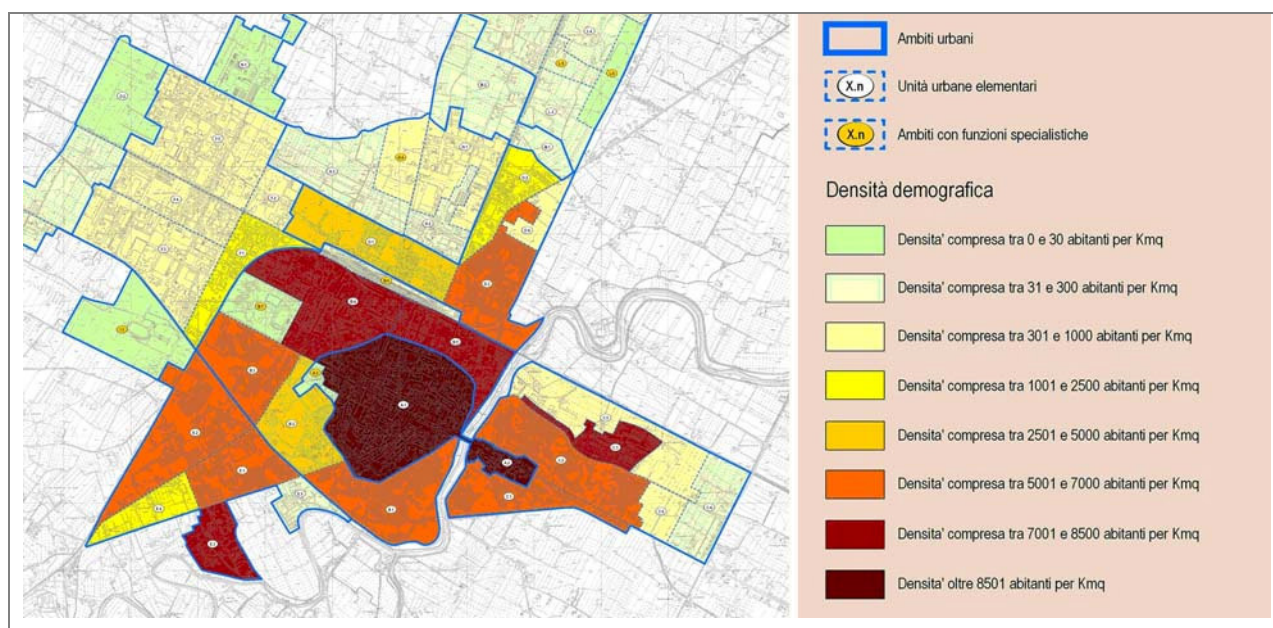
E' possibile esprimere alcune considerazioni sulla densità della popolazione dell'Ambito faentino basate su analisi che inevitabilmente comportano imprecisioni connaturate alla natura delle sezioni censuarie. Si può notare come le densità maggiori per il territorio rurale si riscontrano lungo la via Emilia, storico polo attrattivo sia per la residenza che per le attività produttive, e verso la collina dove tendono quasi ad arrestarsi improvvisamente in corrispondenza della Vena del Gesso, vero limite naturale fra la pianura e la collina. Analogamente alla via Emilia, ma in misura marcatamente minore,

anche le strade provinciali Casolana, Brisighellese e Modiglianese svolgono una naturale azione attrattiva per la popolazione che sembra disporsi e addensarsi in modo tale da seguirne il tracciato e occupando i terreni di fondovalle a più alta accessibilità. Fra questi luoghi la vallata del Marzeno risulta quella con densità più elevata.

Analizzando gli intervalli presi in considerazione, per ciò che attiene agli ambiti urbani, si può notare come le unità di analisi con una densità superiore a 7501 abitanti per chilometro quadrato si riducano ai centri storici di Faenza, Solarolo e Riolo Terme mentre le unità con densità compresa fra 3001 e 7500 abitanti per chilometro quadrato rappresentano la quasi totalità della periferia di Faenza e di Castel Bolognese ad eccezione delle zone industriali e il centro storico di Brisighella. Il centro storico di Casola Valsenio viene considerato a questa scala di indagine, in quanto estremamente limitato per estensione, insieme a tutto il territorio urbano ed esprime una densità che varia tra i 1501 e i 3000 abitanti per chilometro quadrato, così come la periferia di Solarolo, di Riolo Terme e le frazioni di Granarolo e Fognano.

A grandi linee si può inoltre affermare che nel territorio rurale della pianura, che comprende i Comuni di Faenza, Castel Bolognese e Solarolo, vive una popolazione residente che conta dai 30 ai 300 abitanti per chilometro quadrato mentre nel territorio rurale della collina, che comprende i Comuni di Brisighella, Riolo Terme e Casola Valsenio, la popolazione risulta estremamente più rada e il dato rivela che sostanzialmente non si supera una densità di 60 abitanti per chilometro quadrato.

(fonte: Quadro Conoscitivo del P.S.C., art. A.1.2 Densità della popolazione al 2006, Dati al 31.12.2006)



**Fig. 2:** La densità del Capoluogo –Faenza (fonte:Tav. A.1.3.a del quadro conoscitivo del PSC)

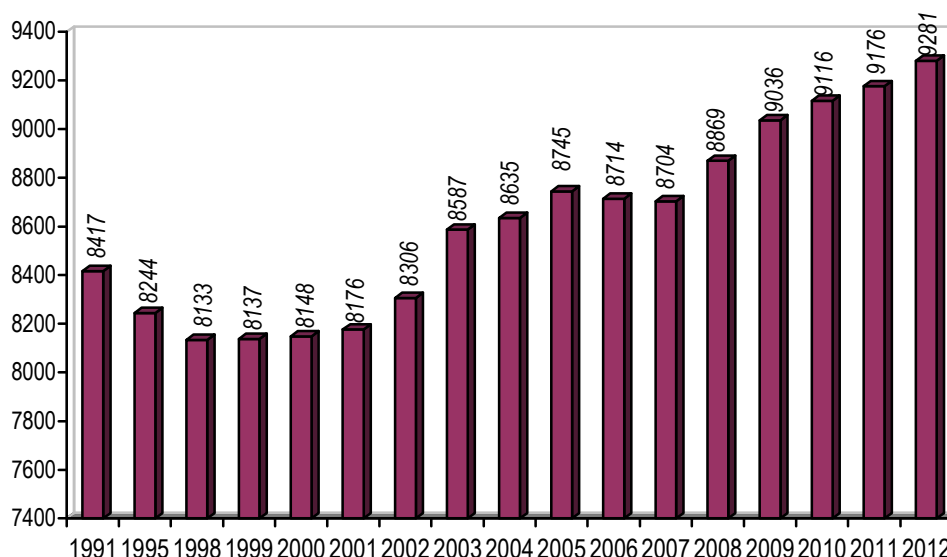
Le aree a prevalente destinazione residenziale presentano una distribuzione della popolazione sommariamente uniforme (da 5.001 a 7.000 abitanti per kmq) con valori più alti in coincidenza del centro storico (oltre gli 8.500 abitanti per kmq), nell'ambito urbano consolidato posto nella zona a nord tra il centro storico e la ferrovia e nell'ambito urbano consolidato sito nel "Borgo" a nord dalla Via Fornarina dove il tessuto insediativo presenta fabbricati residenziali di maggiori dimensioni (densità compresa tra i 7.001 e 8.500 abitanti per kmq). Alcune unità elementari poste entro la città

consolidata o ai margini della stessa presentano una densità insediativa minore rispetto agli ambiti circostanti poiché sono caratterizzate o dalla presenza di un tessuto insediativo a bassa densità, ville e zone a verde privato di vaste dimensioni oppure presentano tessuti edilizi non ancora maturi entro cui le trasformazioni edilizie in corso di realizzazione o in previsione porteranno un sensibile aumento della popolazione insediata.

Le aree urbane poste a nord della ferrovia e ad ovest del tratto ferroviario Faenza/Firenze denunciano la propria vocazione ad ambito marcatamente produttivo. Si registrano valori attinenti la popolazione residente con densità comprese tra i 301 e 1000 abitanti per kmq per le aree produttive consolidate a ridosso degli ambiti urbani residenziali caratterizzate dalla presenza di residenza a servizio dell'attività stessa e densità comprese tra i 31 e 300 abitanti per kmq per gli ambiti produttivi monofunzionali e per gli ambiti produttivi caratterizzati dalla presenza di funzioni miste commerciali e terziarie o in ambiti di trasformazione destinati dal PRG vigente a funzioni prevalentemente produttive non ancora attuati.

I dati elaborati nell'ambito del quadro conoscitivo del PSC inducono ad alcune considerazioni in merito alla distribuzione fra popolazione residente in territorio urbano e popolazione insediata in territorio rurale: su una popolazione totale di 55504 abitanti la quota di residenti in ambito urbano è di 43.168 unità (pari al 79% del totale), con una densità media di 2.282 abitanti per kmq, mentre la popolazione insediata in zone rurali ammonta a 11.464 unità (pari all'11% del totale) e determina una densità di 68 abitanti per kmq.

(fonte: Quadro Conoscitivo del P.S.C., art. A.1.3.1.a Densità della popolazione in ambito urbano del Capoluogo, Dati al 31.12.2006)



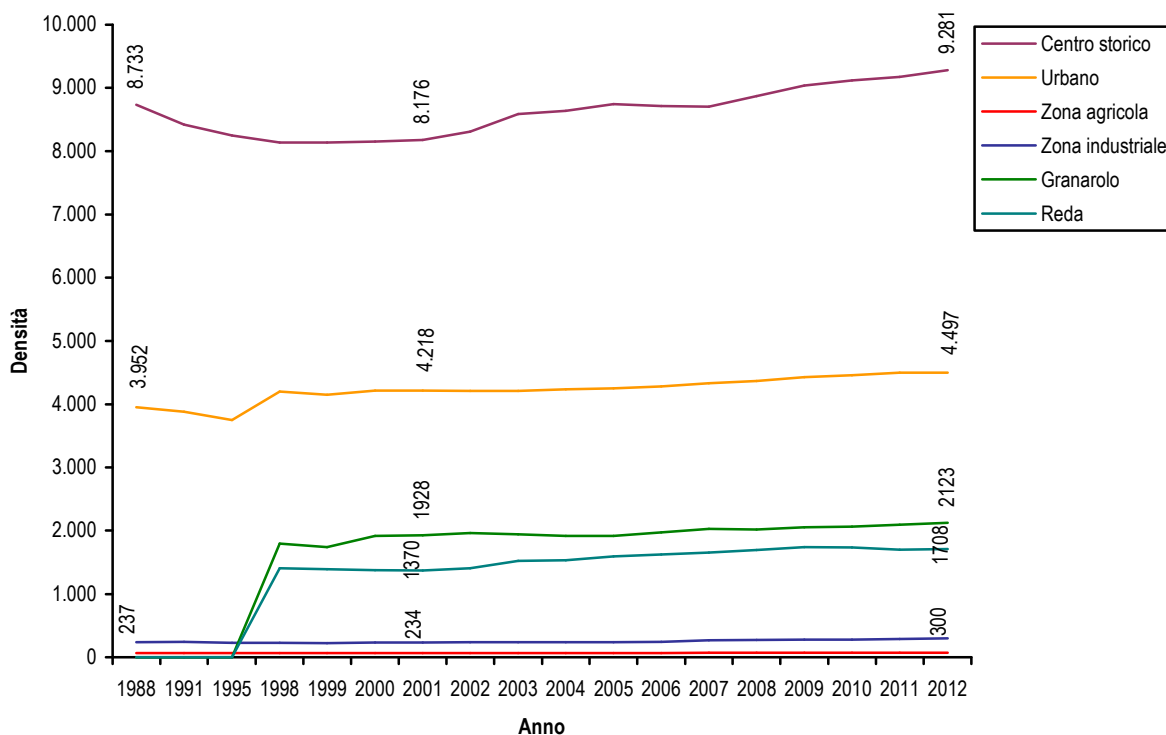
**Fig. 3:** Andamento della popolazione in centro storico dal 1998 ad oggi.  
(fonte dalla Statistica del settore Territorio anno 2012)

Anche le indagini sulla statistica condotte dal Settore Territorio nell'anno 2012 conferma il centro storico quale luogo privilegiato per la residenzialità, dal 1998 ad oggi la densità di popolazione in centro storico è aumentata di 1.148 ab./kmq (+14%), in centro urbano di 193 ab./kmq, mentre in campagna di soli 7 ab./kmq.



La crisi sta accentuando la residenzialità urbana per la presenza di servizi e dei minori costi di gestione.

Rispetto al 2011 le famiglie aumentano di 225 unità, mentre la popolazione aumenta di 267 abitanti, raggiungendo i 58.885 abitanti, la massima popolazione mai registrata.



**Fig. 4:** Variazione della densità abitativa nelle diverse zone del Comune di Faenza dal 1998 ad oggi.  
(fonte dalla Statistica del settore Territorio anno 2012)

Per le ragioni sopra esposte le indagini di vulnerabilità (di cui al Cap. 4.2.) e gli scenari di danno (di cui al Cap. 4.4.) sono stati prodotti e riferiti al territorio consolidato residenziale del Capoluogo.

### L'esposizione nelle carte degli scenari di danno

Ai fini della determinazione degli scenari di danno di cui al Cap.4.4. e connessi allegati tematici, l'esposizione, in termini di edifici, abitazioni e popolazione, è stata determinata attraverso un processo di elaborazione dei dati mediante GIS, individuando unità di analisi sulla base delle zone censuarie ISTAT riarticolate secondo i perimetri dei comparti a vulnerabilità omogenea (vedi Cap. 4.2.)

Per ognuno dei 32 comparti definiti nell'indagine di vulnerabilità urbana sono stati stimati la popolazione residente ed il numero di abitazioni, sulla base dei quali negli scenari di danno sono state parallelamente calcolati, anche se con un ampio margine di errore, il numero e la percentuale di abitazioni con danni medio lievi, inagibili o con probabilità soggette a crolli ed il numero e la percentuale di persone senza tetto e coinvolte nei crolli.

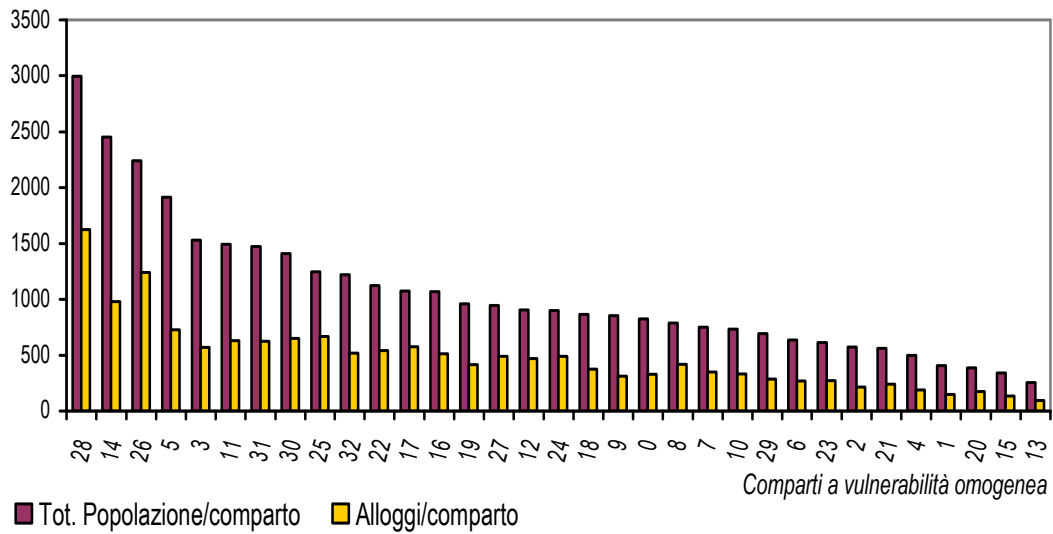


Fig. 5: Distribuzione della popolazione e delle abitazioni per compartì a vulnerabilità omogenea.

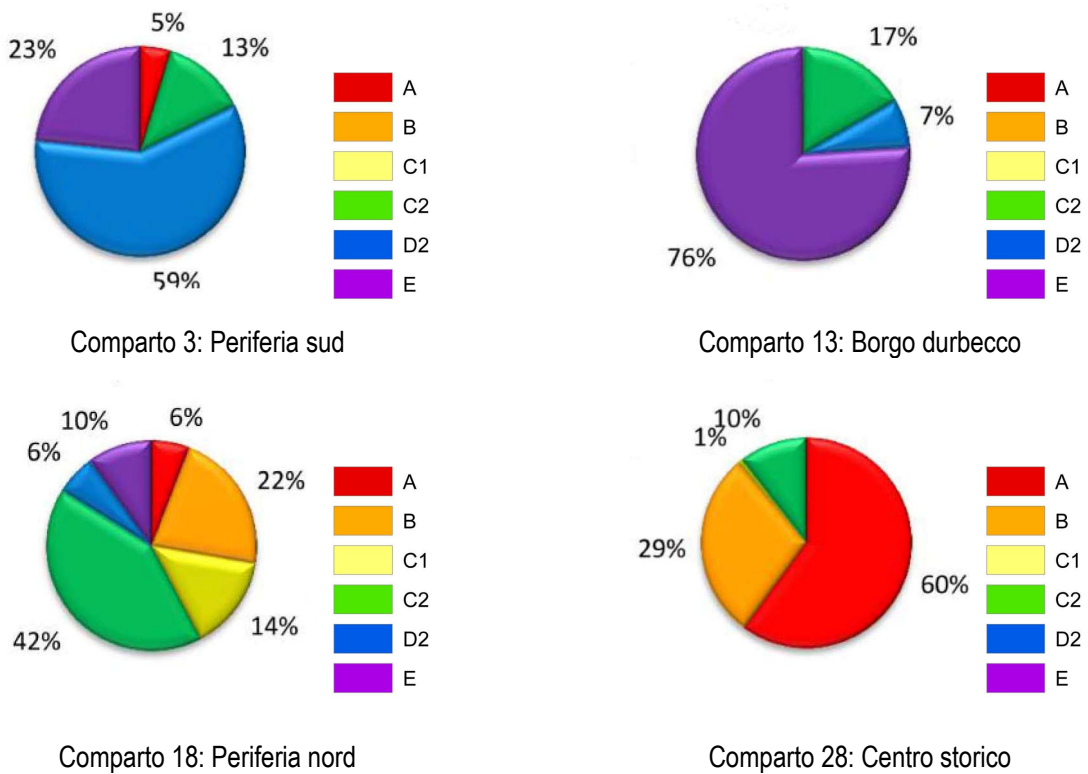


Fig.6: Distribuzione della percentuale di alloggi per classe di vulnerabilità per un campione di compartì rappresentativi dalla Classe A alla Classe E la vulnerabilità decresce (vedi Fig. 12 del cap. 4.2).

#### **4.4 Gli scenari di danno**

Le analisi condotte sulla Vulnerabilità sismica del costruito urbano di Faenza consentono di pervenire ad elaborazioni di scenario volte ad una quantificazione di massima delle perdite tali da prevedere anche la distribuzione geografica delle stesse.

La metodologia seguita è quella messa a punto dal Dipartimento della Protezione Civile ed applicata su 24 Centri storici della Valdaso (Regione Marche) ricadenti nelle Province di Ascoli Piceno e Fermo.

Gli scenari prodotti consistono nella valutazione degli effetti (in termini di edifici danneggiati, inagibili, crolli, vittime e senzatetto), generati da due terremoti di diversa severità (terremoti di riferimento).

L'utilizzo più idoneo di tali scenari può essere costituito dalla calibrazione o redazione di piani di emergenza comunali relativi al rischio sismico, con valutazioni di tipo orientativo. Al riguardo si sottolinea che i fattori di pericolosità, esposizione e vulnerabilità, che conducono alla valutazione del rischio, sono determinati con metodologie meglio precisate nel seguito, e comunque aventi carattere speditivo. Per tale ragione, i risultati che si ottengono non consentono l'utilizzo di tali scenari per finalità diverse da quelle menzionate e per le quali sia richiesta una quantificazione di dettaglio delle perdite.

Nel seguito si descrive sinteticamente la metodologia di elaborazione seguita e si illustrano gli elaborati finali forniti per il Comune.

##### **La metodologia degli scenari**

Presso il Dipartimento della Protezione Civile, è operante un applicativo (SIGE- Sistema Informativo per la Gestione dell'Emergenza) mediante il quale vengono prodotti degli scenari di danno sismico a scala comunale. Il risultato di tale applicativo è costituito da valori delle perdite attese (vittime, senza tetto, danni agli edifici...) riferiti all'intero territorio comunale in modo cumulato, ovvero le perdite non sono distribuite arealmente sul territorio, tenendo conto delle problematiche geologiche e della specificità delle caratteristiche strutturali e costruttive degli edifici. Nel 2008 tali scenari, redatti per tutti i Comuni d'Italia, sono stati consegnati dal DPC alle Regioni, come supporto alla pianificazione di emergenza.

A partire dal risultato fornito da SIGE si è sperimentata una metodologia finalizzata alla distribuzione geografica dei danni di scenario a scala sub comunale. Tale metodologia è stata applicata sperimentalmente alla Valdaso e riproposta su Faenza.

Rispetto agli scenari di SIGE, relativi all'intero territorio comunale, la metodologia adottata vede come unità di analisi il solo Insegiamento Urbano del Comune. Sono pertanto escluse dall'analisi frazioni, località o case sparse che, seppur limitrofe, presentino una soluzione di continuità con lo stesso.

Le perdite calcolate da SIGE sono state preventivamente scalate per tener conto delle aree escluse ed assumendo un'omogeneità in termini di vulnerabilità e pericolosità del centro urbano.

Tali dati hanno rappresentato il punto di partenza per l'espletamento delle nuove analisi.

Per ogni area comunale sono stati quindi acquisiti ed elaborati dati relativi alla pericolosità locale, alla vulnerabilità del

costruito, ed alla esposizione, per addivenire alla stima del rischio e quindi alla definizione delle perdite.

La pericolosità locale viene valutata tramite l'ausilio dei dati geologico-tecnici e geofisici delle aree di studio a corredo dei PRG. Il risultato consiste in una mappa nella quale sono distinte zone a cui vengono associati fattori di amplificazione del moto sismico dedotti da abachi (Fa) e zone caratterizzate da potenziali fenomeni cosismici in grado di causare deformazioni permanenti (frane, liquefazioni, faglie attive e capaci,...).

Nel caso specifico di Faenza la pericolosità è stata desunta dalle mappe comunali di microzonazione sismica a corredo del PSC.

La pericolosità relativa a ciascuna zona in termini di Intensità macrosismica viene ottenuta partendo dall'intensità comunale utilizzata da SIGE. Tale intensità (una per ognuno dei due terremoti di riferimento) viene differenziata sul territorio, associando ad ogni zona un fattore di amplificazione. Ad ogni zona a pericolosità omogenea viene quindi associata una specifica Intensità macrosismica, assunta alla base dei calcoli di scenario.

La suddivisione in zone omogenee e i relativi Fa (Fattori di amplificazione) sono sintetizzati nella Mappa delle zone a pericolosità omogenea.

La vulnerabilità viene analizzata a livello locale mediante l'ausilio della documentazione presente in ogni comune (PRG, PPT, Piani di Recupero) e sopralluoghi in situ, secondo la metodologia illustrata in modo specifico nel Rapporto di Sintesi "Vulnerabilità del Costruito a scala Urbana", (Marzo 2012).

La Vulnerabilità è stata indagata in modo semi-speditivo attraverso un livello conoscitivo 2, di cui al citato rapporto, essenzialmente basato sulla individuazione in loco delle tipologie edilizio-strutturali rappresentative del centro urbano in esame, e sul loro riconoscimento sul campo, pur sottolineando in questo processo un certo margine di errore riconducibile alla natura speditiva del rilievo. Quest'ultimo ha consentito una più razionale perimetrazione e caratterizzazione dei comparti, rispetto a quanto svolto sui Comuni della Valdaso, in modo da garantirne una maggiore omogeneità del punto di vista delle associate classi di Vulnerabilità EMS '98<sup>1</sup>.

Ogni comparto è stato quindi descritto mediante la distribuzione in classi di Vulnerabilità EMS '98, in luogo dell'utilizzo della classe prevalente, come avvenuto nella Valdaso.

Per ogni comparto così individuato, sono stati calcolati, attraverso un'intersezione con i dati relativi alle zone censuarie ISTAT 2001, i dati di esposizione in termini di popolazione residente, numero di edifici e numero di abitazioni.



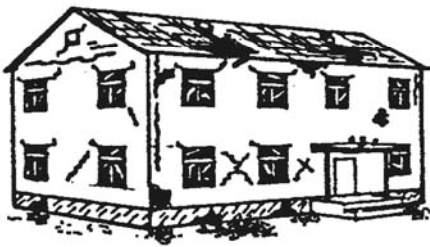


L'intersezione dei due tematismi descritti (pericolosità locale e vulnerabilità) porta all'individuazione di sub-zone omogenee dal punto di vista della pericolosità e della vulnerabilità. Attraverso un algoritmo che tiene conto della sovrapposizione spaziale di pericolosità, vulnerabilità ed esposizione, si calcolano le perdite attese per ogni sub zona in numeri assoluti e percentuali, entrambi forniti attraverso intervalli di riferimento.

Le elaborazioni degli scenari sono state formulate avendo preventivamente accorpato i 5 livelli di danno della scala EMS

---

<sup>1</sup> La scala EMS prevede 6 classi dalla A alla F, a vulnerabilità decrescente, associate alle caratteristiche costruttive e strutturali degli edifici. Rappresentative del panorama edilizio italiano sono le classi dalla A alla D. La classe A costituisce pertanto la classe degli edifici più vulnerabili in assoluto, generalmente associata all'edilizia storica priva di interventi migliorativi. (per i criteri di attribuzione vedi anche Cap. 4.2 La Vulnerabilità sismica a scala urbana).

98<sup>2</sup> in tre gruppi (danni medio gravi, inagibili, crolli) in modo da sintetizzare i risultati in mappe di sintesi consistenti in: Abitazioni con Danni medio-lievi, Abitazioni Inagibili, Abitazioni Crollate, Persone Senzatetto e Persone coinvolte in Crolli.

<b>Classification of damage to masonry buildings</b>	
	<p><b>Grade 1: Negligible to slight damage</b>  <b>(no structural damage, slight non-structural damage)</b>            Hair-line cracks in very few walls.            Fall of small pieces of plaster only.            Fall of loose stones from upper parts of buildings in very few cases.</p>
	<p><b>Grade 2: Moderate damage</b>  <b>(slight structural damage, moderate non-structural damage)</b>            Cracks in many walls.            Fall of fairly large pieces of plaster.            Partial collapse of chimneys.</p>
	<p><b>Grade 3: Substantial to heavy damage</b>  <b>(moderate structural damage, heavy non-structural damage)</b>            Large and extensive cracks in most walls.            Roof tiles detach. Chimneys fracture at the roof line; failure of individual non-structural elements (partitions, gable walls).</p>
	<p><b>Grade 4: Very heavy damage</b>  <b>(heavy structural damage, very heavy non-structural damage)</b>            Serious failure of walls; partial structural failure of roofs and floors.</p>
	<p><b>Grade 5: Destruction</b>  <b>(very heavy structural damage)</b>            Total or near total collapse.</p>

**Fig.1:** Livelli di danno previsti dalla scala EMS 98 per edifici in muratura (fonte: EMS 98, Scala Macrosismica Europea)

<sup>2</sup> La scala EMS 98 prevede 5 livelli di danno, oltre al livello 0 che corrisponde all'edificio non danneggiato con danno progressivamente crescente dal livello 1 (danno leggero) al livello di danno 5 (crollo totale).

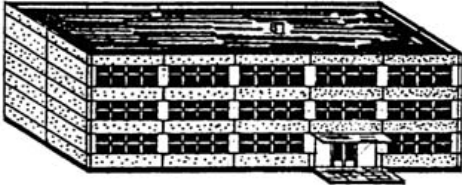
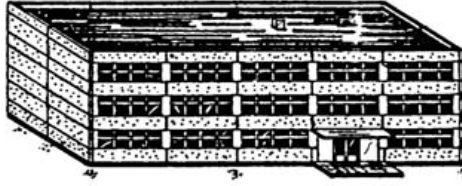



Classification of damage to buildings of reinforced concrete	
	<p><b>Grade 1: Negligible to slight damage</b>  <b>(no structural damage, slight non-structural damage)</b>            Fine cracks in plaster over frame members or in walls at the base.            Fine cracks in partitions and infills.</p>
	<p><b>Grade 2: Moderate damage</b>  <b>(slight structural damage, moderate non-structural damage)</b>            Cracks in columns and beams of frames and in structural walls.            Cracks in partition and infill walls; fall of brittle cladding and plaster. Falling mortar from the joints of wall panels.</p>
	<p><b>Grade 3: Substantial to heavy damage</b>  <b>(moderate structural damage, heavy non-structural damage)</b>            Cracks in columns and beam column joints of frames at the base and at joints of coupled walls. Spalling of concrete cover, buckling of reinforced rods.            Large cracks in partition and infill walls, failure of individual infill panels.</p>
	<p><b>Grade 4: Very heavy damage</b>  <b>(heavy structural damage, very heavy non-structural damage)</b>            Large cracks in structural elements with compression failure of concrete and fracture of rebars; bond failure of beam reinforced bars; tilting of columns.            Collapse of a few columns or of a single upper floor.</p>
	<p><b>Grade 5: Destruction</b>  <b>(very heavy structural damage)</b>            Collapse of ground floor or parts (e. g. wings) of buildings.</p>

Fig.2: Livelli di danno previsti dalla scala EMS 98 per edifici in cemento armato

(fonte: EMS 98, Scala Macrosismica Europea)

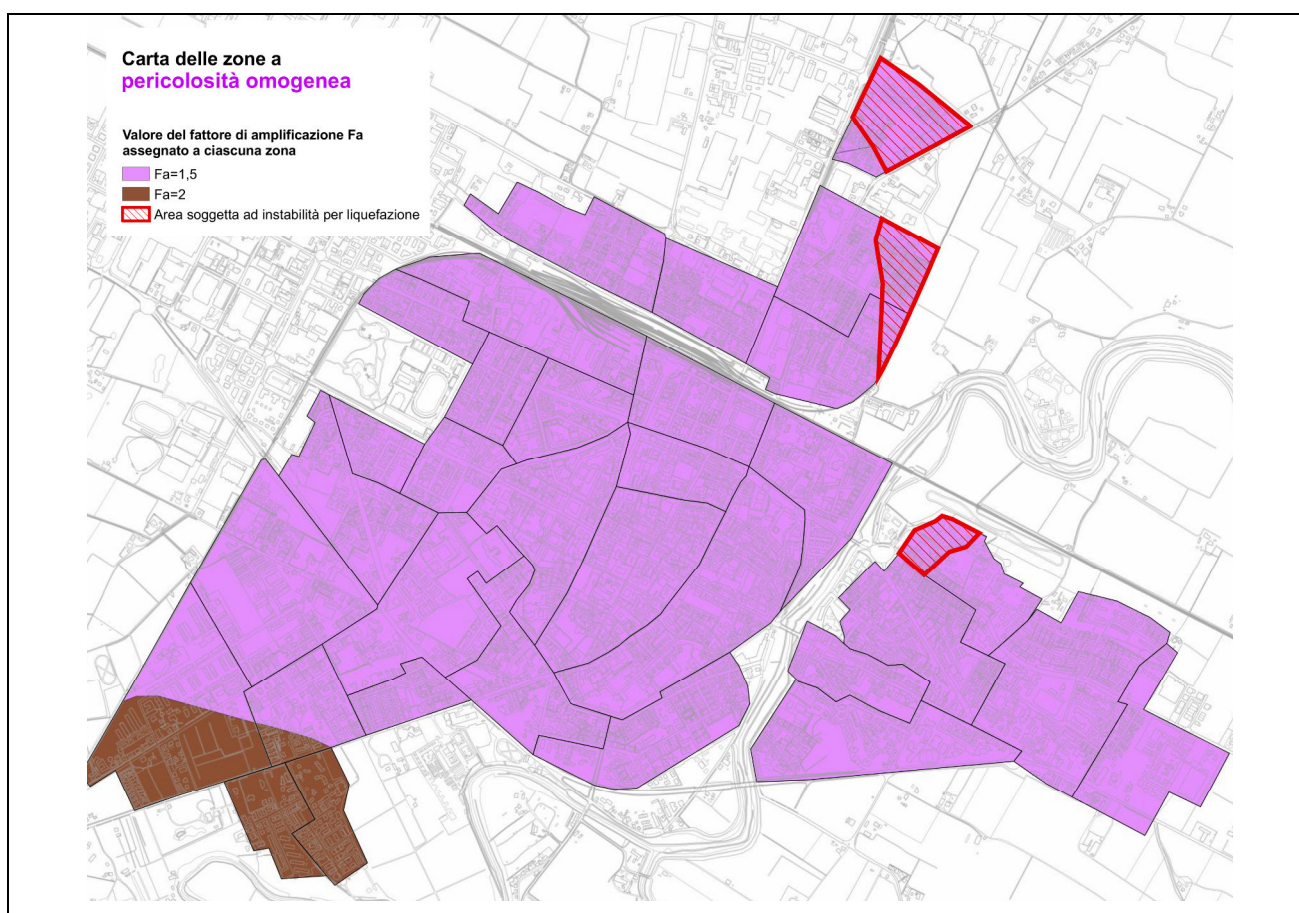
Gli scenari sono calcolati per due terremoti di riferimento: 98 anni e 475 anni, che corrispondono, il primo ad un terremoto di media severità sul territorio (VI-VII MCS) ed il secondo ad un evento meno probabile sul territorio, e pertanto molto più oneroso dal punto di vista delle perdite attese e delle risorse potenzialmente necessarie per fronteggiarne l'emergenza (VII-VIII MCS).

## Elaborati

Si specifica in generale che tutti gli elaborati di scenario, redatti per i due terremoti di riferimento con diverso periodo di ritorno (98 e 475 anni), laddove riferiti all'edificato, sono formulati ed espressi in abitazioni<sup>3</sup>.

Si precisa inoltre che su comparti particolarmente piccoli non sono state condotte elaborazioni di scenario, dal momento che il ridotto numero di edifici non avrebbe consentito significative elaborazioni di tipo statistico.

## Carta delle zone a pericolosità omogenea



**Fig.1:** Carta delle zone a pericolosità omogenea

La mappa illustra la suddivisione del territorio relativo al centro urbano in zone a pericolosità crescente, a ciascuna delle

<sup>3</sup> Secondo la definizione data dall'ISTAT, con il termine abitazione (appartamento, alloggio) si intende un insieme di vani, o anche un solo vano utile, destinato ad abitazione per una famiglia, che disponga di un ingresso indipendente (strada, pianerottolo ecc.).

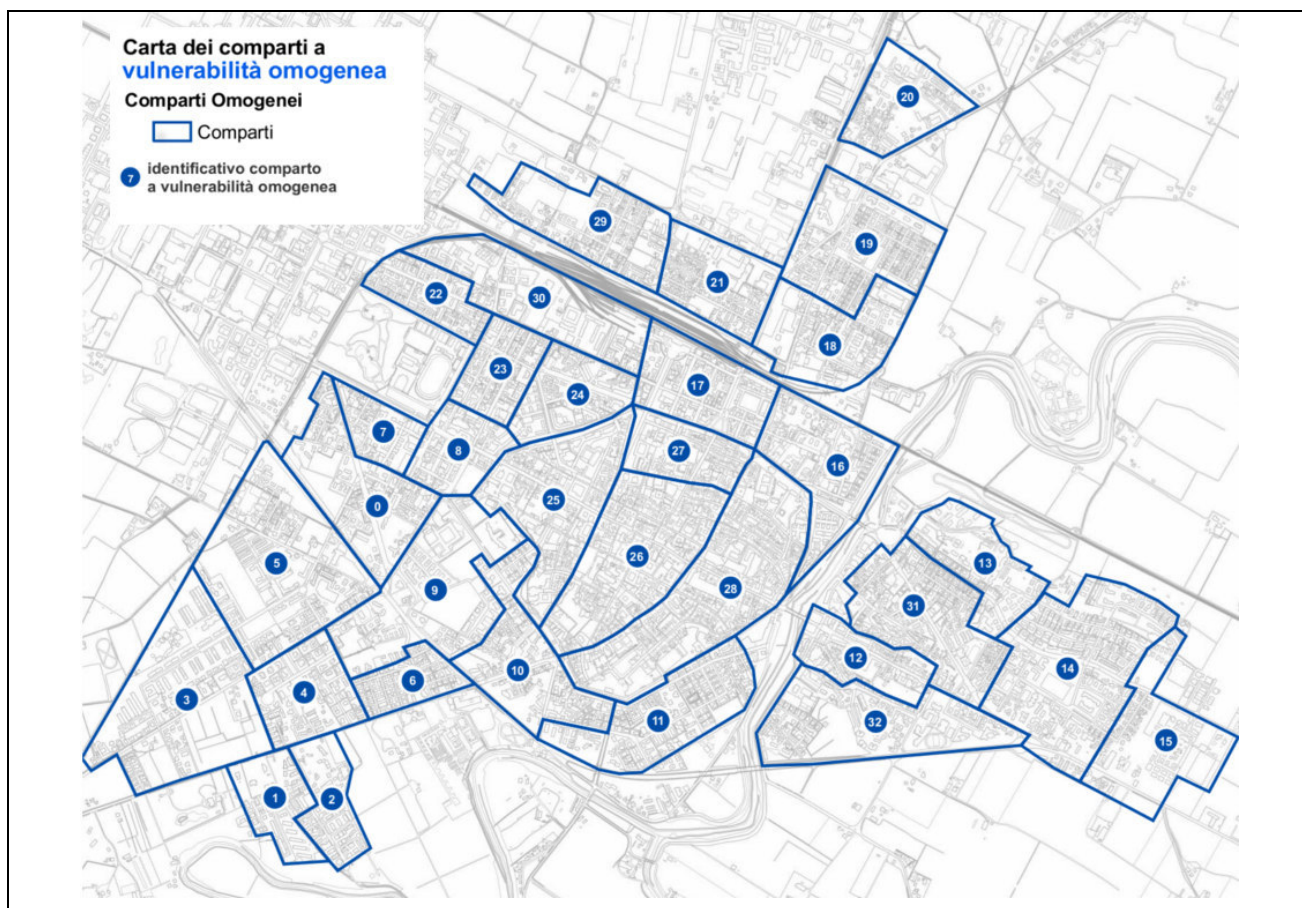
quali è associato un fattore di amplificazione sismica (Fa). L'amplificazione riscontrata è relativamente omogenea nella zona di interesse (Fa=1,7), con alcune piccole aree periferiche con Fa superiori (1,8 e 1,9) poste rispettivamente a nord est e sud ovest della città.

Sono inoltre evidenziate alcune piccole zone associate a fenomeni di instabilità per liquefazione. Una prima importante ricaduta operativa di carattere generale è che tali zone non possano essere utilizzate per ospitare CCS, COM, CAPI, aree di accoglienza o di attesa. Esse possono determinare altresì interruzioni di funzionalità di reti di distribuzione vitali, come acquedotti, gas, elettricità, vie di comunicazione, nonché di centri di comando.

### **Carta dei comparti a vulnerabilità omogenea (Tav. Allegata)**

La mappa contiene la perimetrazione dei comparti a vulnerabilità omogenea (in totale 33), identificati da un numero univoco.

L'attribuzione in classi di Vulnerabilità EMS 98 dell'edificato è evidenziata da un'apposita legenda. Per il criterio di attribuzione in classi, derivante dal livello conoscitivo 2 e pertanto basato su una ricognizione tipologica dell'edificato, si rimanda al sopra citato Cap. 4.2 "La vulnerabilità sismica a scala urbana del Comune di Faenza".



**Fig.2:** Carta dei comparti a vulnerabilità omogenea

I comparti a vulnerabilità mediamente più elevata sono costituiti da quelli del Centro Storico (25, 26, 28) e da quelli del



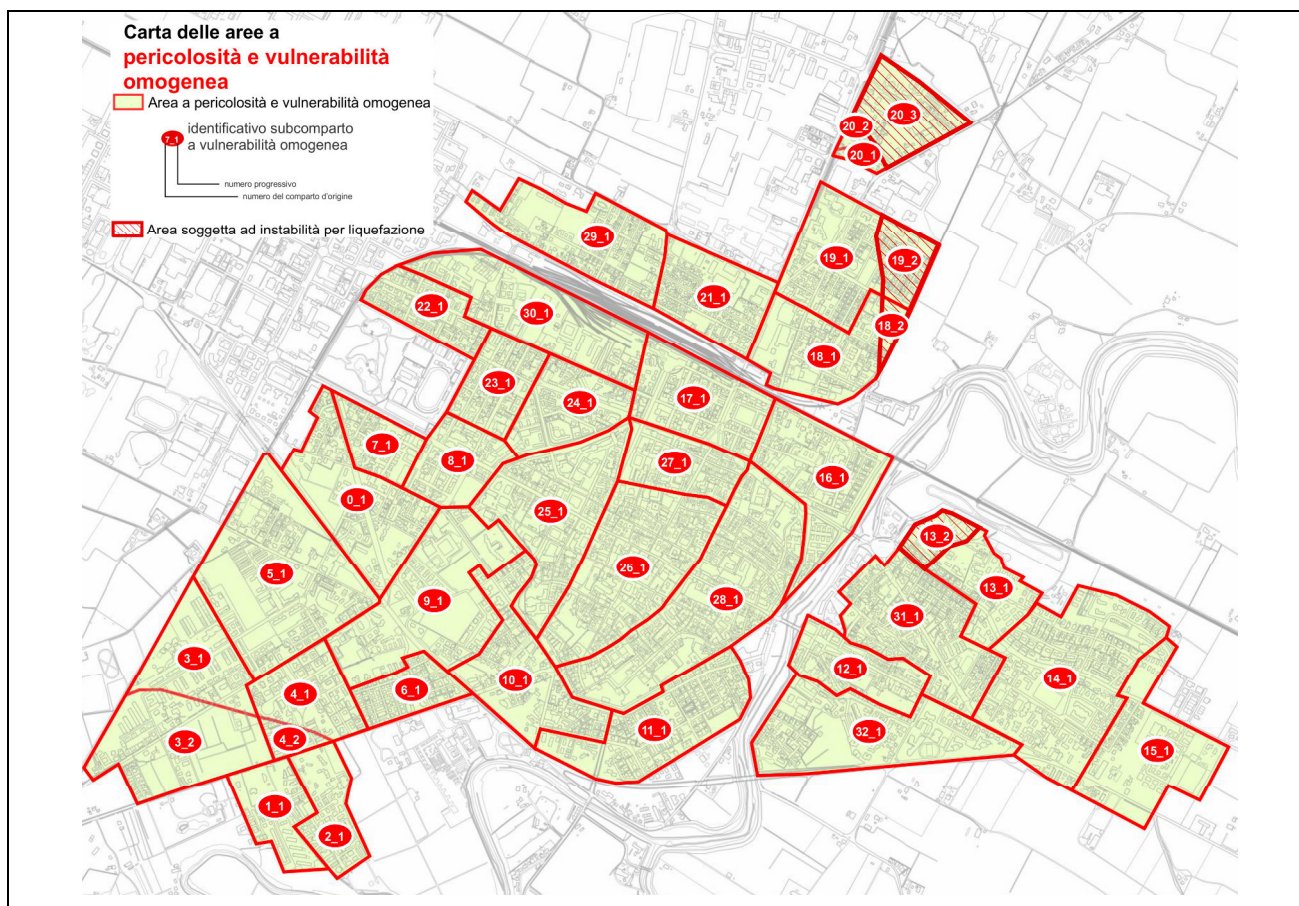
Borgo Durbecco (12).

Considerato l'anno di classificazione sismica del Comune (1983), si osserva come gran parte dell'edificato periferico presenti una massiccia percentuale di edifici simicamente non adeguati alla normativa sismica dell'epoca (classe C2).

Gli edifici di recentissima fattura (classe E), realizzati successivamente al 2005 (pertanto in conformità alle Norme Tecniche per le costruzioni di cui al DM 14/09/2005), seppur evidenziati in mappa, in mancanza di dati osservati tali da poter avvalorare elaborazioni di tipo statistico, sono stati assimilati ad edifici di classe D2 nel successivo calcolo degli scenari.

### **Carta delle sub zone a pericolosità e vulnerabilità omogenea**

La mappa contiene la suddivisione del centro urbano in sub zone omogenee, risultanti dall'intersezione fisica tra le mappe di pericolosità e di vulnerabilità. Ogni sub zona è identificata da un codice numerico così strutturato: N.n. Il numero prima del punto fa riferimento al comparto di appartenenza, il numero dopo il punto è un progressivo che consente l'individuazione univoca della sub zona.



**Fig.3:** Carta delle sub zone a vulnerabilità e pericolosità omogenea

### **Carta della distribuzione delle abitazioni con danni medio-lievi (Fig. 4-7)**

Per ognuno dei due periodi di ritorno le mappe illustrano la distribuzione, mediante intervalli riportati in legenda, del numero delle abitazioni con danni medio-lievi. Per danni medio-lievi si intendono danni di media gravità che non

compromettono in modo significativo la resistenza dell'edificio<sup>4</sup>.

Oltre ai numeri assoluti, espressi attraverso intervalli di riferimento, è fornita una seconda serie di tavole, che illustra la percentuale, relativa ad ogni sub comparto, del numero di abitazioni danneggiate in modo medio-lieve. La percentuale è calcolata rispetto al numero assoluto (non riportato nelle tavole di sintesi, ma ricompreso in un range coerente alla stima di abitazioni presenti nei singoli comparti) sul numero totale di abitazioni di ogni area.

### ***Carta della distribuzione delle abitazioni inagibili (Fig. 8-11)***

Per ognuno dei due periodi di ritorno le mappe illustrano la distribuzione, mediante intervalli riportati in legenda, del numero delle abitazioni inagibili. Alle abitazioni inagibili è associato un danno grave che compromette in modo significativo la resistenza dell'edificio<sup>5</sup>.

Oltre ai numeri assoluti, espressi attraverso intervalli di riferimento, è fornita una seconda serie di tavole che illustra la percentuale, relativa ad ogni area, del numero di abitazioni inagibili. La percentuale è calcolata rispetto al numero assoluto (non riportato nelle tavole di sintesi, ma ricompreso in un range coerente alla stima di abitazioni presenti nei singoli comparti) quindi sul numero totale di abitazioni di ogni area.

### ***Carta della distribuzione dei crolli (Fig. 12-15)***

Per ognuno dei due periodi di ritorno le mappe illustrano la distribuzione, mediante intervalli riportati in legenda, del numero di abitazioni crollate. Al crollo è associato un danno gravissimo<sup>6</sup>.

Oltre ai numeri assoluti, espressi attraverso intervalli di riferimento, è fornita una seconda serie di tavole che illustra la percentuale, relativa ad ogni area, del numero di abitazioni crollate. La percentuale è calcolata quindi sul numero totale di abitazioni di ogni area. Tale tavola consente di evidenziare la distribuzione dei crolli nell'area e di compararla con le altre aree.

### ***Carta della distribuzione dei senzatetto (Fig. 16-17)***

Per ognuno dei due periodi di ritorno le mappe illustrano la distribuzione, mediante intervalli riportati in legenda, del numero dei senzatetto<sup>7</sup>.

---

<sup>4</sup> Con riferimento ai 5 livelli di danno previsti dalla scala macrosismica EMS 98 (da 1 a 5), il danno medio lieve è definito come:  $D2+0.6 \cdot D3$ .

<sup>5</sup> Con riferimento ai 5 livelli di danno previsti dalla scala macrosismica EMS 98 (da 1 a 5), il danno grave è definito come:  $D4+0.4 \cdot D3$ .

<sup>6</sup> Con riferimento ai 5 livelli di danno previsti dalla scala macrosismica EMS 98 (da 1 a 5), il crollo è associato al danno D5.

<sup>7</sup> Il numero dei senzatetto è definito dal numero di residenti nelle abitazioni inagibili

### **Carta della distribuzione dei coinvolti in crolli (Fig. 18-19)**

Per ognuno dei due periodi di ritorno le mappe illustrano la distribuzione, mediante intervalli riportati in legenda, del numero dei coinvolti in crolli<sup>8</sup>.

### **AVVERTENZE**

Al fine di indirizzare l'Amministrazione Comunale ad un uso corretto e consapevole dei risultati prodotti, si sottolinea che anche laddove siano riportati risultati numerici non sotto forma di intervalli, ma come numeri assoluti, essi dovranno essere intesi come valori orientativi di riferimento, passibili di scarti anche sensibili.

### **Gruppo di Lavoro per gli Scenari di Danno relativi al centro urbano di Faenza**

#### **Dipartimento della protezione civile**

Mauro Dolce, Giacomo di Pasquale, Giuseppe Naso, Elena Speranza, Bruno Quadrio, Edoardo Peronace, Fabio Fumagalli, Flavio Bocchi

#### **Regione Emilia-Romagna**

L. Martelli, M. Romani

#### **Comune di Faenza**

E. Nonni (coord), D. Babalini, F. Drei, L. Marchetti, D. Sbarzaglia,

**Testo di** Elena Speranza (DPC), Giacomo di Pasquale (DPC)

Il Dipartimento di protezione civile ha svolto l'attività di sperimentazione nell'ambito del Progetto Urbisit, Convenzione tra Dipartimento della protezione civile e CNR-IGAG.

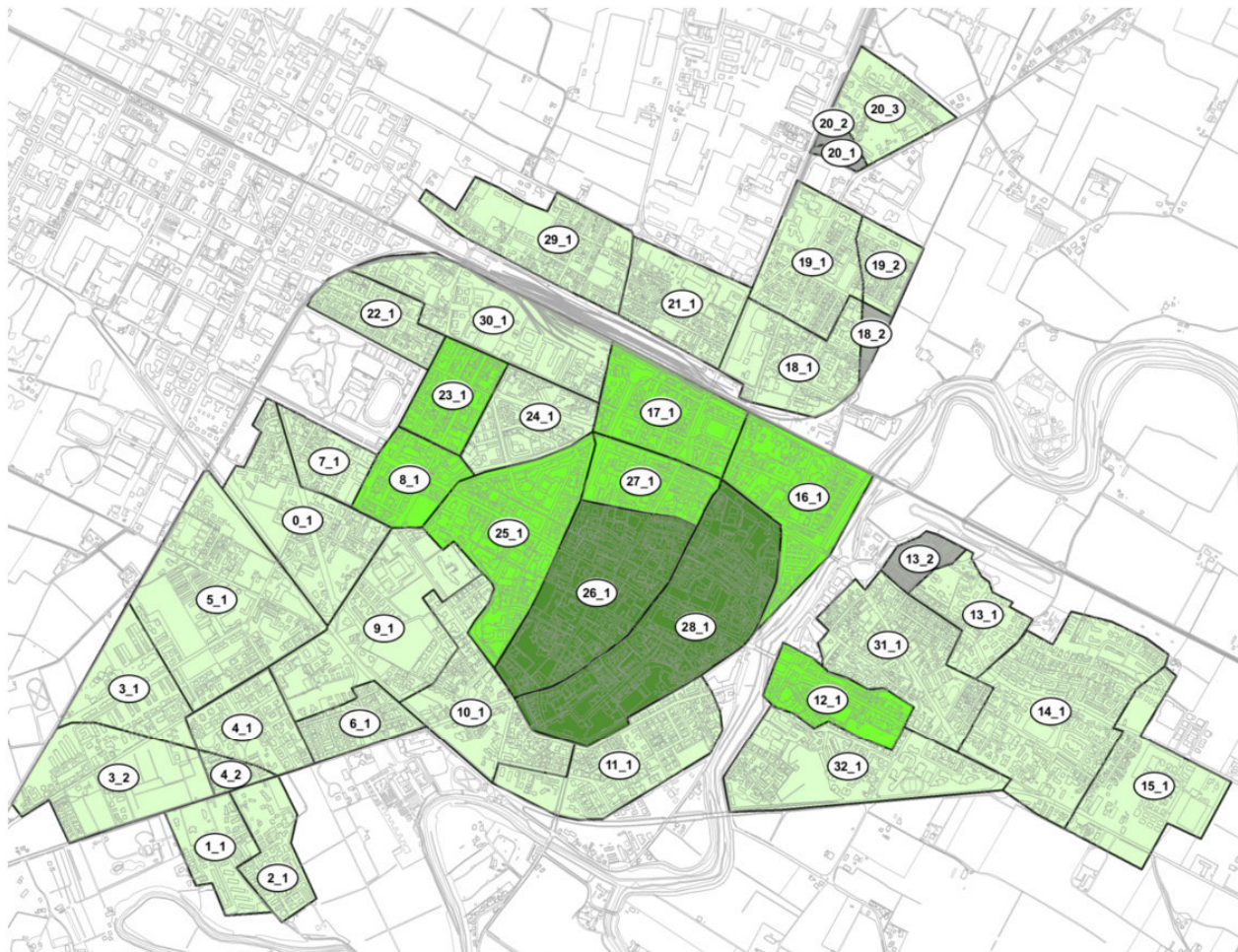
Work Package4: Pianificazione territoriale e microzonazione sismica. (2010-2012)

Ricercatori: Fabio Fumagalli, Responsabile della linea di attività: Giuseppe Lanzo, Referente DPC: Elena Speranza

---

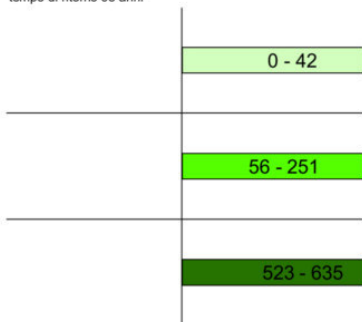
<sup>8</sup> Il numero dei coinvolti in crolli è definito dal numero di residenti nelle abitazioni crollate.

**Fig.4:** Terremoto con tempo di ritorno a 98 anni (VI-VII MCS), distribuzione abitazioni con danni medio lievi (danno D2-D3 EMS 98)



**Carta della distribuzione delle abitazioni con danni medio lievi**

Numero delle abitazioni con danni medio lievi  
tempo di ritorno 98 anni



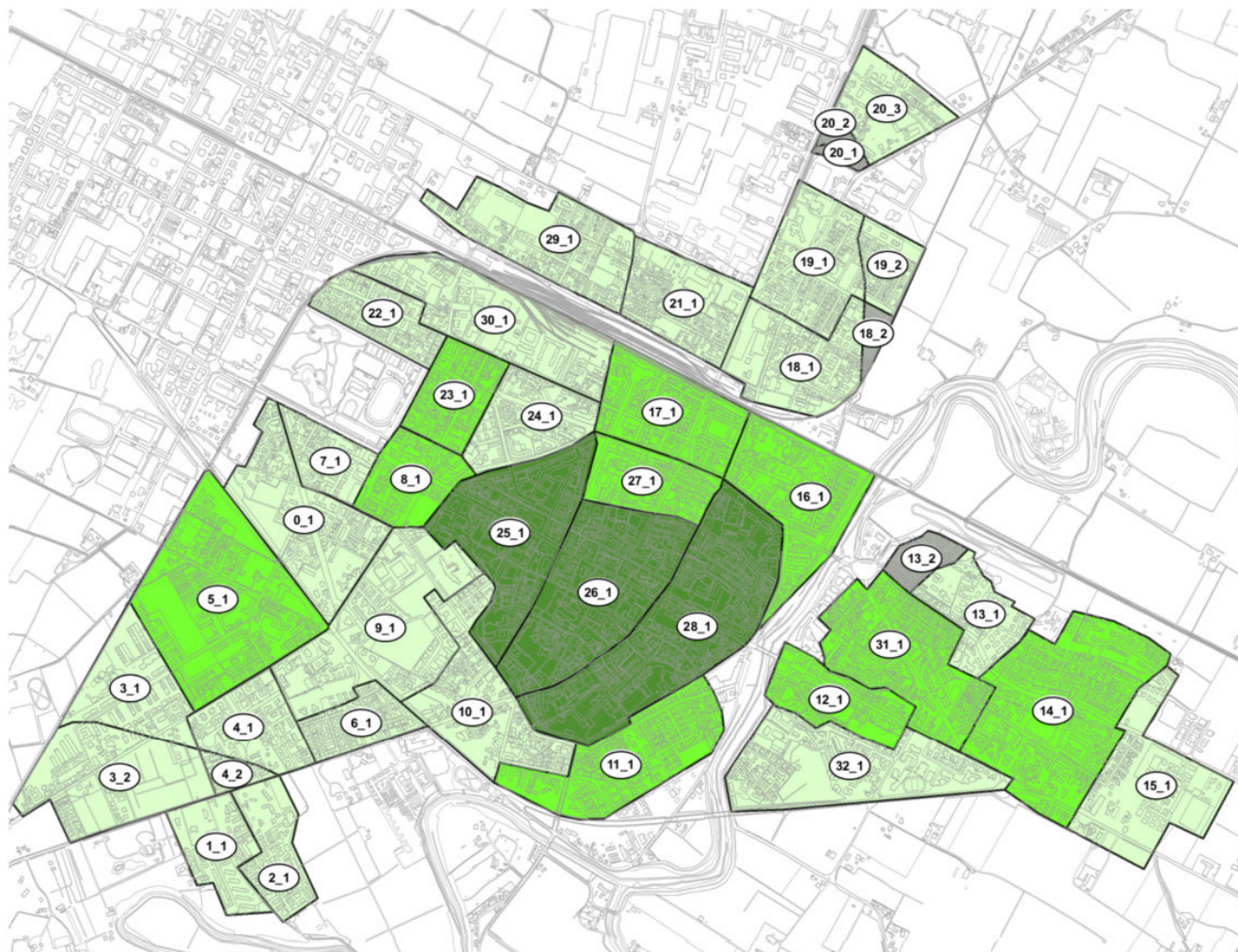
⑦ identificativo area omogenea



Regione Emilia-Romagna

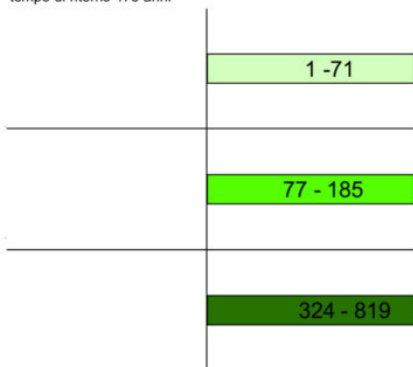


**Fig.5:** Terremoto con tempo di ritorno a 475 anni (VII-VIII MCS), distribuzione abitazioni con danni medio lievi (danno D2-D3 EMS 98)



**Carta della distribuzione delle abitazioni con danni medio lievi**

Numero delle abitazioni con danni medio lievi  
tempo di ritorno 475 anni



7.7 identificativo area omogenea



Regione Emilia-Romagna



**Fig.6:** Terremoto con tempo di ritorno a 98 anni (VI-VII MCS), percentuale distribuzione abitazioni con danni medio lievi rispetto al numero di abitazioni di ogni area.



**Carta della distribuzione delle abitazioni con danni medio lievi**

Percentuale rispetto al numero di abitazioni di ogni area  
tempo di ritorno 98 anni

- 0 - 12 %
- 14 - 24 %
- 28 %
- 38 - 42 %



Regione Emilia-Romagna



① identificativo area omogenea

**Fig.7:** Terremoto con tempo di ritorno a 475 anni (VII-VIII MCS), percentuale distribuzione abitazioni con danni medio lievi rispetto al numero di abitazioni di ogni area.



**Carta della distribuzione delle abitazioni con danni medio lievi**

Percentuale rispetto al numero di abitazioni di ogni area  
tempo di ritorno 475 anni

- 4 - 15 %
- 15 - 26 %
- 28 - 38 %
- 49 - 54 %

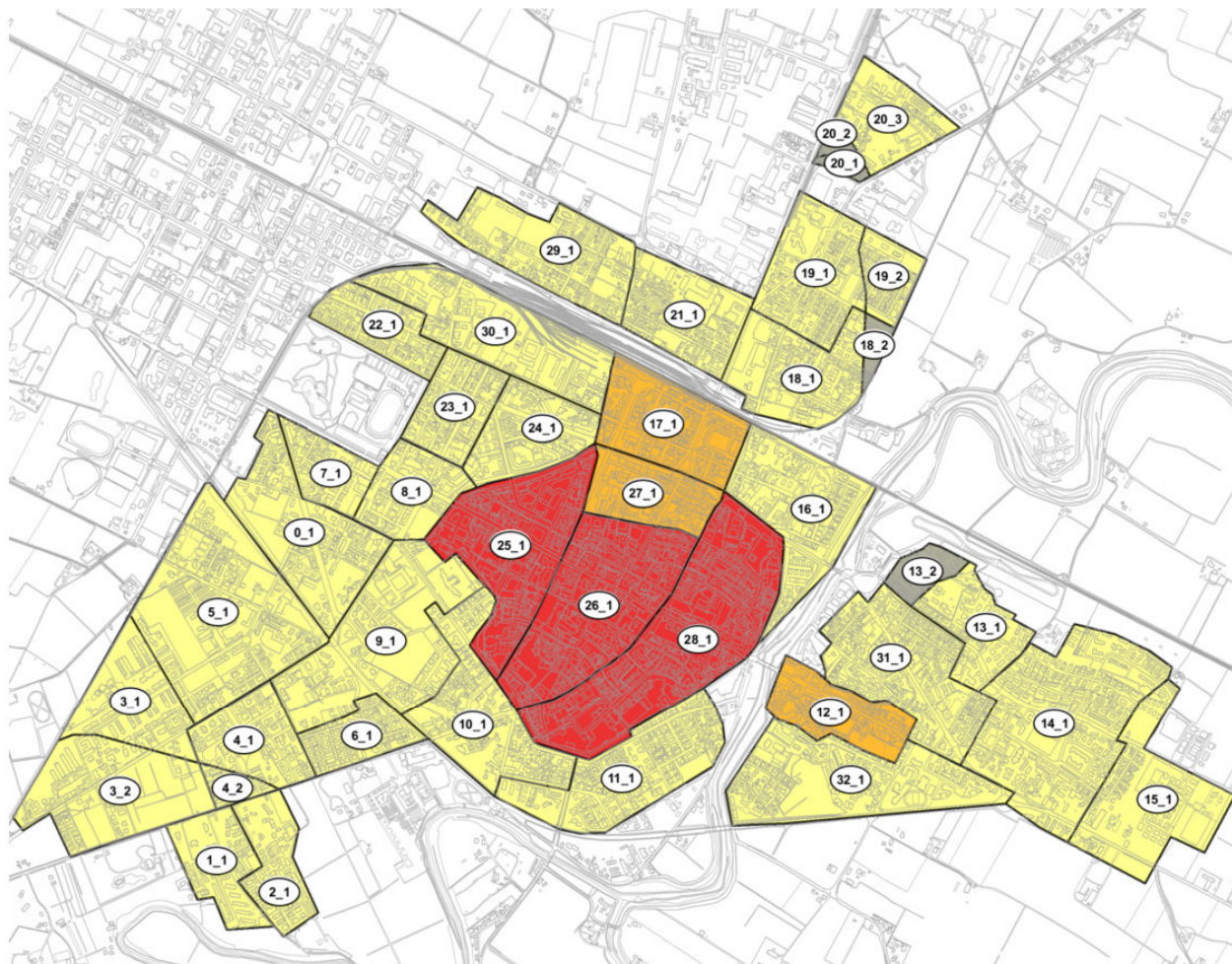
7.7 identificativo area omogenea



Regione Emilia-Romagna

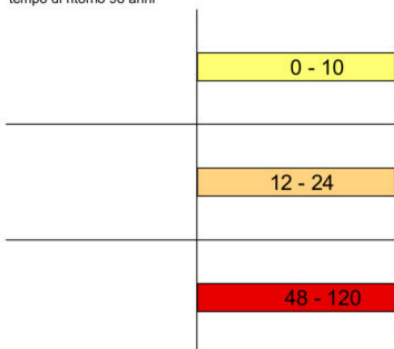


**Fig.8:** Terremoto con tempo di ritorno a 98 anni (VI-VII MCS), distribuzione abitazioni inagibili (danno D3-D4 EMS 98)



**Carta della distribuzione delle abitazioni inagibili**

Numero delle abitazioni inagibili  
tempo di ritorno 98 anni



7.7 identificativo area omogenea

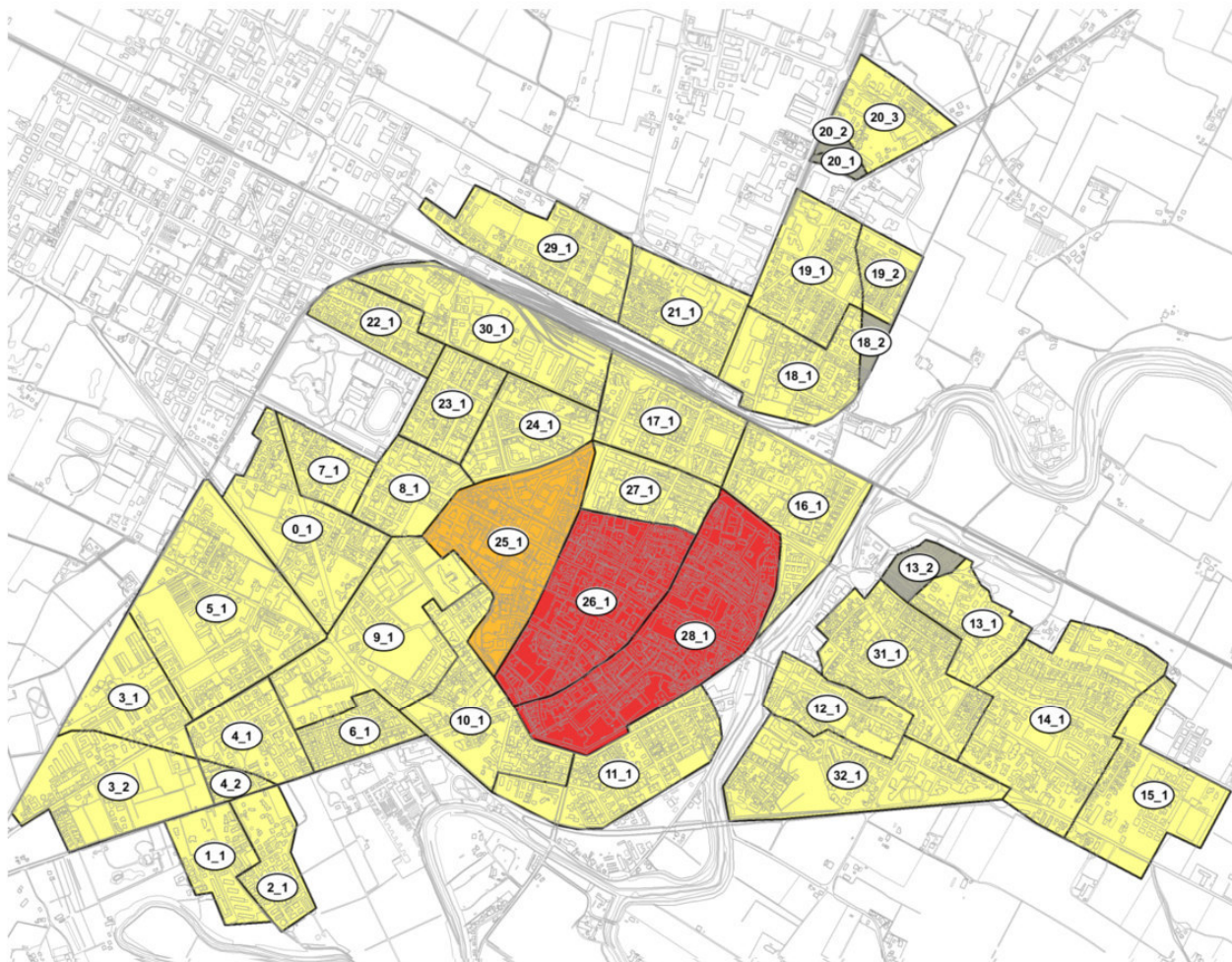


Regione Emilia-Romagna



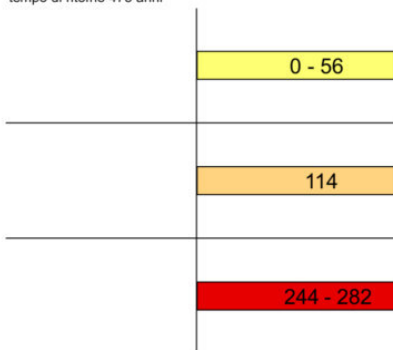


**Fig.9:** Terremoto con tempo di ritorno a 475 anni (VII-VIII MCS), distribuzione abitazioni inagibili (danno D3-D4 EMS 98)



**Carta della distribuzione delle abitazioni inagibili**

Numero delle abitazioni inagibili  
tempo di ritorno 475 anni



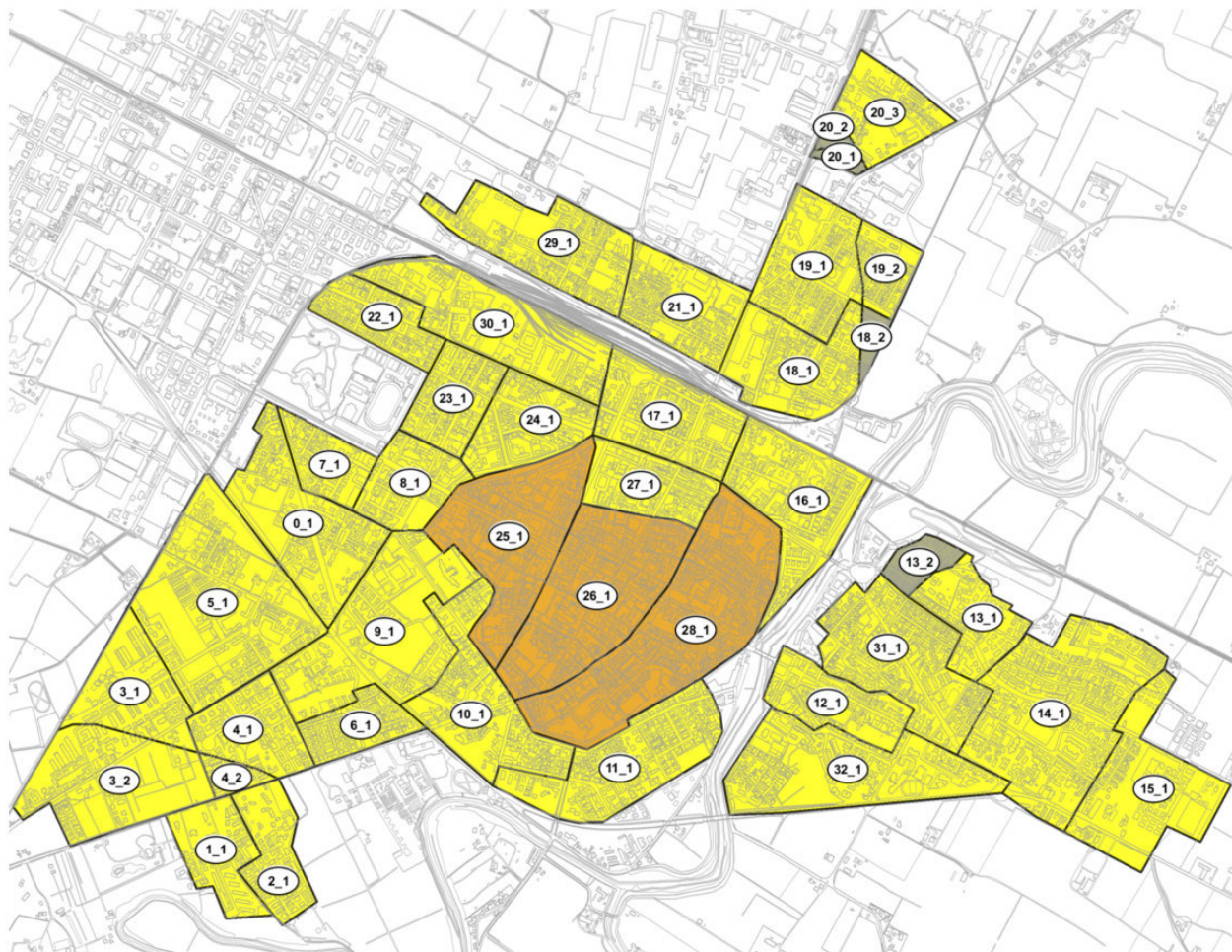
7.7 identificativo area omogenea



Regione Emilia-Romagna



**Fig.10:** Terremoto con tempo di ritorno a 98 anni (VI-VII MCS), percentuale distribuzione abitazioni inagibili rispetto al numero di abitazioni di ogni area.



**Carta della distribuzione delle abitazioni inagibili**

Percentuale rispetto al numero di abitazioni di ogni area  
tempo di ritorno 98 anni

- 0 - 6 %
- 7 - 8 %

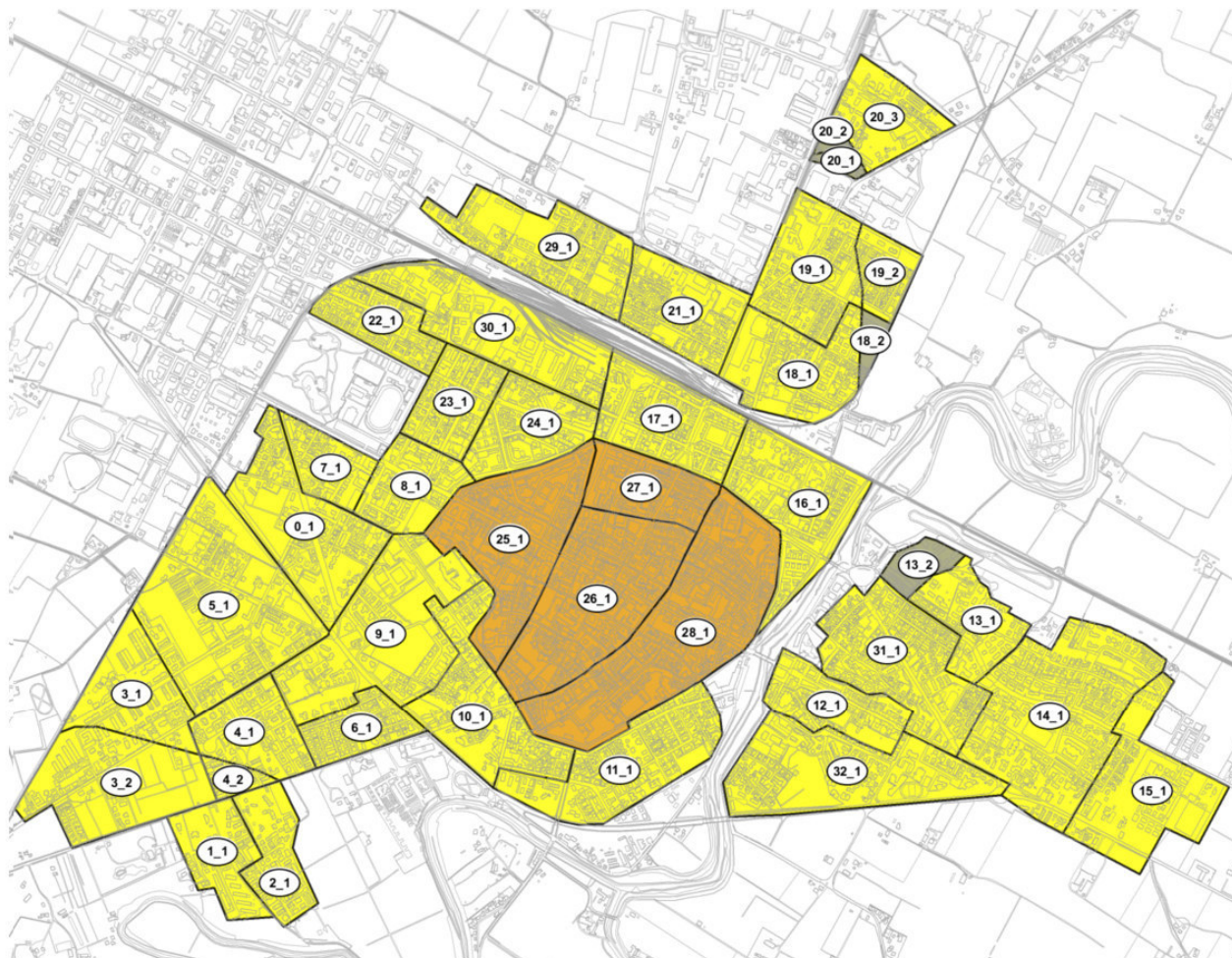


Regione Emilia-Romagna



7.7 identificativo area omogenea

**Fig.11:** Terremoto con tempo di ritorno a 475 anni (VII-VIII MCS), percentuale distribuzione abitazioni inagibili rispetto al numero di abitazioni di ogni area.



**Carta della distribuzione delle abitazioni inagibili**

Percentuale rispetto al numero di abitazioni di ogni area  
tempo di ritorno 475 anni

- 0 - 9 %
- 11 - 19 %

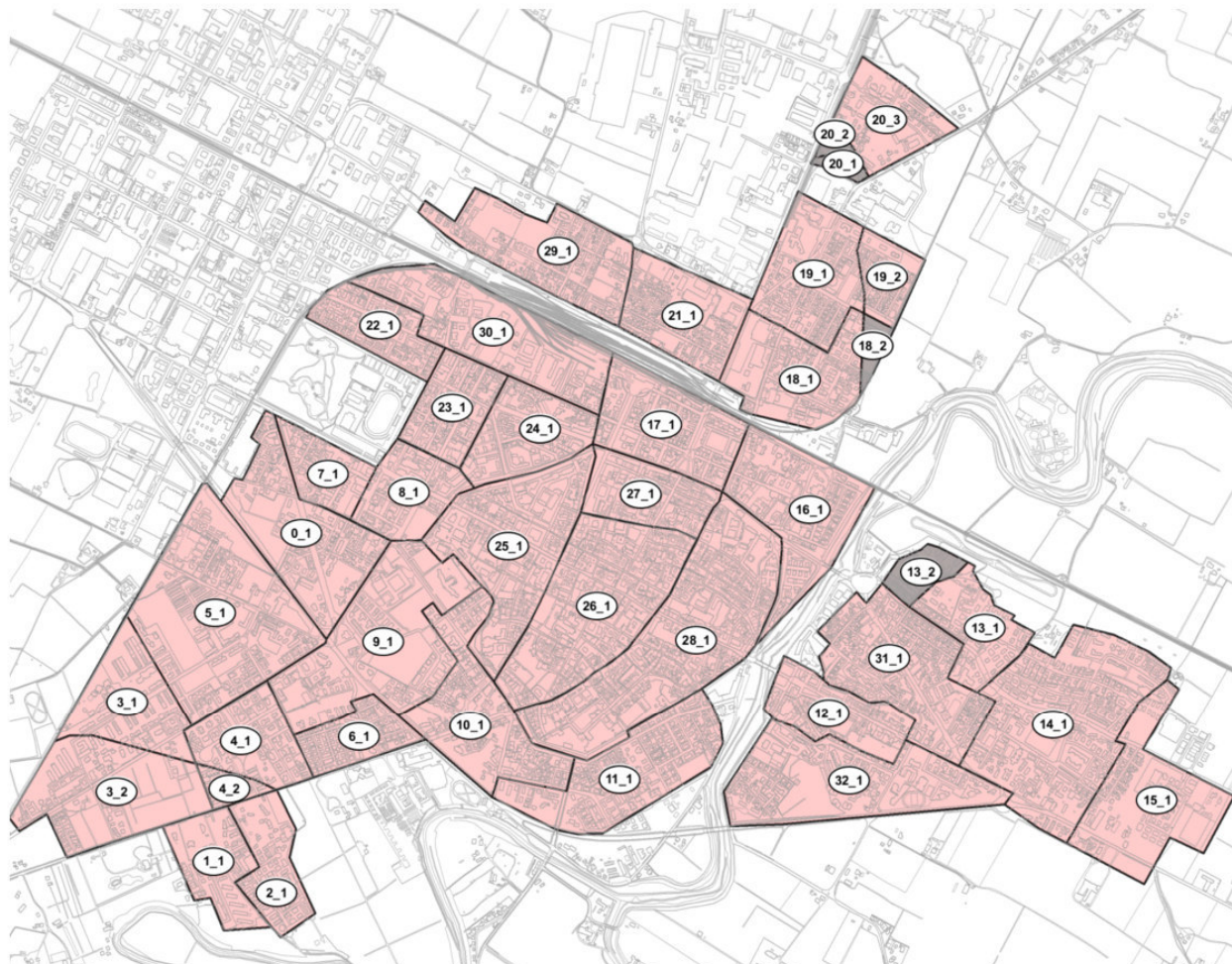


Regione Emilia-Romagna



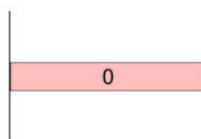
7.7 identificativo area omogenea

Fig.12: Terremoto con tempo di ritorno a 98 anni (VI-VII MCS), distribuzione abitazioni crollate (danno D5 EMS 98)



**Carta della distribuzione dei crolli**

Numero di crolli  
tempo di ritorno 98 anni



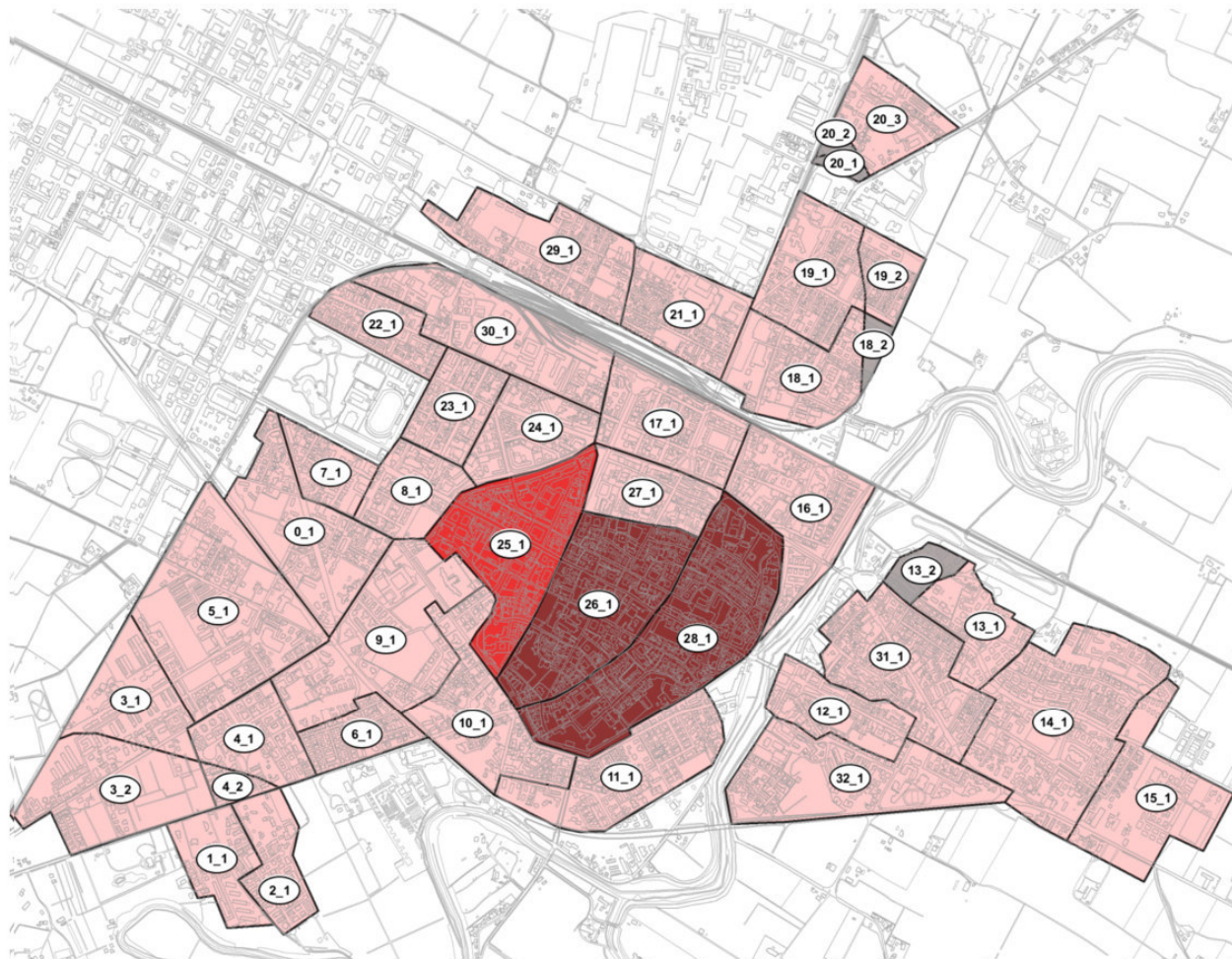
Presidenza del Consiglio dei Ministri  
Dipartimento della Protezione Civile

Regione Emilia-Romagna



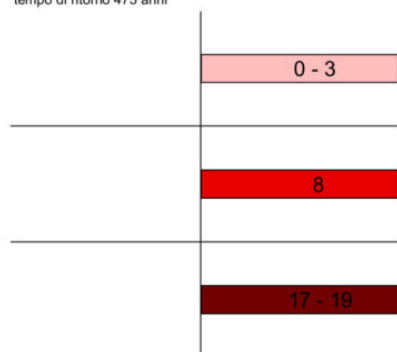
⑦ Identificativo area omogenea

**Fig.13:** Terremoto con tempo di ritorno a 475 anni (VII-VIII MCS), distribuzione abitazioni crollate (danno D5 EMS 98)



**Carta della distribuzione dei crolli**

Numero di crolli  
tempo di ritorno 475 anni



⑦ identificativo area omogenea

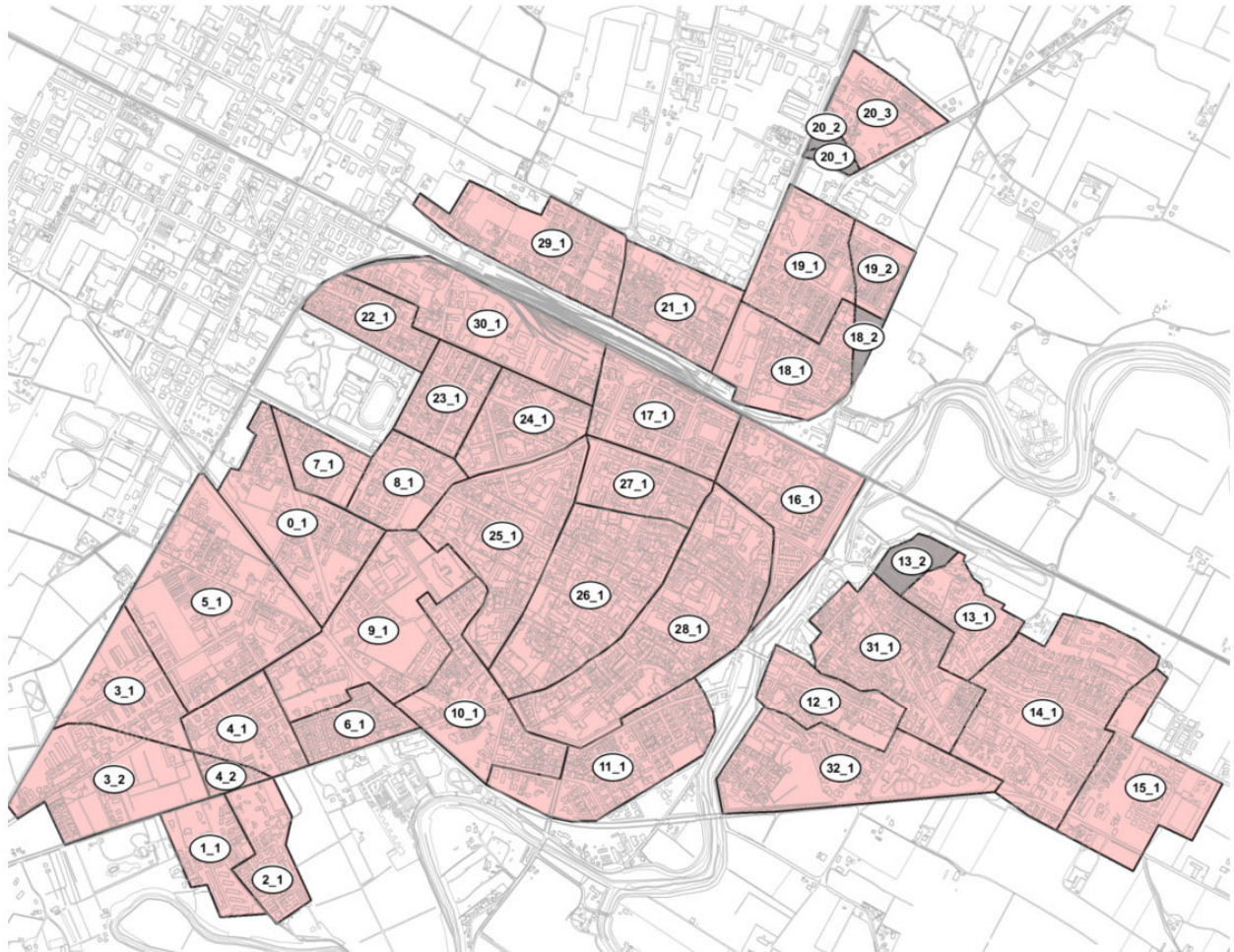


Presidenza del Consiglio dei Ministri  
Dipartimento della Protezione Civile

Regione Emilia-Romagna



**Fig.14:** Terremoto con tempo di ritorno a 98 anni (VI-VII MCS), percentuale delle abitazioni crollate rispetto al numero di abitazioni di ogni area.



**Carta della distribuzione dei crolli**

Percentuale rispetto al numero di abitazioni di ogni area  
tempo di ritorno 98 anni

0 %

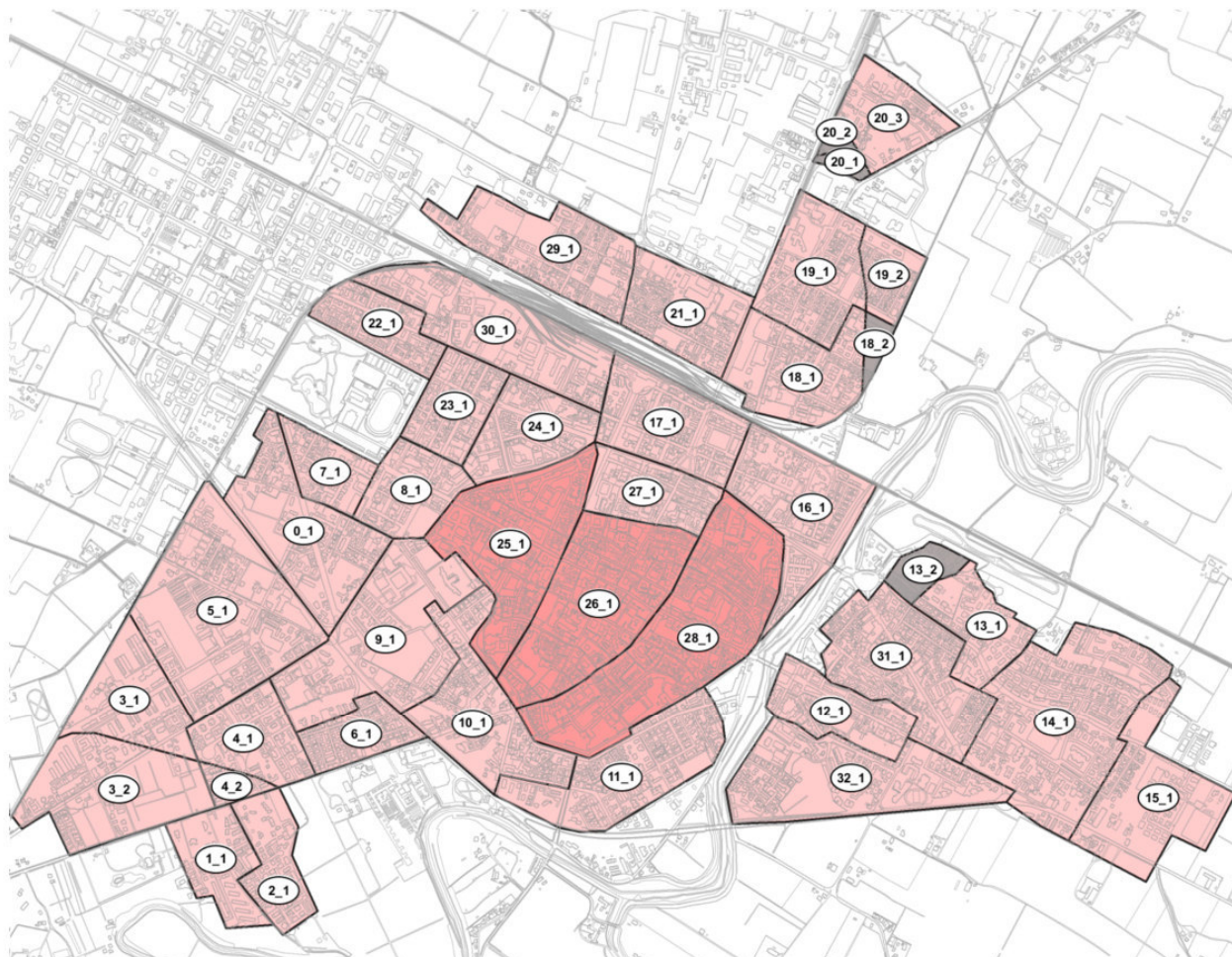
7\_7 identificativo area omogenea



Regione Emilia-Romagna



**Fig.15:** Terremoto con tempo di ritorno a 475 anni (VII-VIII MCS), percentuale delle abitazioni crollate rispetto al numero di abitazioni di ogni area.



**Carta della distribuzione dei crolli**

Percentuale rispetto al numero di abitazioni di ogni area  
tempo di ritorno 475 anni

- 0 - 0,75 %
- 1,0 - 1,3 %

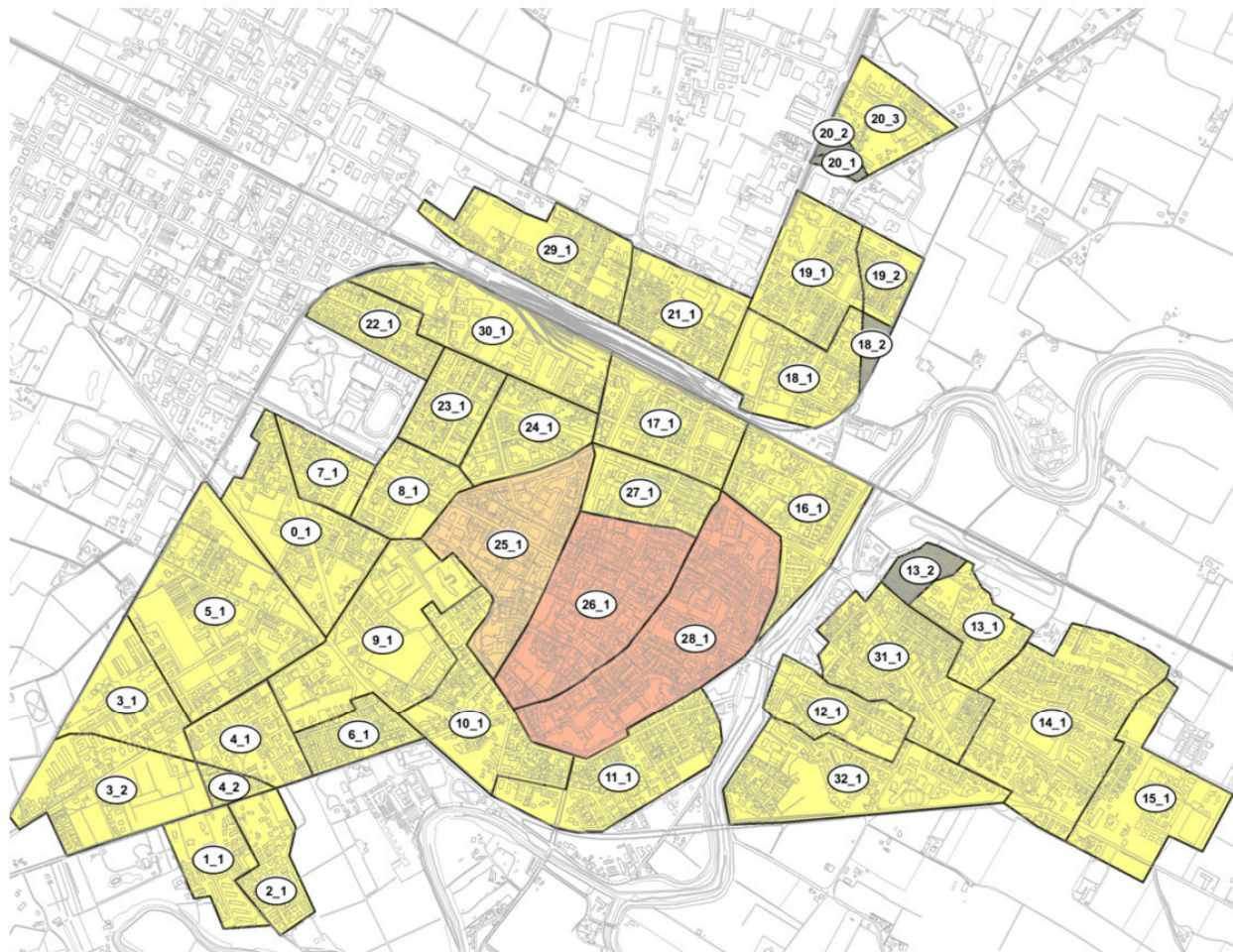
7.7 identificativo area omogenea



Regione Emilia-Romagna

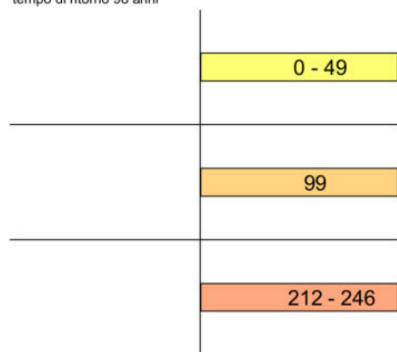


Fig.16: Terremoto con tempo di ritorno a 98 anni (VI-VII MCS), distribuzione senza tetto (danno D3-D4 EMS 98)



**Carta della distribuzione dei  
senzateo**

Numero dei senzateo  
tempo di ritorno 98 anni



⑦ identificativo area omogenea

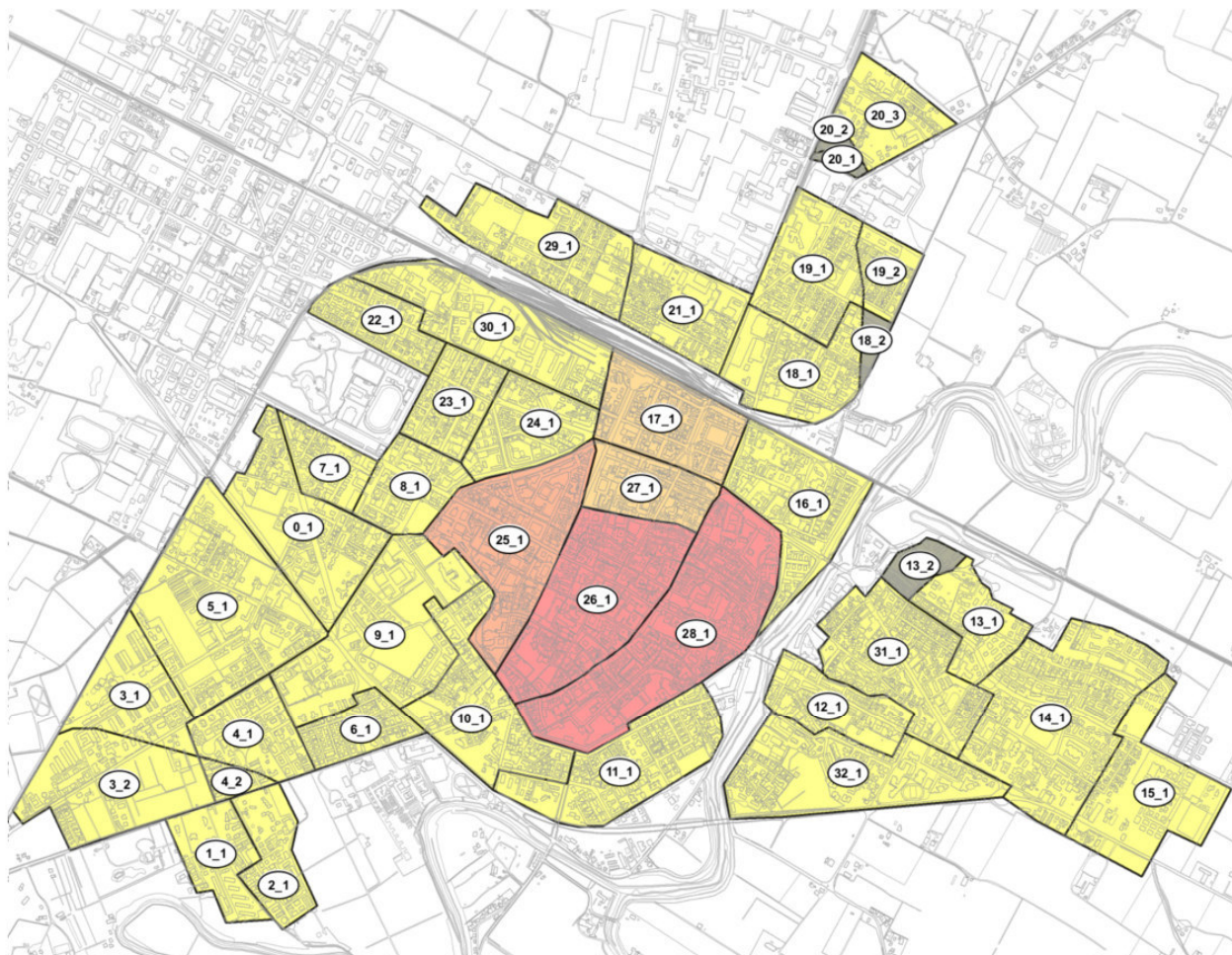


Regione Emilia-Romagna



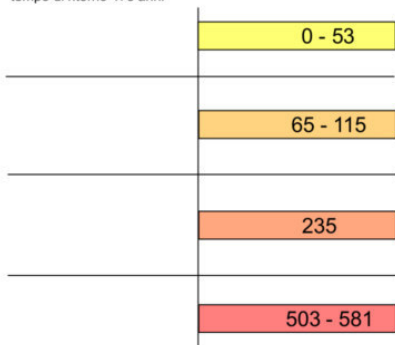


Fig.17: Terremoto con tempo di ritorno a 475 anni (VII-VIII MCS), distribuzione senza tetto (danno D3-D4 EMS 98)



**Carta della distribuzione dei  
senzatetto**

Numero dei senzatetto  
tempo di ritorno 475 anni



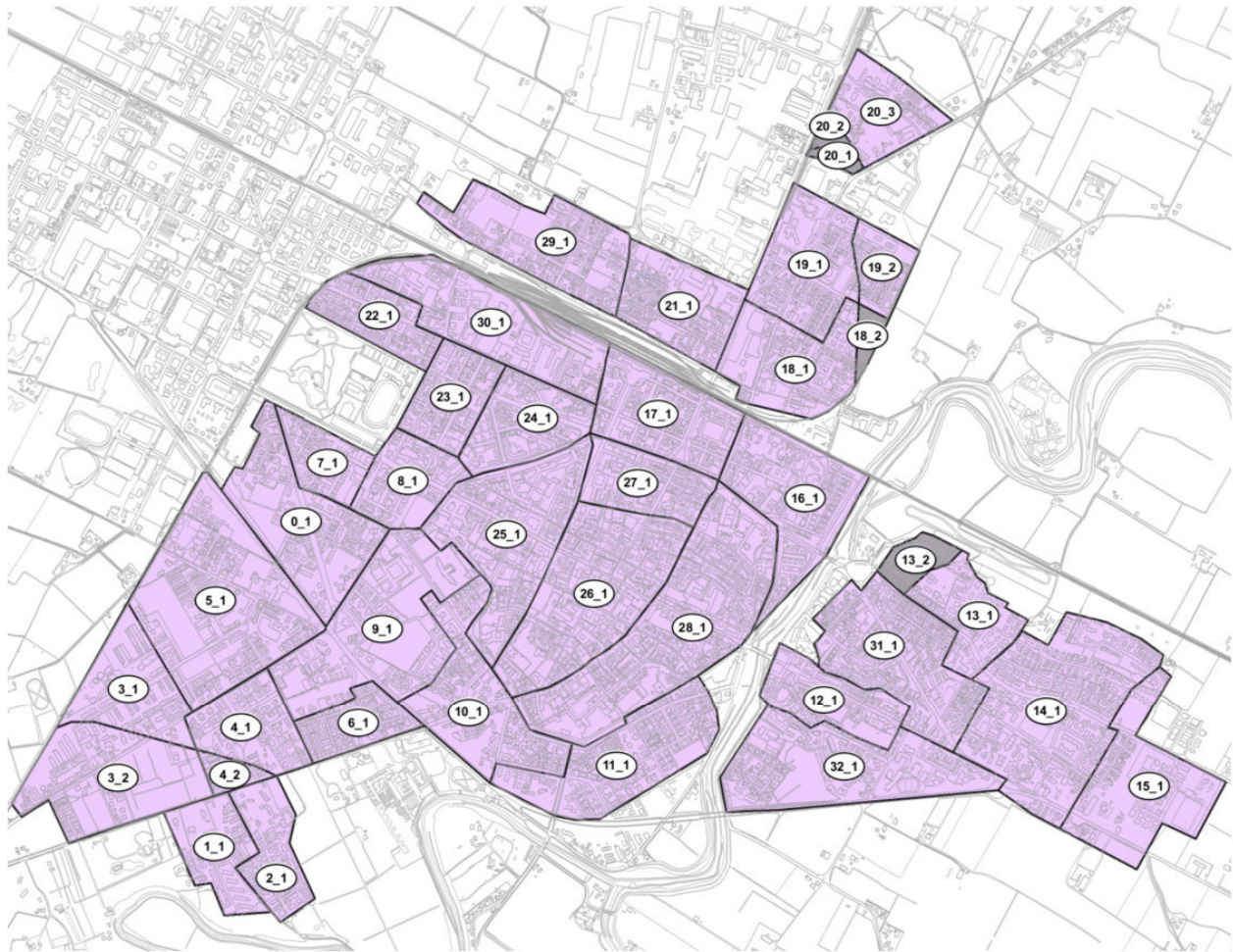
⑦ identificativo area omogenea



Regione Emilia-Romagna

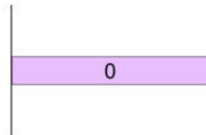


**Fig.18:** Terremoto con tempo di ritorno a 98 anni (VI-VII MCS), distribuzione persone coinvolte nei crolli (danno D5 EMS 98).



**Carta della distribuzione dei coinvolti in crolli**

Numero dei coinvolti in crolli  
tempo di ritorno 98 anni

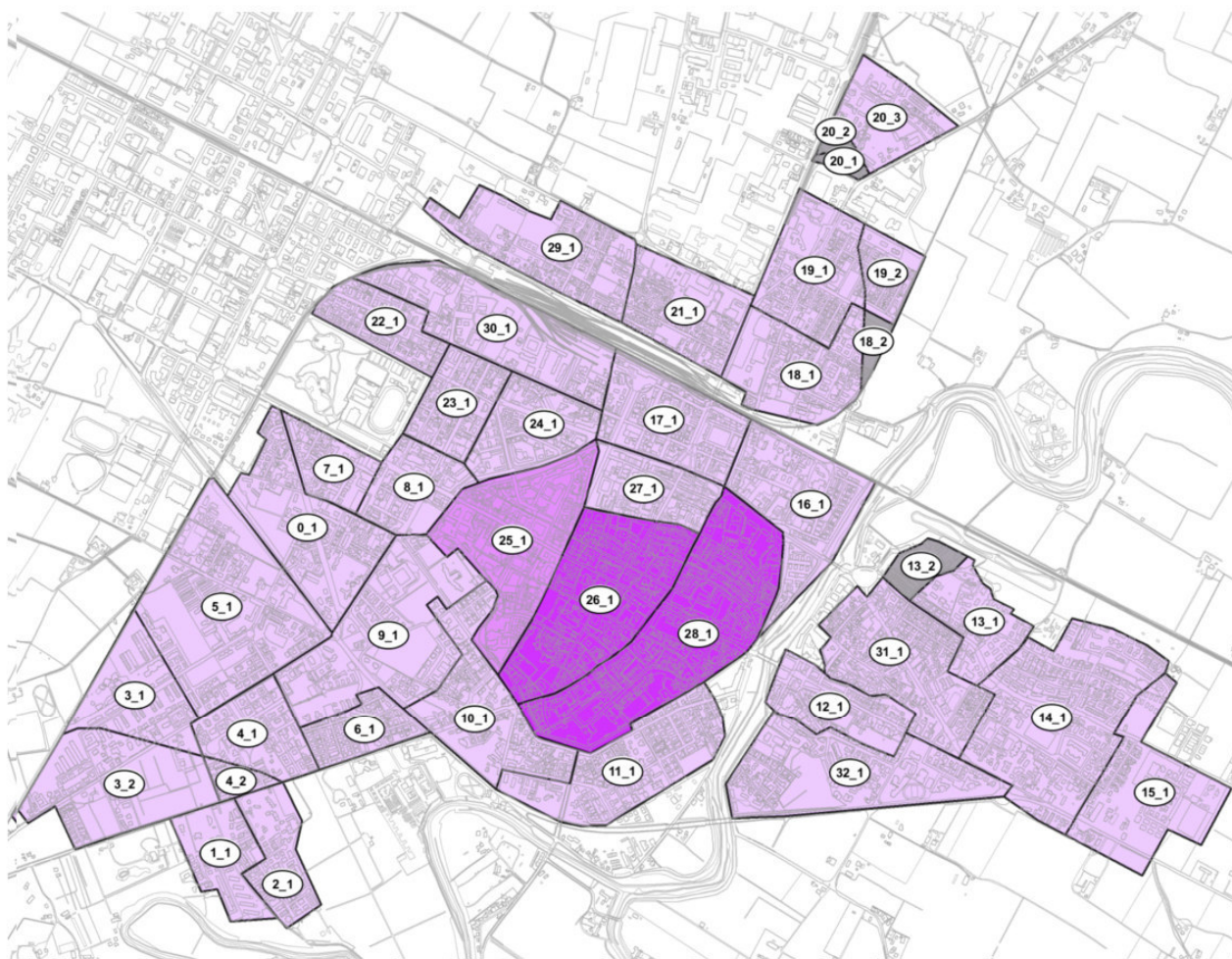


Regione Emilia-Romagna



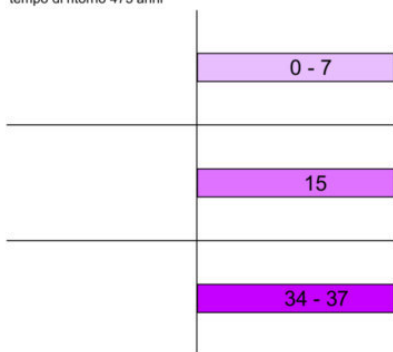
⑦⑦ identificativo area omogenea

**Fig.19:** Terremoto con tempo di ritorno a 475 anni (VII-VIII MCS), distribuzione persone coinvolte nei crolli (danno D5 EMS 98).



**Carta della distribuzione dei coinvolti in crolli**

Numero dei coinvolti in crolli  
tempo di ritorno 475 anni



⑦ identificativo area omogenea



Regione Emilia-Romagna





## 5. Vulnerabilità sismica in centro storico

Le analisi di vulnerabilità sismica degli aggregati edilizi nel centro storico di Faenza sono state finalizzate alla definizione di strategie urbanistiche atte a supportare interventi anche privati di miglioramento sismico sugli edifici del centro storico.

Le attività di studio sono state suddivise in 3 fasi, come di seguito sinteticamente descritte:

1. identificazione e mappatura delle vulnerabilità sismiche (punti di debolezza) e resistenze (punti di forza) del tessuto residenziale del centro storico (***rilievo speditivo***);
2. definizione di una procedura di analisi, interpretazione e progetto applicata su un aggregato rappresentativo del tessuto del centro storico (***analisi di dettaglio dell'aggregato campione***);
3. stesura di linee guida contenenti le indicazioni di progetto per la mitigazione della vulnerabilità degli aggregati edilizi murari del centro storico (***codici di pratica per interventi***).

### 5.1 Rilievo speditivo

Lo scopo dell'indagine di **vulnerabilità del tessuto residenziale** del centro storico di Faenza è stato quello di condurre una valutazione qualitativa preliminare dell'attitudine 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.

Il criterio base su cui l'indagine è stata condotta è costituito da un approccio conoscitivo della realtà costruita, del suo stato di conservazione attuale e delle trasformazioni evolutive o traumatiche che lo hanno portato alla attuale consistenza.

L'identificazione e mappatura delle vulnerabilità sismiche del tessuto residenziale del centro storico è avvenuta a seguito della disamina critica delle informazioni sul costruito del centro storico e del sopralluogo speditivo esteso all'intero centro storico. Le osservazioni del costruito sono state condotte dall'esterno ed estese ove possibile nelle corti e negli spazi interni degli aggregati.

La scala di osservazione è quella dell'aggregato, con alcuni approfondimenti a livello del tipo edilizio presente nel tessuto.

Le fasi del lavoro del rilievo speditivo che ha condotto alla mappatura delle vulnerabilità e resistenze dell'edilizia storica minore del centro storico di Faenza, sono state le seguenti:

- ricerca di base: reperimento dei materiali cartografici di base e di informazioni bibliografiche, iconografiche e archivistiche;
- mappatura ed individuazione "a tavolino" degli aggregati;
- preparazione e conduzione della campagna di sopralluoghi nel centro storico (revisione della suddivisione degli aggregati e annotazione di osservazioni);
- costruzione del quadro conoscitivo ed individuazione dell'edilizia "speciale" (chiese, palazzi, conventi e

- monasteri, edifici in c.a.), sulla base delle osservazioni;
- traduzione dei risultati in mappa: la carta di identificazione di aggregati e sub-aggregati e la carta delle vulnerabilità e delle resistenze (base cartografica: aereofotogrammetria 1:2000).

### **La ricerca di base**

I materiali di base forniti dal Comune sono stati completati, ove parziali, ed integrati da materiali provenienti da altre fonti di tipo bibliografico, iconografico ed archivistico e dall'utilizzo di risorse on-line.

La prima fase di ricerca bibliografica è stata effettuata prevalentemente presso la Biblioteca Nazionale di Roma e presso la Biblioteca Comunale di Faenza. La ricognizione è stata selettivamente indirizzata alle finalità del lavoro da svolgere ed è stata pertanto rivolta al reperimento d'informazioni riguardanti la formazione e le trasformazioni della struttura urbana del centro storico, ad individuarne le principali caratteristiche attraverso la identificazione delle tipologie edilizie ricorrenti all'interno del centro storico, le loro modalità aggregative e le relative modalità costruttive; nel contempo, la ricerca è stata orientata a verificare la consistenza attuale del tessuto urbano, in relazione a eventi trasformativi di grande rilevanza, con particolare riguardo alla fase tardo ottocentesca e, soprattutto, alla ricostruzione del secondo dopoguerra.

Un primo filone di ricerca è stato rivolto al reperimento di testi sulla tradizione costruttiva e la cultura architettonica faentina e sulle trasformazioni del tessuto urbano. Un secondo filone ha riguardato le distruzioni conseguenti agli eventi bellici della Seconda guerra mondiale, da cui la città di Faenza è stata pesantemente colpita. Il terzo filone di ricerche è stato rivolto al reperimento di iconografia e di immagini storiche della città.

La ricerca iconografia e fotografica, avviata attraverso alcuni testi di raccolte di immagini, è stata completata attraverso la consultazione del materiale custodito presso la Fototeca Manfrediana.

Nel corso dei due incontri avvenuti a Faenza, e con l'autorizzazione del presidente del DLF Angelo Goldoni, è stato possibile consultare il materiale fotografico su supporto digitale e di conseguenza acquisire circa 2800 immagini, ritenute utili allo studio in esame. Le immagini acquisite fanno parte di 21 sezioni dell'archivio della Fototeca, e testimoniano dei luoghi più significativi del centro storico e dei momenti più salienti della storia faentina dell'ultimo secolo e mezzo. In particolare, sono uno strumento fondamentale per la conoscenza del tessuto urbano prima dei bombardamenti del 1944 e della successiva fase della ricostruzione.

La ricerca archivistica ha prevalentemente esplorato la fase della ricostruzione edilizia postbellica. La ricognizione è stata svolta presso i tre archivi principali in cui sono custodite le pratiche edilizie del periodo ed è stata svolta secondo due direttrici principali: da una parte sono stati esaminati i materiali relativi alle richieste di finanziamento per la ricostruzione di singoli edifici presentate dai proprietari al Genio Civile ed agli Uffici tecnici comunali, principali enti di riferimento per tale attività; dall'altra sono stati rintracciati ed analizzati gli elaborati completi del Piano di ricostruzione di Domenico Sandri, Vincenzo Fasolo, e Mario Pinchera e gli incartamenti relativi al dibattito pubblico che ne accompagnò l'elaborazione e le diverse redazioni. L'incrocio della ricognizione fra i tre archivi ha consentito di colmare le lacune determinate dal non completo versamento di tutti i fondi comunali presso le due sezioni dell'Archivio di Stato ed ha permesso di ricostruire esaurientemente questa importante fase edilizia della città che, nel corso del conflitto, aveva

subito distruzioni definitive per una percentuale del 30% del proprio patrimonio edilizio e danneggiamenti per una percentuale del 50%.

Presso l'archivio comunale di Faenza sono stati infine reperiti i materiali relativi alla redazione del piano di ricostruzione non ancora versati alla sezione cittadina dell'Archivio di Stato. Oltre alle tavole del piano nelle differenti versioni di redazione, sono stati consultati i carteggi relativi al dibattito che ne accompagnò l'elaborazione a partire dal 1946 e l'approvazione nel 1957.



**Fig.1:** Catasto 1830 e 1922, rimontaggio dei fogli di mappa

Le ricerche via internet hanno interessato sia la fase preliminare di raccolta dei testi bibliografici sia il reperimento di materiale già disponibile presso risorse on-line. In particolare si segnalano le ricerche condotta presso il sito Dicoter (Archivio piani regolatori generali) del Ministero dei Lavori pubblici e il sito RAPU (Rete Archivi Piani Urbanistici), che è un archivio virtuale di strumenti di pianificazione urbanistica e dei relativi documenti. L'archivio è costituito da collezioni di materiali di piano digitalizzati i cui originali sono conservati in sedi distribuite su tutto il territorio nazionale. Presso il sito del RAPU è stata reperita una delle tavole del Piano di ricostruzione del 1957, a partire dalla quale sono state avviate le successive ricerche.



**Fig. 2:** Piano di ricostruzione, 1957, Tav. 1, Stato attuale, scala 1:2000 (RAPu)

**Fig. 3:** PRG 1980 tavola di analisi del danno bellico

### **La campagna di sopralluoghi e la costruzione del quadro conoscitivo**

Il lavoro di rilievo sul campo è stato organizzato attraverso la suddivisione del centro storico in cinque aree corrispondenti ai rioni storici. I sopralluoghi sono stati condotti da quattro squadre ciascuna composta da due persone. Operazione preliminare a tutto il lavoro sul campo è stata la verifica dell'individuazione degli aggregati proposta nella fase di redazione della carta base. Laddove sono state riscontrate difformità rispetto ai dati cartografici esistenti, si è proceduto alla ridefinizione degli aggregati ed alla revisione della loro numerazione. La ricognizione è stata quindi svolta a partire da un sistematico rilievo fotografico dei fronti su strada, seguendo il senso di percorrenza del perimetro dell'isolato. Contestualmente si è proceduto all'annotazione delle osservazioni sui fascicoli predisposti per il rilievo di campagna. I dati raccolti nella fase di lavoro sul campo sono stati collazionati in fascicoli di appunti suddivisi per rioni e accompagnati, ove necessario, da una selezione di immagini fotografiche esplicative.

Le osservazioni hanno principalmente riguardato il complesso degli aggregati, delle tipologie edilizie riscontrate, i caratteri costruttivi, il linguaggio architettonico e lo stato di conservazione e di trasformazione dell'edificato, come di seguito descritto:

**Fig. 4:** Sintesi delle osservazioni.

<b>Osservazioni sugli aggregati</b>	<b>Osservazioni sulle tipologie edilizie</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• individuazione dell'aggregato e delle sue sotto-unità;</li> <li>• consistenza edilizia e presenza di vuoti e spazi inedificati;</li> <li>• individuazione di edilizia speciale residenziale e non residenziale;</li> <li>• distinzione tra edifici antichi, nuovi, sostituiti; discontinuità, accostamenti e connessioni fra corpi di fabbrica;</li> <li>• modifiche, trasformazioni, demolizioni di porzioni di tessuto urbano, presenza di canali.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• passo murario (distanza tra le pareti ortogonali al fronte);</li> <li>• posizione delle aperture sul fronte strada;</li> <li>• profondità del corpo di fabbrica;</li> <li>• posizione della scala;</li> <li>• altezza media di interpiano (luce libera verticale);</li> <li>• differenze di altezza tra cellule contigue;</li> <li>• presenza e configurazione androni;</li> <li>• presenza e configurazione nella corte di portici e logge.</li> </ul>

<b>Osservazioni sulla tecnica costruttiva</b>	<b>Osservazioni sullo stato di conservazione e trasformazioni</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• pareti di elevazione: <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ spessori murari(e eventuali rastremazioni ai diversi livelli);</li> <li>✓ tessiture murarie;</li> </ul> </li> <li>• orizzontamenti: <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ tipologia volte e caratteristiche delle imposte;</li> <li>✓ orditura solai e dimensione elementi;</li> <li>✓ orditura coperture e dimensione elementi;</li> </ul> </li> <li>• connessioni: <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ parete/parete (muri accostati o ammorsati, presenza incatenamenti),</li> <li>✓ presenza di archi di contrasto o volumi di sovrappasso;</li> <li>✓ parete/orizzontamento.</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• dissesti: <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ lesioni (andamento e localizzazione);</li> <li>✓ spanciamenti e fuoripiombo;</li> </ul> </li> <li>• degrado: <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ deformate degli orizzontamenti;</li> <li>✓ pareti e orizzontamenti;</li> </ul> </li> <li>• trasformazioni: <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ eliminazione di pareti ortogonali al fronte (al piano terra per i negozi; ai piani superiori per rifusioni di cellule);</li> <li>✓ presenza di piani di sopraelevazione (a filo e/o arretrati);</li> <li>✓ sostituzione di tetti a falde con terrazzi;</li> <li>✓ alterazione aperture piani terra (garage).</li> </ul> </li> </ul>





**Fig.5:** Appunti dalle osservazioni effettuate durante il sopralluogo speditivo; un aggregato del rione rosso.

### 5.1.1 Individuazione degli aggregati strutturali in centro storico

Obiettivo preliminare alle osservazioni sulla vulnerabilità degli aggregati è quello della loro identificazione nella accezione introdotta dalla recente norma sismica (NTC2008, cap.8 e circolare 617/2009, cap.8 e 11.3) mediante la definizione dei loro confini e la attribuzione di codice alfanumerico (identificativo).

La procedura utilizzata per realizzare tale obiettivo è stata quella di osservare 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.

Sia per la presenza di elementi puntuali di connessione tra isolati adiacenti (sovrappassi, archi di sbatacchio, ecc), sia per l'assenza di edificato interconnesso all'interno dell'isolato (isolati "scarichi"), l'effettiva identificazione dell'aggregato può a volte risultare non immediata.

Il criterio utilizzato l'individuazione degli aggregati è stato quello di una sostanziale identificazione fra isolato ed aggregato edilizio e si è convenzionalmente stabilito che:

- l'isolato/aggregato è una porzione di tessuto urbano fisicamente separata dalle altre;
- il perimetro dell'isolato/aggregato è percorribile senza oltrepassare delimitazioni permanenti o temporanee (pareti di confine, androni, ecc.);
- l'isolato/aggregato può contenere all'interno del suo perimetro spazi non edificati più o meno estesi;

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



**Fig. 6:** Carta di studio base di identificazione degli aggregati (dettaglio).

### 5.1.2 Individuazione delle vulnerabilità e resistenze in centro storico

La finalità della osservazione speditiva degli aggregati così precedentemente identificati è la evidenziazione dei fattori di vulnerabilità e di resistenza ricorrenti sull'edificato con conseguente mappatura su una planimetria in scala 1:2000 che utilizza una legenda predisposta ad hoc.

I fattori di vulnerabilità sono suddivisi in: **“vulnerabilità intrinseche”** e **“vulnerabilità di trasformazione”**.

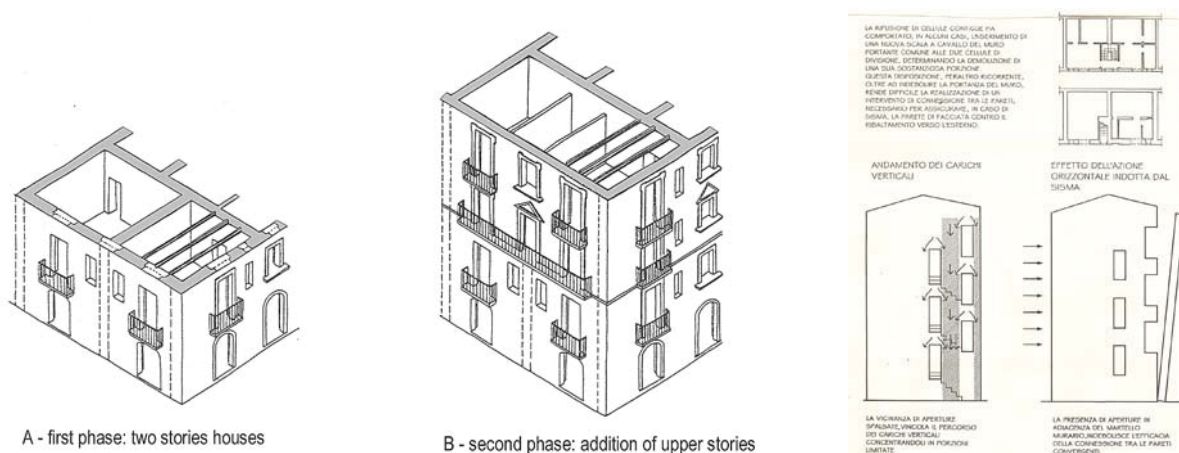
Le prime sono quelle che emergono dalla modalità di prima edificazione sia a livello di impianto dell'organismo architettonico che a livello di aggregazione tra gli organismi, che infine in rapporto alla tecnica costruttiva utilizzata. Sono vulnerabilità “intrinseche” ad esempio presenza di androni voltati nei palazzi con corte interna (possibilità di problemi di contenimento delle spinte), la presenza all'interno della corte di portici e logge (eventualità di presenza di punti critici per gli elementi puntuali), l'eccessiva distanza tra le pareti trasversali a quella di facciata o l'elevata altezza dell'interpiano (distanza tra le due strutture di orizzontamento).

Le vulnerabilità “di trasformazione” sono invece quelle introdotte in momenti successivi alla prima edificazione, durante fasi di trasformazione storiche (evoluzione dei tessuti) ovvero mediante trasformazioni recenti (spesso attuate con tecniche differenti e incompatibili con quella originaria). Sono da annoverare tra le vulnerabilità denominate “di trasformazione” le precarietà derivanti dallo stato di conservazione degli edifici (dissesti e degrado attuale osservabile) e dal loro grado di trasformazione imputabile a interventi recenti (manomissioni e alterazioni).

Caratteristici esempi di vulnerabilità “di trasformazione” sono le trasformazioni incongrue che introducono un mal

funzionamento statico nella costruzione (ad esempio, le sopraelevazioni con arretramento della parete su strada, o le eliminazioni di ingenti porzioni di pareti murarie), le situazioni di dissesto statico ovvero di degrado avanzato, le alterazioni che possono introdurre indebolimenti complessivi della struttura muraria.

I **punti di forza** di cui dispone l'edificato vengono evidenziati alla stregua delle vulnerabilità e denominati fattori di resistenza o fattori positivi. Tipico esempio di fattore di resistenza è la 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 osservati dei cambiamenti che hanno incrementato la capacità di risposta al sisma da parte degli edifici. Ad esempio, le sopraelevazioni che tendono a eliminare le scalettature dei fronti (in presenza di edifici contigui di altezze diverse) e quindi a ridurre il numero delle pareti esposte (in questo caso ad esempio le pareti laterali dell'edificio di maggior altezza divengono pareti interne non appena l'edificio contiguo viene sopraelevato); oppure la costruzione di volumi di sovrappasso che equivale a inserire un vincolo per le pareti dei fronti strada.



**Fig.7:** Alcune trasformazioni generalizzabili della casa muraria 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 connessione tra parete di facciata e parete ortogonale.

### Le tipologie edilizie del centro storico

Con riferimento all'edilizia abitativa del centro storico di Faenza, si evidenziano alcuni aspetti tipologico-costruttivi che assumono rilevanza nel comportamento strutturale in occasione dell'azione sismica.

Il tessuto edilizio all'interno dell'area del centro storico è diviso da tre assi di attraversamento carrabile, dalle strade che convergono sugli assi principali e dalle strade che costeggiano il perimetro del centro storico con le sue mura. I cinque Rioni (denominati rosso, nero, giallo, verde e bianco) presentano una distribuzione abbastanza omogenea delle tipologie edilizie ad eccezione del Borgo ove prevalgono i tipi base. Sui tre assi principali della città storica (corso Matteotti-Garibaldi, corso Mazzini-Saffi e via Cavour) si concentra la maggior parte dell'edilizia di maggior impegno (**case a corte e palazzi**); sulle strade che convergono sugli assi più importanti -si tratta in questo caso di strade generalmente di

dimensione minore -prospettano le **case a schiera**. Maggiore presenza del tipo a schiera è concentrata nelle zone più marginali dei rioni e in generale nei rioni rosso e nero.

Di seguito si espongono sinteticamente le caratteristiche dei tipi edilizi con riferimento alle configurazioni osservate durante la disamina speditiva del centro storico.

Alcune caratteristiche sono però comuni a tutti i tipi osservati come in particolare la presenza frequente di **camini e canne fumarie**, prevalentemente posti in corrispondenza delle pareti ortogonali ai fronti. Altra questione comune è quella della presenza diffusa di **piani interrati nella maggioranza dei casi coperti da volte**.

La **casa a schiera** è presente nella configurazione di base a due o tre livelli, ma si possono osservare esempi di edifici fino a cinque livelli fuori terra che sono il risultato di processi di sopraelevazione della tipologia di base (alcuni esempi si trovano su via Dionigi Strocchi, via Pietro Tomba, via della Croce).

Con riferimento al tema strutturale, si osserva che la casa a schiera storica è composta da una struttura muraria articolata in cellule differentemente aggregate in pianta e sovrapposte per costituire unità a più piani. Il passo delle cellule poco si discosta da misure che variano in un range relativamente stretto, difficilmente eccedente le dimensioni m 6x6; 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.

La configurazione del tipo base ricalca lo schema del doppio corpo in profondità con scala posta tra le due cellule ovvero in adiacenza dell'area di pertinenza (in questo caso l'assetto denuncia presumibilmente un originario impianto monocellulare e una consistenza ad un solo livello).

Questa, nell'assetto consolidato, presenta le aperture allineate in verticale secondo lo schema abituale, mentre **balconi e ballatoi sono frutto di rimaneggiamenti successivi**, riferibili in genere alla seconda metà del Novecento. Nei casi di contrazione della dimensione su strada del lotto, la casa non presenta la specializzazione del vano di ingresso, ma si limita ad avere sul fronte strada una sola apertura al piano terra ed ai piani soprastanti. Configurazioni di questo tipo sono riscontrabili, per esempio, nei casi di occlusione dei passaggi urbani che immettevano all'interno dell'isolato e che sono stati successivamente occupati da una "schiera monoapertura".

Nella configurazione a due livelli la casa a schiera presenta in genere **un sottotetto utilizzabile con piccole aperture** sul prospetto allineate a quelle dei due piani inferiori; **le aperture del sottotetto risultano assai prossime al limite superiore della facciata**. Invece, nella configurazione a 3 livelli il piano sommitale ha altezza paragonabile a quello sottostante con aperture di analoga dimensione.

La modalità aggregativa delle case a schiera è quella consueta, con un'edificazione che inizia dal perimetro dell'isolato e la disposizione delle unità edilizie affiancate in profondità. Il raddoppio delle schiere sui due fronti contrapposti determina la creazione di spazi interni all'isolato, talvolta percorsi da vicoli o stradelli che i successivi intasamenti del tessuto hanno cancellato. Le pareti perimetrali di confine fra un lotto e l'altro sono generalmente in comune e, nel caso di edifici contigui ricostruiti in cemento armato, si può riconoscere il giunto di dilatazione che li separa. In molti altri casi l'intonaco non permette di capire se è presente e che dimensioni abbia il giunto tra gli edifici.

Nella posizione angolare la schiera generalmente si specializza per utilizzare la possibilità del secondo affaccio su strada lungo uno dei lati lunghi. In funzione della lunghezza della schiera e della posizione della scala possono verificarsi **casi di**

**addensamento delle aperture** e, quindi, condizioni di maggiore vulnerabilità, legate a:

- rigiro delle aperture della prima cellula sul secondo fronte strada e conseguente riduzione della porzione muraria d'angolo (nel caso in cui questo non avvenga, la porzione muraria d'angolo costituisce fattore di resistenza);
- presenza delle finestre di illuminazione della scala sul secondo fronte strada, con conseguente aumento del numero delle aperture e loro disallineamento rispetto a quelle dei vani di abitazione.



**Fig.8:** Case a schiera a tre livelli; accostamento tra due case a schiera con parete longitudinale in comune.

La tipologia del **palazzetto** di colloca tra i palazzi e le case a schiera; essa ha origine dalla evoluzione del sistema delle schiere e si avvicina per dimensione dell'impianto e per finiture esterne, alla tipologia del palazzo. Si tratta di palazzetti, appartenenti alla piccola borghesia cittadina, forniti nella maggior parte dei casi di corti interne con vani di servizio che si sviluppavano attorno alle corti. Non è difficile trovarne degli esempi anche in aggregati costituiti quasi esclusivamente da case a schiera, dato che si tratta di una tipologia costruttiva che può essere il frutto di una **rifusione tra due schiere**.

La dimensione del fronte strada è di circa 10 metri con altezza degli interpiani maggiore di quella riscontrabile nelle case a schiera, in genere tre o quattro aperture per livello, sempre allineate in verticale, ed elementi di finitura sui prospetti esterni di maggiore pregio.



**Fig.9:** Esempi di palazzetti a 4 o 3 aperture sulla facciata principale .

La struttura del palazzetto è quindi bi o tricellulare su fronte strada e si estende in profondità in genere su due cellule. La corte può essere presente al centro dell'impianto o in fondo al lotto. Quando la corte non è presente l'impianto dell'aggregato vede la casa incastonata tra le altre unità edilizie con una sola fronte sulla strada o al massimo con due fronti, se si tratta di una casa d'angolo. Per evidenti ragioni di illuminazione, in questi casi la profondità del fabbricato si limita sovente alla dimensione di una sola cellula.

Si tratta di edifici che hanno spesso un'evidente familiarità con la struttura della schiera, con l'aggiunta su un lato di un modulo bicellulare. La lettura dell'impianto rivela come la derivazione dalla schiera possa essere avvenuta per rifusione di due unità contigue, con l'eliminazione di una delle due scale e la soppressione di uno spazio di attraversamento fra strada e cortile. L'adozione d'impianti simili per costruzioni realizzate ex-novo non è contraddittoria ma conferma, nella processualità edilizia, la coincidenza fra i tipi portanti del periodo e le varianti sincroniche derivate da trasformazione delle altre tipologie.

Nei casi derivati dalle schiere, la scala è costantemente a doppia rampa su un lato. In altri casi, più assimilabili alla tipologia palaziale, la scala può essere posta in fondo al perimetro della casa, sulla fronte affacciata sulla corte e, in questi casi, si accompagna alla presenza di un portico a piano terra e di un loggiato al primo livello.

**Il palazzo** è la tipologia utilizzata per la residenza dei nobili e dei borghesi facoltosi. Si tratta di case a corte che hanno un impianto originario definito intorno al Quattrocento e che vedrà per tutto il Settecento a Faenza numerosi nuovi esempi. Si presenta in genere a due o -più spesso -tre livelli, con interpiani maggiori rispetto alle schiere. Nel palazzo il pianoterra ospita in prevalenza vani di servizio, al piano superiore, o nobile, si concentrano le stanze d'abitazione, affacciate sia verso strada che verso il cortile e tutte comunicanti fra loro. Qui troviamo soffitti con grosse travi squadrate e dipinte, e finestre ad arco gotico o a tutto sesto (oggi in parte tompagnate), incorniciate talvolta da fregi in terracotta. Sopra vi sono grandi soffitte, illuminate da piccole finestre.



**Fig.10:** Esempi di prospetti su corte interna di palazzi con sistema di loggiato o portico-loggia sovrapposti .

Le aperture sono sempre allineate, con l'ingresso principale collocato al centro del prospetto, per permettere l'accesso

alla corte attraverso un androne voltato con volte a crociera o a lunette, dotate di peducci d'arenaria scolpita. In altri casi può anche essere coperto con un solaio di legno. In alcuni casi il basamento del palazzo può essere a scarpa e contenere le aperture rettangolari alla quota della strada che danno luce ai seminterrati. **Nel caso del palazzo gli spazi dei seminterrati voltati sono sempre presenti.**

L'atrio d'ingresso conduce sotto ad un portico con colonne in pietra ed arcate (in alcuni casi ornate con fregi in terracotta di stile gotico fiorito). Al primo e al secondo piano talvolta si può trovare una loggia sovrapposta. Lo spazio loggiato è quasi sempre coperto con volte a crociera, raramente con solaio in legno ad una falda inclinata verso la corte. Sono spesso presenti delle catene su tutto il perimetro del loggiato.

### ***Caratteristiche diffuse influenti sulla vulnerabilità a livello dei tipi edilizi***

Le trasformazioni dei tipi edilizi di base, eseguite per accrescimenti successivi, possono aver introdotto delle precarietà che dipendono in generale dalle modalità costruttive con cui si è attuato l'accostamento tra i corpi di fabbrica, preesistente e aggiunto. Di solito questi collegamenti risultano dotati di **morse parziali in laterizio** che sembrano essere la norma per il centro faentino. Tuttavia, quando tali dispositivi non sono presenti, il mancato ammorsamento costituisce una forma lieve di vulnerabilità.

Si possono registrare alcune caratteristiche costruttive diffuse, sull'intero centro storico, individuabili in genere su tutte le tipologie presenti:

- frequente presenza di evidenti disallineamenti degli orizzontamenti, individuabili dall'esterno con l'osservazione della posizione reciproca delle aperture sul prospetto;
- alta percentuale di presenza di interrati; si tratta di spazi di pertinenza dell'edificio che si trovano ad una quota più bassa rispetto a quella stradale e che sono in comunicazione con l'esterno attraverso delle aperture (finestre basse e bocche di lupo a filo con la quota stradale); tali interrati sono caratterizzati da ambienti voltati a botte o a crociera in mattoni senza costoloni;
- sotto gli intonaci che ricoprono la maggior parte degli edifici sono presenti antiche aperture tamponate riferibili a precedenti assetti dei fronti; archi, monofore o bifore con aperture archiacute risultano a questo stadio di analisi di difficile individuazione;
- in alcune occasioni, sia nelle case a schiera che nelle case a corte, può riscontrarsi un ridotto spessore della ricucitura muraria al di sopra delle aperture dell'ultimo livello, ciò che rende meno connessa la cellula muraria in corrispondenza della cimasa;
- i sottopassi, il più delle volte, hanno soprastanti volumi chiusi che possono essere anche a più livelli; la struttura muraria che li costituisce può essere concatenata o indipendente rispetto alla struttura a cui si affiancano.

Tali caratteristiche diffusamente osservate non costituiscono di per se una forma di vulnerabilità ma la loro presenza deve essere tenuta attentamente in conto nel momento della progettazione ed attuazione di interventi di manutenzione straordinaria al fine di evitare di amplificare eventuali limitate debolezze già presenti e arrecare una modifica negativa all'equilibrio statico dell'edificio.



**Fig.11:** Esempi di caratteristiche costruttive ricorrenti: morse murarie d'attesa della sopraelevazione contigua.; disallineamento dei solai di edifici affiancati ; ridotto spessore murario della cimasa muraria.

### ***La questione delle ricostruzioni post belliche nel centro storico***

Nell'ambito della trasformazione dei tipi edilizi di base, chi oggi si confronta con l'analisi del centro storico non può prescindere dalla vasta campagna ricostruttiva post-bellica da cui l'edificato è stato diffusamente interessato.

I bombardamenti alleati della seconda guerra mondiale e le successive operazioni di distruzione da parte delle truppe tedesche in ritirata hanno segnato pesantemente il centro storico faentino e le immagini fotografiche di quegli anni conservate presso la Fototeca Manfrediana mostrano un tessuto edilizio ampiamente stravolto in molte parti della città.

Le aree più colpite sono la zona della Stazione, il Cavalcavia e lo Stradone, il Borgotto, l'area di S. Ippolito, le zone terminali di Corso Saffi e le relative adiacenze, il tratto centrale di corso Mazzini; Porta Imolese, Porta Pia e Porta Montanara e la Torre dell'Orologio vengono minate e fatte saltare dai tedeschi in ritirata. La mappa dei danni conferma l'intenzione di colpire i centri nevralgici della rete di comunicazione e le sedi operative principali, ma il succedersi dei bombardamenti infaucisce sempre più estesamente sul tessuto abitativo della città.

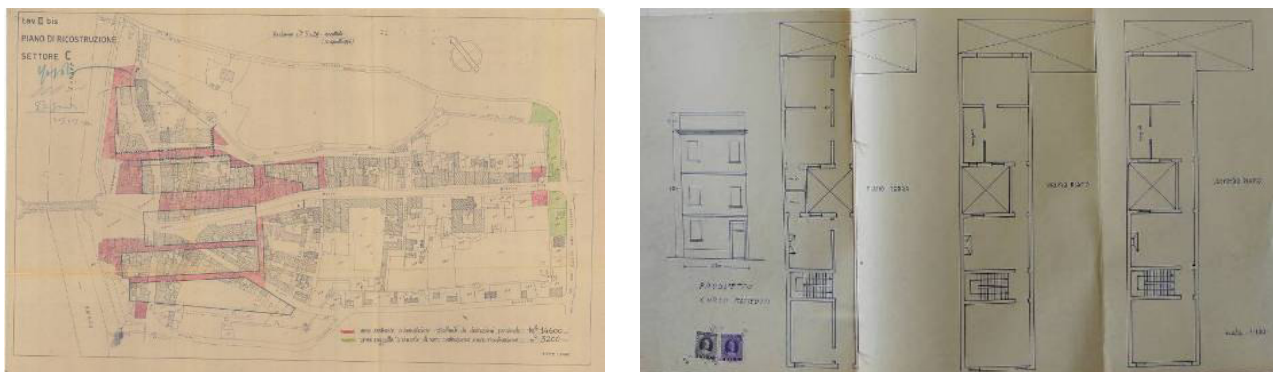
La questione della ricostruzione diviene centrale a Faenza, come nel resto della nazione.

Gli interventi realizzati nell'ambito della seconda proposta di piano approvata nel 1957, danno luogo ad complessivo ridisegno del Borgo e dell'area dell'antica Casa dell'Anconetano, in corrispondenza della distrutta Porta Ponte, con la costruzione di complessi di edilizia residenziale pubblica di grandi dimensioni, ancorché "linguisticamente" ambientati; analogo ridisegno urbano viene realizzato nell'area del Cavalcavia e della distrutta Porta Pia, così come si provvede alla ricostruzione della zona del S. Domenico e dell'area del Museo delle Ceramiche, con l'apertura di via Martiri ungheresi; la sistemazione di piazza 2 Giugno viene realizzata a seguito della demolizione dei palazzi Rossi e Bandini; gli edifici del complesso di S. Ippolito vengono ricostruiti, come la zona di edilizia residenziale di via Fadina e via Croce.

Facendo una schematizzazione di larga massima si può dire che nel caso in cui le sostituzioni edilizie abbiano comportato il ridisegno dell'assetto urbano, **le scelte ricostruttive si sono orientate verso cospicui aumenti volumetrici, concentrati in complessi edilizi condominiali**; nel caso in cui il piano ha imposto il mantenimento della maglia edilizia preesistente, invece, **la ricostruzione post-bellica è avvenuta attraverso il rispetto della distribuzione**



**particellare e dei sedimi originari**, anche in conseguenza dell'impianto normativo che ne ha regolato il processo.



**Fig.12:** Piano di Ricostruzione 1957, le pesanti modifiche del tessuto nel Rione bianco (sin) e progetti di ricostruzione che mantengono inalterati gli impianti tipologici e la lottizzazione originaria.

Una chiara esemplificazione può essere ricavata dalla lettura delle pratiche edilizie private gestite dal genio Civile e dagli Uffici tecnici comunali, in cui la presentazione di singole istanze non prevedeva sostanziali modifiche alle situazioni proprietarie al di là degli assestamenti dei tracciati imposti dal piano.

In ragione di questa impostazione, la ricostruzione dell'edilizia residenziale privata è stata prevalentemente realizzata mantenendo inalterati impianti, strutture e tecniche costruttive tradizionali (murature laterizie a due o tre teste per le strutture portanti, solai lignei o con orditura di putrelle e voltine di mattoni per gli orizzontamenti, riproposizione di strutture voltate in caso di loro distruzione, coperture in legno ), molto spesso con il vincolo del rispetto delle altezze di interpiano dei fabbricati limitrofi.

Più rari i casi di richiesta di modifiche planimetriche e volumetriche, mentre sul piano del linguaggio architettonico prevale una generale riproposizione delle partiture e degli impaginati, con l'episodica introduzione di pochi elementi formali di innovazione (reimpaginazione delle fronti e delle aperture in modo simmetrico con linguaggio contemporaneo semplificato, inserimento di aggetti e di marcapiani), mentre la sostituzione edilizia con strutture intelaiate è da imputarsi in larga prevalenza alle successive fasi degli anni Sessanta e Settanta.

È evidente che la ricostruzione totale o parziale (in quest'ultimo caso con riutilizzo di porzioni murarie preesistenti residue dai crolli), con tecnica muraria per le pareti verticali e con strutture compatibili per funzionamento meccanico per gli orizzontamenti (travi metalliche o prefabbricate al posto di quelle lignee) consente di riproporre, a livello di aggregato, la compattezza tipica dei tessuti murari storici e la loro intrinseca efficacia antisismica.

Viceversa, la sostituzione edilizia (con eliminazione degli eventuali residui murari e l'impianto di una nuova costruzione tra edifici esistenti) con tipologie intelaiate in cemento armato, può introdurre più o meno marcate discontinuità strutturali con la conseguente comparsa di anomale modalità di interazione tra edifici contigui che, anche se non necessariamente dannose, sono comunque di fatto imprevedibili.

### ***Gli elementi costruttivi***

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

A valle dell'analisi dei tipi edilizi e delle peculiari forme di vulnerabilità e resistenza ad essi associate occorre dunque prendere in esame la tecnica costruttiva locale con l'obiettivo di estrarre le forme ricorrenti di debolezza o di forza ad essa connaturate o derivanti da alterazioni successivamente apportate.

Il rilievo speditivo eseguito ha raccolto una serie di informazioni sulla tecnica costruttiva del centro storico di Faenza che, seppur preliminari, permettono di condurre alcune considerazioni sulla qualità del modo di costruire locale.

Le **tessiture murarie** sono state analizzate limitatamente ai paramenti esterni privi di intonaco di finitura. Si riportano di seguito i risultati ottenuti premettendo comunque che, al fine di una distinzione in classi di qualità muraria (riferibili al comportamento meccanico), l'analisi deve essere estesa anche allo studio delle sezioni che in questo contesto di analisi speditiva non è stato realizzato.

Sono stati selezionati 36 paramenti su porzioni di muratura a vista posti ad una altezza massima, rispetto alla quota della strada, di circa due metri. I prospetti degli edifici, a cui appartengono i campioni, sono stati fotografati e localizzati sulla carta del centro storico. Detti campioni sono stati rilevati e confrontati allo scopo di individuare le tessiture ricorrenti e confrontarne geometria e tipologia.



**Fig.13:** Localizzazione dei campioni murari analizzati.

Gli elementi laterizi hanno dimensioni ricorrenti di 28/30 x 14 x 5/6 cm, con giunti di malta di circa 1/1,5 cm.

I campioni esaminati si possono raggruppare per caratteristiche comuni come di seguito proposto:

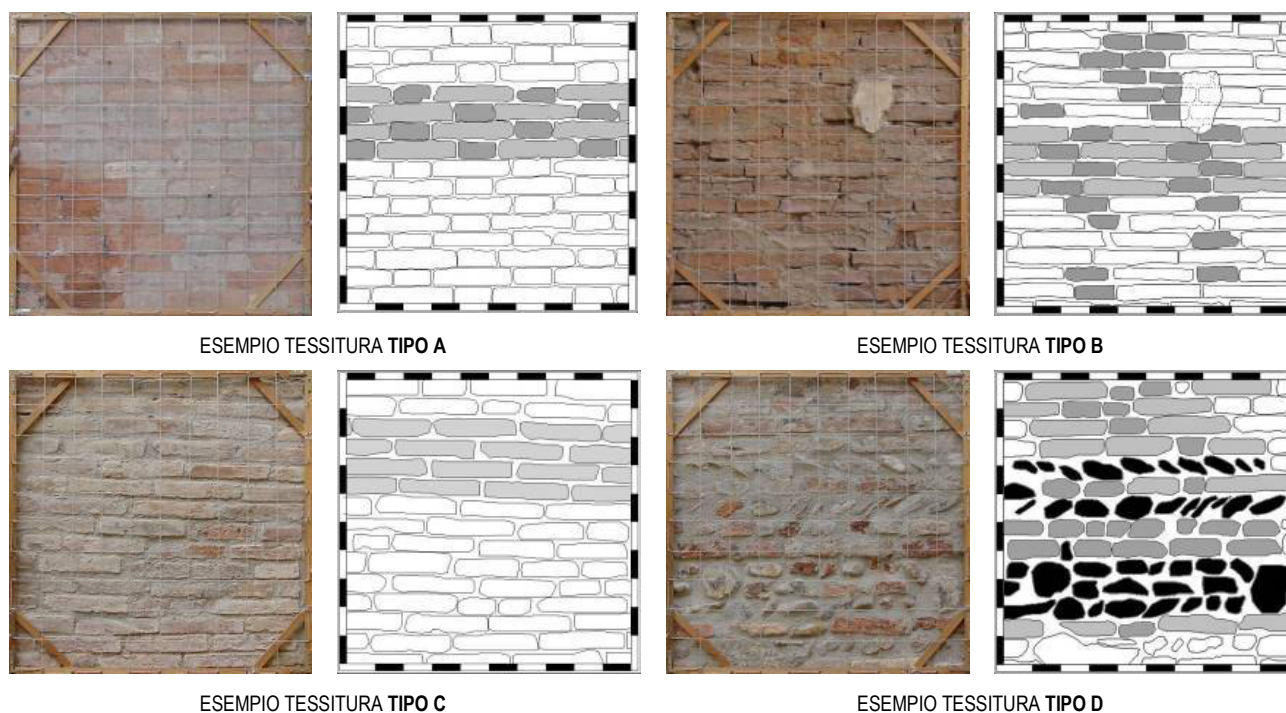
*A. Tessitura muraria regolare in cui si alternano sempre un mattone di testa e un mattone di fascia. Lo schema si*

ripete su tutti i filari con uno sfalsamento di circa un terzo rispetto alla lunghezza del mattone.

B. *Tessitura muraria regolare in cui si alternano due o tre mattoni di fascia e uno o due testa.* I conci di testa seguono uno pseudo allineamento in verticale. Lo schema si ripete su tutti i filari con uno sfalsamento che si può approssimare a circa un terzo rispetto alla lunghezza del mattone di fascia.

C. *Tessitura muraria regolare formata tutta da mattoni di fascia, con limitate eccezioni.* Questo tipo di tessitura regolare ed omogenea può anche essere rintracciata nei casi in cui la tecnica è utilizzata per porzioni di muratura che sono state interessate da un intervento di restauro. Questo tipo di muratura costituisce allora una rifoderatura del paramento esterno che degradandosi va sostituito.

D. *Tessitura muraria con alternanza irregolare di filari di mattoni e di filari di pietre di varie dimensioni.* Non è riconoscibile uno schema regolare dal momento che queste tessiture sembrano riferibili a rimaneggiamenti più o meno consistenti delle pareti originarie. Sono frequenti le tessiture con alternanza di filari di mattoni e filari di ciottoli schiacciati, posti in obliquo.



**Fig.14:** Tipologie di tessiture derivanti dall'analisi dei paramenti faccia vista.

Gli spessori murari sono così distribuiti: Muri a 2 teste – spessore medio cm 32 (Livello 2°-3°) Muri a 3 teste – spessore medio cm 46 (Livello 1°-2°) Muri a 4 teste – spessore medio cm 62 (Livello interrato)

In relazione agli spessori rilevati e alle tessiture apparenti sui paramenti si può ragionevolmente ipotizzare che i muri a 2 e 3 teste abbiano sezione trasversale compatta dal momento che gli elementi laterizi utilizzati hanno dimensioni compatibili con un apparecchio "pieno". La stessa ipotesi non è altrettanto scontata per i muri a 4 teste che potrebbero anche essere caratterizzati dalla presenza di un nucleo interno di minore compattezza tra due fodere paramentali in laterizio. Anche per questi muri **tuttavia è difficile pensare a una realizzazione in cui i due paramenti esterni siano**

**del tutto scollegati** dal nucleo interno, in virtù ancora una volta delle dimensioni degli elementi utilizzati. Ne consegue che, in questa fase, sia pure con le cautele derivanti dall'aver limitato l'analisi ai soli paramenti esterni, **gli apparecchi murari sembrano di buona qualità meccanica in tema sia di orizzontalità dei filari sia di ingranamento nello spessore**. Situazioni di minore qualità si possono localmente riscontrare in presenza di consistenti reimpaginazioni delle tessiture originarie – per chiusura di vani, restauri, etc. – in corrispondenza delle quali gli apparecchi sono evidentemente più scadenti.

**Gli orizzontamenti** lignei sono tutti a doppia orditura, con interasse dell'orditura secondaria dipendente dal manto sovrapposto (tavolato ligneo o pianellato in cotto). Non sono rari i casi in cui le travi lignee delle coperture sono usate come tiranti attraverso l'uso di ferramenta metallica inchiodata alle travi stesse e ancorata alle pareti esterne. Questa modalità costruttiva è stata sistematicamente osservata nelle travi di copertura poggianti sui timpani sommitali.

Gli orizzontamenti voltati sono realizzati, come le pareti di elevazione, in laterizio. L'apparecchio è a filari paralleli alle generatrici, sia nelle volte a botte che in quelle a crociera, con mattoni disposti di coltello. Per volte di luce ridotta, tipicamente nei sottopassi o agli intradossi delle rampe di scale, sono stati rilevati anche apparecchi in foglio con tessitura incrociata. La presenza di orizzontamenti voltati è limitata ai piani seminterrati e ai piani terreni. Quando impostino su pareti non efficacemente contraffortate da strutture contigue, come nel caso dei portici, sono in generale dotate di catene metalliche.

Sia gli orizzontamenti lignei che quelli voltati sono stati spesso oggetto di **sostituzione con orizzontamenti di diversa tecnologia**: cemento armato o, più spesso, ferro. In alcuni androni la copertura lignea o voltata è stata sostituita con solai in cemento armato. E pure in cemento armato sono le sopraelevazioni sui sottopassi che rappresentano una delle trasformazioni più frequenti.

**I presidi premoderni** - generalmente utilizzati in maniera diffusa nelle aree a ricorrenza sismica attestata storicamente e usati per migliorare le capacità della fabbrica muraria storica di opporsi alle azioni orizzontali indotte dai terremoti – sono presenti anche nel centro storico di Faenza.

Dalle osservazioni speditive sono stati rilevati con una certa ricorrenza capochiave metallici di varia forma e datazione sulle facciate degli edifici. Gli incatenamenti alla quota dei solai intermedi sono ampiamente diffusi e si trovano quasi esclusivamente tra il primo e il secondo livello e solo sporadicamente alla quota di interpiano superiore (tra il secondo e il terzo livello). Sono stati notati capochiave di maggiori dimensioni negli edifici di maggior pregio e di maggiore mole dimensionale (come le case a corte e i palazzi). Molto diffuse sono le legature tra l'orditura lignea delle coperture e le cimase murarie; queste legature sono realizzate con elementi metallici (barre piatte) che piegate a 90 gradi vincolano la parete alla soprastante orditura lignea e svolgono ruolo di trattenimento delle alte pareti di timpano. Infine si rilevano molto spesso muri a scarpa, contrafforti e, più raramente, archi di sbatacchio.



**Fig. 15:** Esempi di incatenamenti sistematici alla quote di interpiano e di legature metalliche delle orditure dei tetti alla cimasa muraria.

Passaggio obbligato per la valutazione della vulnerabilità, una volta riconosciuta la "norma" costruttiva locale, è l'individuazione delle alterazioni della norma stessa dovute al degrado legato all'abbandono (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) ovvero alle trasformazioni/alterazioni attuate per adeguare il costruito alle esigenze abitative moderne. Sono quelle che abbiamo denominato vulnerabilità estrinseche o "di trasformazione".

Tra le **alterazioni della "norma" costruttiva attuate** per adeguare il costruito alle esigenze abitative moderne se ne descrivono alcune ricorrenti e osservate anche nel centro storico di Faenza:

**-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. E' 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.

**-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).

**-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.

-**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.

-**inserimento di impiantistica in zone vulnerabili della compagine muraria** e con tecniche di realizzazione che possono arrecare danno alle strutture esistenti. E' 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.

### ***I dissesti ricorrenti in centro storico***

Durante la fase di sopralluogo, particolare attenzione è stata dedicata all'osservazione delle forme di dissesto ricorrenti identificabili dall'esame dei fronti esterni dei fabbricati; si tratta dunque di informazioni di natura preliminare che non tengono conto, se non sporadicamente, dell'influenza dell'assetto strutturale complessivo degli edifici. Ciò conferisce all'interpretazione dei quadri fessurativi rilevati un carattere fortemente congetturale e induce a ritenere l'interpretazione stessa come una prima traccia di ragionamento, che necessita di essere confermata attraverso un esame più approfondito dei singoli casi che potrà essere condotto dai singoli tecnici.

L'analisi condotta ha preso in considerazione un rilevante numero di campioni alcuni dei quali posti in prossimità dei canali urbani oggi non più visibili perché interrati.



**Fig.16:** Localizzazione dei casi di dissesti esaminati e indicazione del percorso dei canali urbani oggi interrati.

I dissesti rilevati sembrano potersi quasi esclusivamente riferire a due categorie principali, le cui cause possono presentarsi in modi più o meno articolati e, a volte, interagenti: (i) **dissesti da cedimenti di fondazione** e (ii) **dissesti da alterazioni dell'assetto strutturale originario**.

Sono di fatto assenti i dissesti di origine sismica, fatta eccezione per pochi casi sporadici, per i quali, oltre tutto, si possono invocare anche cause diverse.

Di seguito si propone un elenco commentato di alcuni casi di dissesto riferibili alle due categorie, facendo seguire, a una breve elencazione dei fattori che possono condizionare ciascuna di esse, le particolari forme di dissesto ad essi associate. I casi esaminati sono localizzati nella planimetria seguente.

### ***Dissesti da cedimenti di fondazione***

I cedimenti di fondazione sono determinati da due fattori essenziali che, molto spesso, si presentano congiuntamente: la natura del terreno di fondazione e la configurazione dei piani basamentali degli edifici.

Il terreno interviene attraverso le caratteristiche meccaniche dello strato interessato dalle strutture di fondazione (profilo stratigrafico), le caratteristiche e lo stato di conservazione del sistema delle canalizzazioni sotterranee (fognature e adduzioni acqua), la presenza e il tracciato della rete di canali interrati: terreni di caratteristiche meccaniche scadenti, anche solo localmente, o alterati dalla circolazione di acqua per perdita dalle canalizzazioni sotterranee, o ancora fortemente disomogenei possono reagire alle azioni trasmesse dalle strutture sovrastanti in maniera anche molto diversa con conseguenti movimenti differenziali.

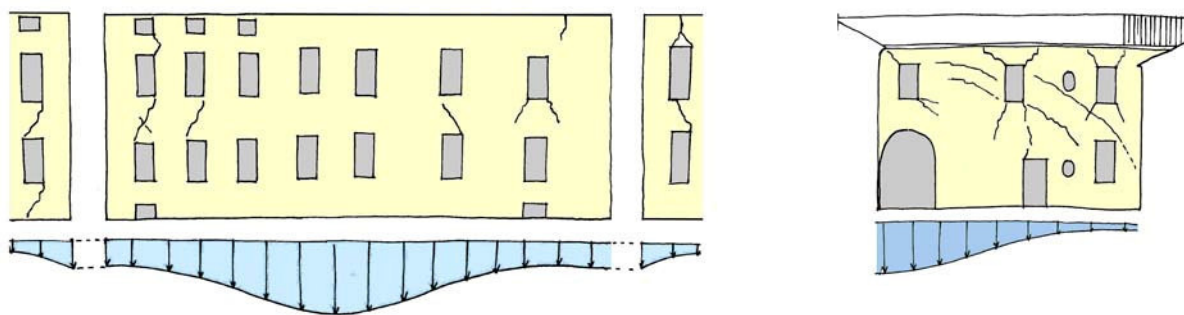
La configurazione del sistema basamentale dell'edificio interviene attraverso le modalità di trasmissione dei carichi al suolo: in caso di condizioni di appoggio singolari o comunque non uniformi al piede di uno stesso edificio, come pure tra edifici contigui, le pressioni di contatto trasmesse al terreno possono esibire concentrazioni o variazioni tali da determinare movimenti differenziali delle strutture di fondazione.

I cedimenti osservati nel centro storico di Faenza si possono ricondurre alle consuete tipologie note in letteratura come: **cedimento intermedio**, **cedimento terminale**, **traslazione orizzontale**, con l'aggiunta di una forma peculiare che potremmo definire di **cedimento diffuso**.

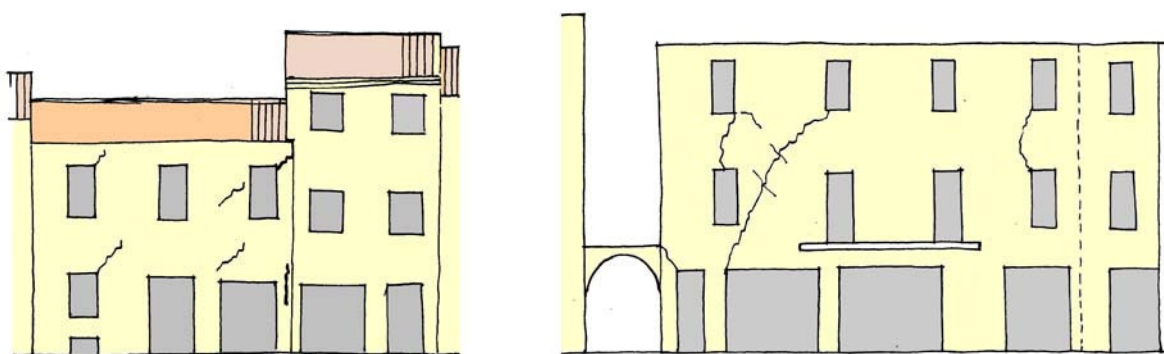
In generale non è stato possibile riconoscere univocamente la causa del cedimento, se non in pochi casi per i quali è stato possibile ipotizzare la presenza di alcuni dei fattori sopra richiamati. In ogni caso, così come esplicitamente rilevato in alcuni casi significativi, è molto probabile che i numerosi cedimenti differenziali rilevati nel centro siano spesso ascrivibili alla presenza di frequenti disomogeneità del sottosuolo in corrispondenza dei **canali interrati**.

In generale i **dissesti da cedimento fondale** si manifestano con la comparsa nelle pareti coinvolte di **lesioni diagonali inclinate** (solitamente con andamento curvilineo), più raramente di lesioni verticali nelle porzioni sommitali.

Nel centro storico di Faenza, rispetto agli andamenti fessurativi classici associati alle diverse tipologie di cedimento, i dissesti osservati evidenziano, in alcuni casi, singolarità legate sia alla configurazione delle strutture di elevazione sia alle modalità dei cedimenti stessi.



**Fig.17:** Esempi di quadri fessurativi dovuti a cedimenti fondali osservati nel centro storico e attribuibili all'andamento del cedimento del terreno e alla configurazione basamentale degli edifici.



**Fig.18:** Esempi di quadri fessurativi osservati nel centro storico e attribuibili a alterazioni realizzate negli edifici.

### ***Dissesti da alterazioni della fabbrica originaria***

Le alterazioni dell'assetto strutturale originario, che influiscono sui quadri fessurativi osservabili sulle facciate degli edifici, possono essere di diverso tipo; ad esempio le **alterazioni della maglia muraria cellulare** originaria, derivanti nella maggioranza dei casi da sottrazioni di pareti murarie, ma possibili anche a seguito di aggiunta di pareti, soprattutto se riguardanti i livelli più bassi dei fabbricati, oppure **all'incremento dei carichi dovuto ad aggiunta di piani di sopraelevazione** o variazioni nella consistenza (o tessitura) degli orizzontamenti.

In un esame limitato ai soli fronti esterni, come quello condotto sul centro storico di Faenza, le alterazioni rilevate sono essenzialmente riconducibili alla **modifica delle aperture** in facciata (soprattutto quelle dei piani terreni) e alle **sopraelevazioni**.

Con riferimento all'allargamento delle aperture dei piani terra si rileva come i quadri fessurativi siano sostanzialmente confrontabili con quelli derivanti da cedimenti intermedi o terminali di fondazione, con il classico andamento ad arco e le stesse particolarità legate alla disposizione delle aperture superiori, alla presenza di pareti ortogonali, etc. Questo in ragione del fatto che dette aperture possono sia determinare concentrazioni di carico a livello del terreno con effettivo, conseguente, cedimento fondale sia abbassamenti differenziali delle porzioni murarie sovrastanti le nuove aperture senza coinvolgimento diretto del terreno ma con fenomenologie di dissesto comunque confrontabili.



Non sono stati invece osservati dissesti derivanti dall'aumento di carichi per aggiunta di piani sopraelevati, anche se tale tipologia di dissesto non può essere esclusa dal solo esame speditivo condotto.

### **La carta delle vulnerabilità e resistenze**

A valle della disamina condotta a tappeto sul centro storico, è stata operata una selezione delle vulnerabilità individuate rappresentativa - per diffusione e caratteristiche peculiari - per una valutazione generale di livello speditivo quale quella operata sul tessuto storico faentino.

I fattori di vulnerabilità prescelti per essere cartografati sono riferiti alle caratteristiche proprie dell'edificio (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 antropiche, delle quali la più diffusa è l'allargamento delle aperture al piano terreno (sottrazione di sezione resistente).

Affianco alle vulnerabilità, sono stati localizzati i **punti di forza o presidi** - posti in opera spesso durante la costruzione delle fabbriche o come interventi di riparazione: muri a scarpa, contrafforti, incatenamenti a livello di solai intermedi o della copertura sono i presidi più influenti nella valutazione in esame - presenti negli edifici storici.

La scala di rappresentazione della carta impedisce la localizzazione puntuale dei singoli fattori di vulnerabilità e dei punti di forza individuati, ma piuttosto suggerisce una riproduzione sintetica degli stessi, che ne possa testimoniare la presenza negli aggregati edilizi e allo stesso tempo la loro distribuzione nell'ambito dell'intero centro storico.

Alcuni dei fenomeni osservati, infatti, sono più rilevanti in zone specifiche del tessuto urbano piuttosto che in altre, e ciò principalmente in ragione delle caratteristiche che distinguono le diverse aree del nucleo antico di Faenza. Ad esempio, si riscontra una particolare concentrazione degli allargamenti delle aperture al piano terra in corrispondenza delle strade a maggiore vocazione commerciale, a causa della realizzazione delle ampie vetrine dei negozi, ma anche in alcune zone quasi esclusivamente residenziali per la formazione di autorimesse. Inoltre, è tipico il fenomeno dei volumi svettanti, assai concentrati dove le proprietà immobiliari sono maggiormente frammentate e cioè dove è sopravvissuto il tessuto antico delle case a schiera.

Il rilevamento delle vulnerabilità e delle resistenze è stato condotto seguendo specifici criteri per ogni singolo fenomeno, tali da consentire un campionamento quanto più omogeneo sull'ampio tessuto urbano indagato. Di seguito sono specificati i criteri adottati.

Per quanto riguarda i **forme 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 strutture 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;

- 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 bucatura raggiunge al massimo lo spessore doppio di un'architrave lignea 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.

I dispositivi strutturali che rappresentano le **forme di resistenza** 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:

- **incatenamenti sui solai intermedi;**
- **incatenamenti sulle orditure di copertura;**
- **muri a scarpa e contrafforti.**

 PRESENZA DI CORPI SVETTANTI



 ALLARGAMENTO DELLE APERTURE AL PIANO TERRENO



**Fig.19:** Esempificazione fotografica degli elementi localizzati nella mappa delle vulnerabilità e resistenze: corpi svettanti e allargamento delle aperture ai piani terreni.

 DISALLINEAMENTO DEGLI ORIZZONTAMENTI



 DISALLINEAMENTO DELLE APERTURE IN FACCIATA



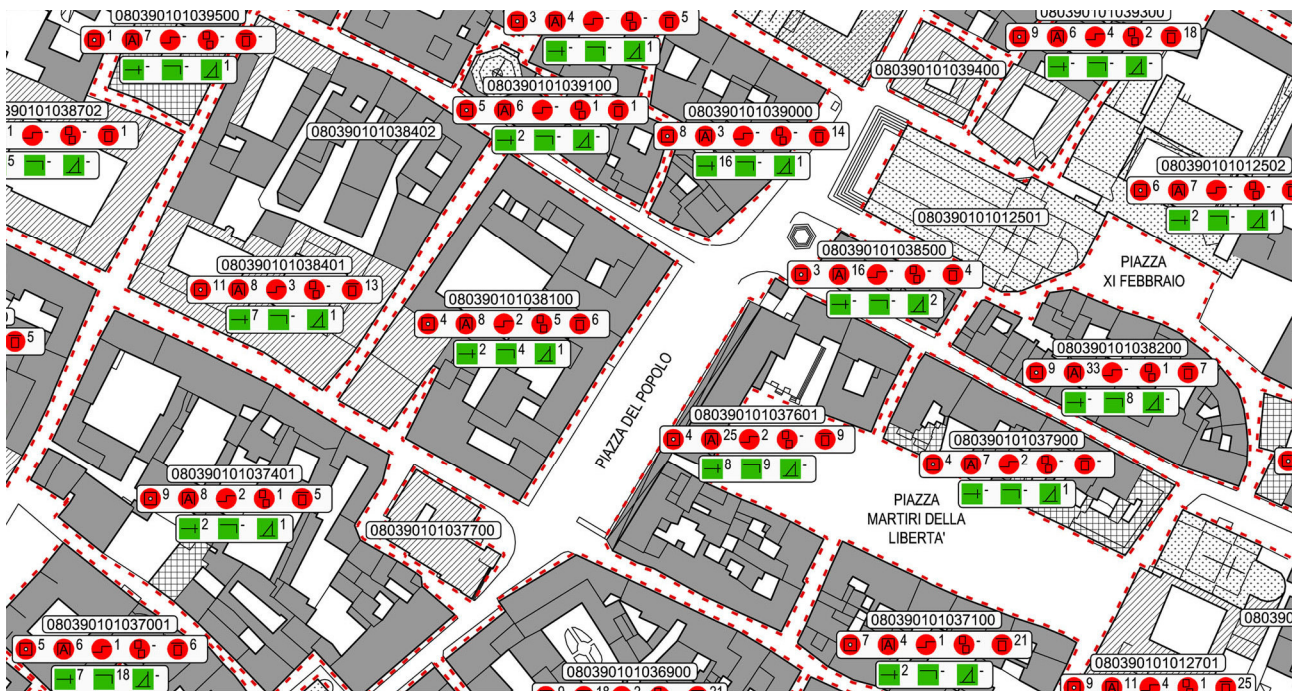
 RIDOTTO SPESSORE DELL'ARCHITRAVE IN CORRISPONDENZA DELLA CIMASA MURARIA



**Fig.20:** Esempificazione fotografica degli elementi localizzati nella mappa delle vulnerabilità e resistenze: disallineamento delle quote di orizzontamento, disallineamento verticale delle aperture, cimasa di spessore ridotto.



**Fig.21:** Esempificazione fotografica degli elementi localizzati nella mappa delle vulnerabilità e resistenze: disallineamento delle quote di orizzontamento, disallineamento verticale delle aperture, chiusura della cimasa di spessore ridotto.



**Fig.22:** Stralcio della carta delle vulnerabilità e resistenze elaborata per il centro storico di Faenza.

La rappresentazione sulla mappa 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. I dati numerici associati a vulnerabilità e punti di forza, letti insieme alle caratteristiche dimensionali e tipologiche dell'aggregato, forniscono il grado di incidenza dei singoli fenomeni sull'aggregato. Infatti, il numero di ricorrenze di ogni fenomeno è significativo in relazione alle dimensioni dell'aggregato (l'intensità del fenomeno è inversamente proporzionale alle dimensioni dell'aggregato), ma anche in virtù dei tipi edilizi presenti nell'aggregato, per esempio in relazione alle presenze di volumi svettanti di cui si è detto.

## 5.2 Analisi dell'aggregato campione

Sulla base dell'analisi speditiva sui 121 aggregati identificati nel centro storico è stata di seguito elaborata una selezione finalizzata alla scelta di un isolato su cui condurre l'approfondimento conoscitivo.

Una prima selezione ha individuato un numero ridotto di isolati (7 in tutto) che per caratteristiche di impianto, tipologie edilizie e processi evolutivi, potevano ritenersi rappresentativi delle diverse situazioni riscontrate nella fase di ricognizione preliminare.

In particolare due tra questi presentavano caratteristiche capaci di riassumere in maniera sufficientemente estesa le situazioni e le problematiche ricorrenti nel centro storico.

Tra questi due è stato di seguito scelto quello su cui condurre lo studio di dettaglio che nel seguito viene sinteticamente presentato e che più dettagliatamente è esposto nell'allegato A.1.3 "Relazione descrittiva sullo studio di vulnerabilità del centro storico".

### ***Descrizione dell'aggregato campione***

L'aggregato appartiene al rione giallo, e si trova in prossimità delle due più grandi piazze monumentali. È collocato a metà tra la fascia degli aggregati al confine del perimetro del rione giallo e quelli che ne costituiscono la parte centrale, in cui sono concentrati soprattutto palazzi e case palazzate.

Sulla via Zuffe e sulla via Evangelista Torricelli, prospettano tre palazzi e quattro case palazzate con corte interna. Si tratta di strade in cui queste tipologie abitative prevalgono rispetto alla tipologia della schiera, escludendo una casa a schiera ad una sola apertura e quattro livelli di cui si ha un altro esempio su via San Giovanni del Bosco. Difatti edifici dello stesso tipo (palazzi e case palazzate) si ritrovano negli aggregati che prospettano sulle stesse vie.

I palazzi presenti nell'aggregato sono due e si tratta di edifici con corte interna loggiata. Quello all'angolo tra via Zuffe e via Torricelli è frutto di un articolato processo evolutivo per rifusione da schiere preesistenti, come risulta dalla differenza nelle altezze delle linee di gronda, dalla mancanza di allineamento delle quote delle aperture sul prospetto e dal leggero disallineamento del prospetto su via Zuffe, dai segni di vecchie aperture ad arco acuto tamponate o demolite per la creazione di un nuovo partito architettonico su strada. Nella corte, uno dei prospetti interni è stato fortemente rimaneggiato, con l'aggiunta di balconi con soletta in cemento armato e con la reimpaginazione delle aperture. All'interno sono ancora presenti orizzontamenti lignei a doppia orditura, la tipologia più diffusa nel centro storico.

Il palazzo su via Torricelli, in posizione centrale rispetto alle altre unità abitative, segue una direzione diversa da quella del prospetto dell'unità abitativa successiva, creando un angolo che ospita aperture a tutti i livelli e su entrambi i lati.

Il palazzo ad angolo tra via Evangelista Torricelli e via San Michele ha la sua corte in fondo e si sviluppa su tre livelli con finestre sui prospetti su strada. Il portale d'ingresso era originariamente sul lato corto e forse l'ingresso che si trova oggi sulla via San Michele è il frutto di una trasformazione degli spazi interni e di una finestra del primo livello. Un grande cornicione in mattoni aggettante, unico esempio in questo aggregato, corona l'edificio.

I palazzetti presenti hanno corte interna (collocata al centro o in fondo al lotto), con consistenza a tre livelli e facciata su strada organizzata in 3 aperture e portone d'ingresso decentrato.

Gran parte delle case a schiera si concentrano sulle strade tra via San Michele e via San Giovanni Bosco.

Gli edifici su via San Giovanni Bosco in prossimità di via Zuffe, sono con buona probabilità edifici fortemente trasformati o ricostruiti sull'impianto della schiera. Sulla via San Giovanni Bosco si trova una casa a schiera ad una sola apertura, a tre livelli dello stesso tipo di quella che si trova su via Evangelista Torricelli. È molto probabile che si tratti di "occlusioni" di piccole vie che attraversavano l'aggregato o di sottopassi inglobati da nuove strutture murarie che li hanno trasformati in unità abitative molto simili alle schiere, anche dotate di corte, ma con un passo che corrisponde al solo ingresso all'edificio.

Sulla stessa via sono presenti tre edifici che, per le geometrie riscontrate in pianta e in prospetto, potrebbero essere delle ricostruzioni o delle profonde trasformazioni.

Sono stati rilevati corpi svettanti, alcuni dei quali sono il risultato di sopraelevazione di palazzetti. È evidente, osservando il fenomeno degli svettamenti e in particolare l'accostamento tra gli angoli dei cornicioni, che in alcune occasioni anche le coperture sono state profondamente rimaneggiate.

La presenza di ridotti spessori dell'architrave in corrispondenza della cimasa muraria si registra principalmente su un palazzo e una casa a schiera. In particolare è presente in corrispondenza delle piccole aperture all'ultimo livello del palazzo tra via Evangelista Torricelli e via Zuffe (aperture utili per ricavare volumi nel sottotetto) e in una casa a schiera.

L'ampliamento delle aperture è il frutto delle trasformazioni dei piani terra per essere utilizzate, in questo aggregato, principalmente come ingresso ai garage tra via San Giovanni Battista e via San Michele e per attività commerciali tra via Evangelista Torricelli e via Zuffe.

Alcuni incatenamenti sono stati osservati nell'angolo del palazzo tra la via Evangelista Torricelli e la via Zuffe.



**Fig.1:** Foto aerea e pianta catastale dell'aggregato

### ***Rilievo critico dell'aggregato campione***

Il *rilievo critico*, utilizzato lo studio dell'aggregato campione, aggiunge all'usuale strumento di tipo geometrico l'identificazione e localizzazione dei fattori che possono influenzare il comportamento meccanico della costruzione, dalla natura dei materiali, alle modalità costruttive locali, dai segni delle mutazioni storiche alle trasformazioni e alterazioni recenti. Tramite questo strumento si può identificare la regola costruttiva e di seguito le precarietà e le alterazioni eventualmente presenti.

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

La realizzazione del rilievo critico permette di:

**a) mettere in evidenza le valenze e i valori riconosciuti al fine di garantirne la conservazione anche in previsione di futuri terremoti individuando:**

- le valenze storico - paesaggistiche e i valori architettonico tipologici;
- i valori tecnologici, tecnico - costruttivi e materici;

**b) mettere in evidenza le irregolarità plano-altimetriche del sistema edilizio al fine di evidenziare eventuali punti di debolezza individuando:**

- le irregolarità dovute alle caratteristiche morfologiche del sito (sfalsamento della quota di imposta delle fondazioni, strutture di sostegno di terrazzamenti);
- la presenza di elementi di irregolarità morfologiche sia orizzontali sia verticali nel sistema edilizio continuo (adiacenza di scatole murarie di dimensioni molto diverse/presenza di edifici specialistici);
- l'integrazione nelle scatole murarie di strutture preesistenti aventi caratteristiche molto diverse dalle altre parti che compongono la medesima scatola muraria (strutture murarie di edilizia di base preesistente, mura castellane o urbane, muri di sostegno del terreno);

**c) mettere in evidenza la qualità degli elementi costruttivi al fine di segnalare problemi tecnologici e tecnico-costruttivi che ne compromettono l'efficacia individuando:**

- La qualità dei materiali e della regola compositiva delle murature con particolare riferimento all'alternanza fra diatoni (elementi posti di punta) e ortostati (elementi posti di fascia), alla correttezza della fattura delle piattabande, alla qualità della muratura di cimasa, alla qualità dei cantonali, alla presenza di incatenamenti o altri accorgimenti, previsti nella fase di originaria edificazione e nelle fasi successive; alla risarcitura di antiche lesioni, ecc.;
- la correttezza della posa delle travi dei solai sul muro e delle travi di copertura sulla muratura di cimasa e la correttezza della tipologia, della disposizione e dei collegamenti reciproci fra le varie travi della copertura;

- lo stato di conservazione degli elementi strutturali e le cause dell'eventuale degrado;

**d) mettere in evidenza le connessioni tra singoli elementi costruttivi al fine di verificare l'effettiva «chiusura» delle scatole murarie e le scatole murarie con carenze di connessione anche nascoste individuando:**

- le fasi di edificazione e di trasformazione delle strutture murarie che hanno determinato lo stato di fatto in particolare, hanno determinato mancanza di ammorsature nei nodi (le fasi di edificazione e trasformazione possono efficacemente essere descritte con schemi grafici);
- la presenza di discontinuità nella struttura muraria. (canne fumarie, impianti in traccia, aperture in breccia);
- la congruenza strutturale della posizione delle aperture (prossimità ai cantonali, larghezza o altezza eccessiva dei vani, mancanza di allineamento, interassi ridotti), considerando anche eventuali aperture tamponate, senza ammorsamenti;
- l'eliminazione di elementi costruttivi con conseguente indebolimento della cellula muraria (per esempio: un muro longitudinale di divisione tra due cellule chiuse o un orizzontamento di divisione tra due cellule sovrapposte);
- l'inserimento di elementi 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:**

- i 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;
- i vincoli verticali (qualità delle connessioni tra le pareti ortogonali: semplice ammorsamento, assenza di ammorsamento) e i vincoli orizzontali (appoggio dei solai, 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:**

- le caratteristiche del contatto tra edifici con struttura portante diversa (edifici in muratura ed edifici con struttura portante intelaiata) e l'eventuale presenza del giunto di separazione;
- la 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, o comunque alterazioni di equilibri d'insieme, come possibili fattori di vulnerabilità;

**g) leggere il quadro dei dissesti al fine di comprendere il comportamento meccanico individuando:**

- la congruenza geometrica di: lesioni, distacchi, dislocazioni, fuori piombo, disallineamenti, perdite di sesto;
- una o più ipotesi sui meccanismi di danno sismico avvenuti e sulla loro successione temporale;
- le lesioni a carattere «patologico» quali quelle innescate dal sisma o da altri meccanismi individuati (precedenti sismi, cedimenti di fondazione, eliminazione o inefficacia di vincoli); le lesioni a carattere «fisiologico» quali

assestamenti dovuti alla fase di costruzione o di trasformazione, o a cicli termo-igrometrici.

### ***Realizzazione del rilievo critico sull'aggregato campione***

Prima del sopralluoghi sistematici volti al rilievo, si è svolto un lavoro preparatorio di riesame delle conoscenze già acquisite sull'isolato selezionato durante il rilievo speditivo dell'intero centro storico.

È stata in tal modo definita una *legenda provvisoria* mediante la definizione di simboli grafici da associare alle informazioni da raccogliere in vista di una sua precisazione durante la successiva fase di rilievo diretto.

La planimetrie catastali in scala 1:200 – fornite dal comune - sono state utilizzate per predisporre le planimetrie di tutti i livelli dell'isolato. Ove mancanti le planimetrie catastali delle singole unità sono state integrate con le informazioni provenienti dalle pratiche edilizie reperite presso gli archivi del comune (composte da relazioni e disegni dello stato di fatto e di progetto che evidenziano le trasformazioni o le complete ricostruzioni di alcune delle particelle comprese nell'aggregato campione) e con quelle fornite dalla lettura delle foto aeree sia quelle fornite dal comune che quelle reperite su alcuni motori di ricerca (*google maps e bing*).

Tale lavoro di costruzione delle piante murarie ha evidenziato l'assenza di informazioni relative ad alcune porzioni dell'aggregato. Si tratta ad esempio di alcuni ambienti interrati e di vani sottotetto (soffitte e sottotetti) spesso interessati da trasformazioni non ancora aggiornate nelle planimetrie catastali o non reperite tra le pratiche edilizie. Inoltre, nonostante il rispetto degli spessori indicati nei disegni e l'attento montaggio delle particelle adiacenti, sono emerse alcune differenze di geometria e orientamento dell'isolato rispetto al perimetro base desunto dalle carte tecniche comunali usate nella prima fase dello studio. Durante la fase di lavoro sul campo, le planimetrie in scala 1:200 così predisposte sono state utilizzate come base per la annotazione dei dati relativi alle osservazioni critiche e di quelli di controllo geometrico.

Una prima serie di sopralluoghi sul campo è stata finalizzata alla precisazione della legenda già predisposta in bozza. In particolare, soprattutto per quanto concerne la tecnica costruttiva, le osservazioni puntuali sono servite a precisare cosa annotare sulle planimetrie dell'aggregato. Si riportano di seguito alcune osservazioni significative utilizzate per la precisazione della legenda.

*Pareti murarie:* per quanto riguarda gli spessori murari sono stati selezionati degli spessori ricorrenti riconosciuti come una costante costruttiva. Nella legenda del rilievo critico gli spessori vengono identificati con la lettera L seguita da un numero variabile da 1 a 8 che è riferito alle di "teste" di mattone che compongono lo spessore murario (L1, L2, L3, L4....) Si è notato che le pareti costruite con ciottoli di fiume arrotondati si trovano esclusivamente nelle pareti degli interrati, in particolare in quelle costruite con una sequenza di archi (di fondazione) successivamente chiusi da queste pareti in cui c'è una forte presenza di ciottoli nella tessitura muraria.



L'osservazione delle tessiture e degli apparecchi è stata possibile solo in limitati casi (in assenza di intonaco, ma in riferimento agli spessori rilevati e di assenza di ulteriori campagne di analisi ci si può senz'altro riferire ai campioni già identificati nell'analisi dell'intero centro.

*Archi e volte e orizzontamenti lignei*: la disposizione delle strutture orizzontali di interpiano si ripete con sistematicità nell'isolato; ove si trovano di norma volte in mattoni al piano seminterrato; solai in legno o, più raramente, volte in mattoni al piano terra; solai in legno ai piani superiori e copertura con travi di legno (o con sistema a capriata). In alcuni casi in cui sono state apportate parziali modifiche nel tempo, infatti sono stati osservati solai in latero-cemento al posto delle strutture lignee tradizionali.

Archi e volte in mattoni realizzano anche la struttura della maggior parte delle scale. Nella totalità dei casi analizzati tali strutture sono bene conservate, non mostrano segni di dissesto ma solo segni di assenza di manutenzione e degrado legato essenzialmente all'usura e all'erosione dei giunti di malta.

Per quanto riguarda le tecniche costruttive nella maggior parte dei casi si riconoscono degli standard seriali ma anche dei casi speciali che non si ripetono in modo sistematico ma che fanno supporre che siano comunque configurazioni della tecnica costruttiva locale. Un esempio è costituito dagli elementi lignei (una sorta di trave-dormiente) nel sistema delle volte o nei prospetti (indicato nella legenda del rilievo critico come "ripartitore" di legno in volta di laterizio).

La legenda è organizzata in 2 sezioni principali: la prima dedicata alle informazioni sulla *tecnica costruttiva* e definisce le caratteristiche degli elementi componenti; materiali e spessori delle pareti verticali (o pilastri in c.a. nei casi di edifici di sostituzione totale); materiali, tipologie e direzione di orditura degli orizzontamenti con lignei o murari e di copertura (con evidenziazione della eventuale configurazione spingente) e alle scale di cui si segnalano i materiali costituenti.

Sono segnalati inoltre i tiranti di interpiano (mediante l'osservazione dei capochiave visibili dall'esterno) o altri dispositivi di collegamento tra gli elementi dell'edificio (come le connessioni metalliche tra coperture e cimase murarie diffuse sull'edilizia del centro storico e indicati in legenda con la denominazione di "squadri").

La seconda parte della legenda invece raccoglie le informazioni relative a particolarità osservate, alcune delle quali inerenti a *fasi di evoluzione/trasformazione* dell'isolato (come ad esempio gli accostamenti murari, i cantonali inglobati, le finestre tamponate), altre invece relativi a alcune particolarità non chiarite (discontinuità e presenza di elementi lignei nella tessitura delle volte).

Un'ultima parte riguarda la localizzazione dei segni di *dissesto e degrado* osservati: si tratta dei quadri fessurativi e deformativi rilevati, assieme alla segnalazione dei casi di non ottimale stato di conservazione delle orditure lignee.

La legenda è organizzata per funzionare sia sulle planimetrie che sugli alzati e prevede la possibilità di segnalare quando una informazione deriva da riscontro diretto ovvero da una ipotesi congetturale.

### *Alcune osservazioni sulla configurazione dell'aggregato*

Durante la fase di elaborazione del rilievo sono state identificate alcune ricorrenze e particolarità che vengono qui segnalate e che potrebbero essere oggetto di approfondimento conoscitivo.

a) la presenza degli ambienti interrati è associata al perimetro esterno dell'isolato (aerazione garantita da aperture a "bocca di lupo" legate alla presenza di lunette di connessione alla volta (a crociera o a botte) posta a copertura dell'ambiente stesso). Di norma i piani seminterrati non sono mai presenti in corrispondenza dell'androne passante alle corti interne (ingresso diretto senza salti di quota o ingresso attraverso vano scala);

b) presumibile presenza di doppi muri; indicata nelle planimetrie con linea tratteggiata;

c) lo spessore delle pareti perpendicolari alle facciate (di separazione tra le diverse cellule murarie) è compreso tra le 3 e le 4 teste (40-50 cm).

d) Come la maggior parte degli isolati del centro storico anche questo contiene alcune porzioni ricostruite a seguito dei danni bellici (segnalate nelle planimetrie con campitura di colore giallo) per le quali un approfondimento conoscitivo nella fase di realizzazione dei progetti edilizi legati alle trasformazioni ordinarie dovrà essere previsto, soprattutto in relazione alle interazioni con gli edifici adiacenti in parte o in tutto realizzati in struttura muraria tradizionale.



**Fig.2:** Prospetto di palazzo con ridotta dimensione della cimasa muraria su Via Torricelli

## RILIEVO CRITICO



### ORIZZONTAMENTI

	solaio in legno		volta in laterizio (di coltello)
	solaio in latero-cemento (1)		volta in laterizio (in foglio)
	solaio in ferro e laterizio		volta in canne e gesso
	solaio in ferro e laterizio (volticciole)		controsoffitto
	solaio in ferro e calcestruzzo armato		balcone in cemento armato
	solaio in ferro (soppalco)		balcone in putrelle e calcestruzzo
	trave in cemento armato		balcone in legno
	trave-putrella di ferro		verso di pendenza della falda inclinata
	orditura inclinata della copertura in legno		tetto spingente
	orditura inclinata della copertura in latero-cemento		coperture piane (terrazze e simili)
	orditura inclinata della copertura metallica		coperture a falde inclinate
	arco		coperture leggere (tettoie e simili)

### COLLEGAMENTI E SCALE

	catena o tirante		scala in laterizio con volta in foglio
	incatenamenti su orditure di copertura ( <i>squadri</i> )		scala in pietra (2)
	scala in legno		scala in cemento armato
	scala in laterizio		scala in ferro

### PARETI DI ELEVAZIONE

	muratura in laterizio pieno a n teste L1 (16-18 cm), L2 (30-36 cm), L3 (42-52 cm), L4 (55-68 cm), L5 (72-82 cm), L6 (ca. 91 cm), L7 (ca. 106 cm), L8 (ca. 121 cm)		architrave in cemento armato o putrelle di ferro
	pilastro in cemento armato		

### DISCONTINUITA'

	cantonale		ringrosso a scarpa
	cantonale smussato		sottofinestra sottile
	apertura tamponata priva di ammorsature		"ripartitore" di legno in volta di laterizio
	raddoppio murario		discontinuità costruttiva nell'apparecchio di volta in laterizio

### DEGRADO

	fuori piombo		lesione su orizzontamenti
	lesione su parete di elevazione		orditura solaio fatiscente / travi inflesse
	corti scoperte e spazi vuoti		edifici ricostruiti o ampliamente rimaneggiati dopo il 1945

(1) Se congetturale, il solaio potrebbe essere costituito da putrelle di ferro e riempimenti.

(2) In alcuni casi, la tipologia delle scale con gradini di pietra è replicata con conglomerato lapideo.

Fig.3: Legenda del rilievo critico messa a punto per lo studio dell'aggregato campione del centro storico di Faenza.

### **Costruzione dello scenario di danno sismico**

La costruzione dello scenario di danno sismico per l'isolato campione, inteso come prefigurazione del (di un) probabile quadro di danneggiamenti che è ragionevole attendersi a seguito dell'occorrenza di un evento sismico, è una operazione nella quale il ruolo delle assunzioni soggettive è inevitabilmente assai pesante. Allo scopo di circoscrivere i margini di incertezza e precisare i limiti entro i quali si può riconoscere all'operazione un connotato minimo di oggettività è essenziale per un verso individuare i parametri che si ritiene abbiano una influenza significativa sul danno e, procedere alla loro raccolta e interpretazione sistematica, per altro verso definire con chiarezza le ipotesi che si assumono a fondamento della prefigurazione dello scenario. Da questo punto di vista, il complesso delle informazioni acquisite mediante il rilievo critico dell'isolato campione – e che vanno dalle dimensioni geometriche d'insieme e di dettaglio (altezze complessive e di interpiano, luci libere delle pareti esposte, spessori murari ai diversi livelli, ...) alle caratteristiche costruttive (tipologia e tessitura degli orizzontamenti, presenza ed efficacia dei presidi antisismici, ...) agli stati di dissesto in atto – costituisce una base conoscitiva fondamentale per impostare in termini razionali la previsione del danno facendola derivare da un insieme di parametri oggettivamente identificabili.

### *Criteria utilizzati per la costruzione dello scenario di danno*

Quanto alle ipotesi sulla base delle quali lo scenario viene materialmente costruito valgono alcune considerazioni generali che si elencano ordinatamente.

Posto che ciascuno dei fronti esposti dell'isolato (facciate su strada) può essere investito dall'azione sismica ortogonalmente o parallelamente al proprio piano medio, i danni sismici consisteranno essenzialmente nell'insorgere di cinematismi di ribaltamento fuori piano delle porzioni più vulnerabili delle pareti di facciata, per azioni sismiche ortogonali alle pareti stesse, oppure nel danneggiamento per taglio delle suddette pareti, in presenza di azioni sismiche ad esse parallele.

Il danneggiamento per ribaltamento fuori piano delle pareti esposte si presenta solitamente con alcune caratteristiche ricorrenti che si possono assumere come altrettante ipotesi per la costruzione dello scenario di danno: (i) le porzioni di parete più vulnerabili sono in generale quelle sommitali (cimase murarie o ultimi piani) dove non solo l'azione sismica è amplificata rispetto alle porzioni sottostanti ma soprattutto sono meno rilevanti alcuni contributi resistenti (come l'ammorsatura con le pareti ortogonali che, essendo legata all'attrito in corrispondenza delle connessioni, è più forte in basso dove è maggiore il peso), oppure sono presenti singolarità geometriche (come rastremazioni consistenti degli spessori), o ancora si sommano effetti spingenti delle coperture; (ii) il ribaltamento dei fronti esposti con cerniera posta al piede del livello terreno (ribaltamento totale) non è a priori da escludere ma è comunque molto raro richiedendo il concorso di diverse circostanze solitamente non tutte verificate (assenza di rastremazioni della parete esposta o rastremazione modesta, orditure degli orizzontamenti e delle coperture tessute a tutti i livelli parallelamente al fronte, assenza di presidi antisismici a tutti i livelli, ...); (iii) raramente il ribaltamento delle pareti esposte, anche limitato alle sole porzioni sommitali, coinvolge l'intera estensione (larghezza) di una facciata, interessando, quasi sempre, porzioni

più limitate solitamente individuate dalla posizione delle aperture (che creano percorsi di debolezza nella compagine muraria lungo i quali si sviluppano più facilmente le fessurazioni) e aventi conformazione tendenzialmente parabolica (nel senso che la maggiore estensione della porzione in moto è quella sommitale e va restringendosi man mano che si scende verso la cerniera del ribaltamento).

Il danneggiamento per taglio si può ipotizzare in generale: (i) per le porzioni terminali di ciascun fronte esposto, che non possono contare sull'effetto di contenimento di cui si avvalgono invece le porzioni intermedie (dove le cellule si appoggiano l'una sull'altra e si sostengono reciprocamente) e per le quali si possono ipotizzare meccanismi locali di fessurazione diagonale che seguono comunque i percorsi di maggiore debolezza della parete (da un'apertura all'altra); (ii) per le porzioni intermedie dei fronti che risultino, per conformazione geometrica e posizione, particolarmente vulnerabili alle sollecitazioni nel piano (come, ad esempio, maschi murari non sufficientemente larghi, al livello terreno, oppure parti svettanti di cellule intermedie che si trovano di fatto nella stessa condizione, sia pure limitatamente alla parte sommitale, delle porzioni terminali dei fronti).

Per entrambe le forme di danneggiamento – fuori piano e nel piano – è poi evidente come la presenza, entità e configurazione dei dissesti presenti sulle pareti esposte (nel caso in esame quasi sempre riconducibili a cedimenti fondali) possano introdurre ulteriori punti di debolezza in grado di modificare più o meno significativamente la forma finale dei meccanismi prevedibili in loro assenza.

Per questo motivo lo scenario di danno è stato costruito, per l'isolato campione, in due diverse ipotesi.

Nella prima ipotesi i meccanismi cinematici che interessano le pareti esposte (facciate su strada), distinti con una diversa campitura in meccanismi fuori piano o nel piano, sono costruiti a partire dal quadro conoscitivo derivante dal rilievo critico per la parte riguardante i parametri di natura geometrica (altezze complessive e di interpiano, luci libere, spessori murari ai diversi livelli, ...) e costruttiva (tipologia e tessitura degli orizzontamenti, presenza ed efficacia di presidi antisismici, ...) ma escludendo qualunque riferimento ai dissesti in atto.



**Fig.4:** Rilievo critico del quadro fessurativo, prospetto su via San Giovanni Bosco.

Nella seconda ipotesi si mette esplicitamente in conto il contributo del quadro fessurativo rilevato con la conseguenza di avere uno scenario in generale più gravoso a meno che le condizioni delle pareti esposte, in tema di configurazione ed entità del dissesto, non siano tali da indurre ad escludere un aggravio del danno sismico dovuto alle lesioni pregresse.

Dei due scenari così costruiti, il primo si riferisce alla vulnerabilità dell'isolato nella condizione precedente allo sviluppo dei dissesti, il secondo alla vulnerabilità nella condizione attuale. La opportunità di distinguere le due condizioni deriva dalla possibilità di fornire una rappresentazione del danno sismico che, oltre a delineare una previsione di scenario per l'isolato in esame, nello stato attuale, si possa estendere anche ad altri isolati, comparabili dal punto di vista dell'assetto geometrico e costruttivo ma, in linea generale, inevitabilmente caratterizzati da un diverso andamento dei fenomeni fessurativi pregressi.



**Fig.5:** Scenario di danno sismico per il fronte su via San Giovanni Bosco (particolare) in assenza di fenomeni di dissesto (in alto) e in presenza dei dissesti rilevati (in basso). La campitura azzurra individua i meccanismi fuori piano, quella rossa i meccanismi nel piano; in basso sono anche indicati, a tratteggio verticale, i cedimenti di fondazione probabilmente responsabili di alcune delle lesioni rilevate.

Un ulteriore aspetto merita di essere precisato. In linea di principio lo scenario di danno dovrebbe essere riferito a un prefissato livello di intensità sismica dal momento che i diversi meccanismi di danno possono essere innescati in generale da differenti valori di accelerazione al suolo. Si dovrebbero cioè, a rigore, costruire scenari distinti per intensità

e progressivamente più onerosi, dal punto di vista del danno, al crescere della intensità sismica, fino alla massima intensità attesa per il sito.

È però evidente che questo tipo di operazione richiederebbe una quantificazione, anche solo di larga massima, delle accelerazioni di innesco dei singoli meccanismi di danno ipotizzati nello scenario ovvero la disponibilità di una serie di informazioni di dettaglio incompatibili con il livello di approfondimento della analisi condotta sull'isolato campione.

Lo scenario di danno costruito per l'aggregato campione, nella doppia ipotesi sopra ricordata, è dunque da intendere come un'individuazione – oggettiva, ma comunque qualitativa – delle porzioni più vulnerabili dei fronti esposti per i quali è lecito attendersi lo sviluppo di importanti meccanismi di danneggiamento sismico e, la sua finalità è essenzialmente quella di indirizzare l'attenzione progettuale verso le suddette porzioni in vista della predisposizione di una consapevole strategia di miglioramento sismico.

In ogni caso, la massima accelerazione al suolo per Faenza indicata dalla NTC 2008 ( $a_g = 0.205g$ , per SLV – periodo di ritorno 475 anni - compatibile con una intensità macrosismica pari a VII-VIII MCS) è tale da attivare meccanismi fuori piano per le pareti esterne.

#### *Individuazione di alcuni parametri quantitativi per lo scenario di danno*

Tuttavia, anche senza pretendere di quantificare il livello di intensità sismica associato a ciascuno dei meccanismi di danno ipotizzati nello scenario, è comunque possibile associare alle singole pareti, sede dei meccanismi stessi, un indicatore numerico in qualche misura rapportato al livello di accelerazione in grado di innescare in quelle pareti meccanismi elementari di ribaltamento (fuori piano). Tale indicatore potrebbe essere utilizzato per istituire, sia pure per via indiretta, una graduatoria dei diversi meccanismi dello scenario riconoscendo quelli che richiedono, per essere attivati, intensità maggiori (perché relativi a pareti caratterizzate da valori più alti dell'indicatore) e differenziando in tal modo lo scenario di partenza. Peraltro, poiché (come spiegato di seguito) l'indicatore risulta funzione di un numero limitato di parametri, acquisibili in maniera speditiva, esso potrebbe essere facilmente valutato anche in isolati diversi da quello campione ottenendo una misura di vulnerabilità estesa all'intero centro storico che, per quanto rozza, avrebbe comunque il pregio di essere fondata su una procedura non solo sostanzialmente oggettiva ma soprattutto ripetibile.

Nessuna delle due operazioni citate – costruzione di scenari differenziati per intensità ed estensione a scala urbana della analisi di vulnerabilità – è stata compiuta in questa fase. Ma la procedura per la definizione di un indicatore associato alla accelerazione di innesco del danno nelle pareti esposte dell'isolato campione è stata comunque impostata.

L'indicatore scelto è definito, coerentemente con l'impostazione concettuale delle NTC e della relativa Circolare esplicativa, come il moltiplicatore di innesco del moto per ribaltamento ( $\alpha_0$ ) di una parete monolitica, priva di aperture, avente le stesse dimensioni geometriche (spessori e altezze di piano) della facciata che si intende modellare. La maggiore limitazione della procedura consiste proprio nella sostituzione della parete reale dotata di aperture con un

solido monolitico, ma si tratta di una limitazione che, sebbene rilevante da un punto di vista concettuale, potrebbe nei fatti risultare poco influente dal momento che la maggiore debolezza introdotta dalle aperture è compensata dalla resistenza alla scompaginazione del tessuto murario (che occorrerebbe mettere in conto qualora si ipotizzassero meccanismi più articolati del ribaltamento monolitico prevedendo la formazione di lesioni nel corpo murario). Il ribaltamento può avvenire attorno allo spigolo di base di un piano qualsiasi in dipendenza dalle seguenti circostanze: (i) presenza ed entità di rastremazioni da un piano all'altro, (ii) direzione della tessitura dei solai (parallela o ortogonale alla parete), (iii) presenza di incatenamenti di piano, (iv) efficacia della ammorsatura con le pareti ortogonali.

Attraverso il calcolo dei moltiplicatori di innesco del moto per tutte le pareti esposte dell'isolato campione e la elaborazione statistica dei risultati ottenuti si è potuto riconoscere come detti moltiplicatori dipendano da un numero limitato di parametri geometrici e tipologici significativi e si è arrivati alla costruzione di semplici relazioni che, in funzione dei parametri prescelti, forniscono una stima preliminare dei moltiplicatori di innesco del moto.

I parametri che entrano in gioco nella definizione approssimata dei moltiplicatori di innesco del moto sono di seguito elencati:

- $S_1$  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)

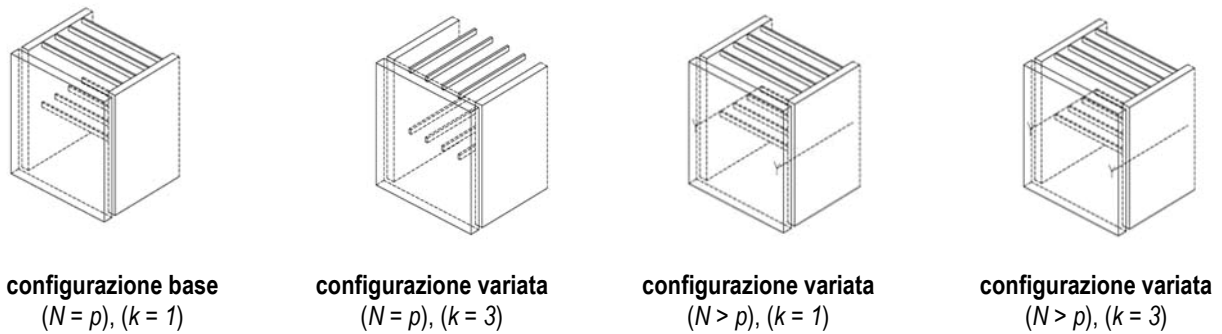
Le diverse configurazioni in cui ciascuna parete si può trovare (per numero di piani, presenza di tiranti, orditura dei solai) si possono raggruppare essenzialmente in due tipologie (di seguito denominate *configurazione base* e *configurazione variata*), per ciascuna delle quali si può mettere (o meno) in conto l'ammorsatura con le pareti di controvento.

La configurazione base è caratterizzata dal contemporaneo verificarsi di due circostanze: (i) non sono presenti tiranti, e quindi il numero di piani senza tiranti coincide con il numero totale di piani ( $N = p$ ); (ii) i solai sono tessuti parallelamente alla facciata, e quindi ( $k = 1$ ).

Le configurazioni variate sono caratterizzate dal venir meno di una o tutte e due le circostanze suddette, e quindi ( $N > p$ ) e/o ( $k = 3$ ).

Per una parete a due piani la configurazione base e alcune possibili configurazioni variate sono schematizzate nella figura seguente.





**Fig.6:** Configurazioni base e variate per una parete a due piani.

Il moltiplicatore di innesco del moto assume espressioni diverse per la configurazione base e per quella variata e per entrambe il contributo dell'ammorsatura con le pareti di controvento agisce sulla relazione allo stesso modo (ovvero con un termine additivo).

Le due espressioni sono le seguenti:

$$\alpha_0 \approx (1+r) \cdot \frac{S_1}{H} \quad \text{per la configurazione base: } (N=p) \text{ e } (k=1)$$

$$\alpha_0 \approx (1+r) \cdot 0.3 \cdot \left(\frac{S_1}{H}\right)^{\left(1-\frac{n}{100}\right)} \quad \text{per la configurazione variata: } (N>p) \text{ e/o } (k=3)$$

dove  $S_1$  e  $H$ , già definiti, indicano rispettivamente lo spessore della parete al piano terra e la sua altezza totale, e i due parametri  $r$  (che misura l'influenza dell'ammorsatura con le pareti di controvento) ed  $n$  (che dipende dal numero di piani privi di catene, rapportati al numero totale di piani) sono dati dalle relazioni:

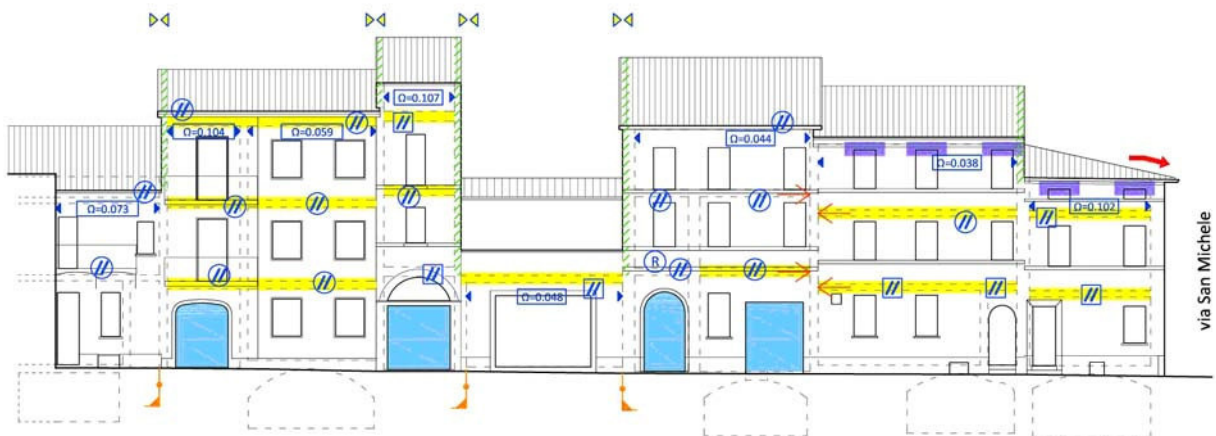
$$r = 0.01 \cdot (9-L) \cdot \frac{(p+1)^2}{k}$$

$$\begin{cases} n = 72 & \text{se } N = p \\ n = 83 - 21p + 13 \cdot (p+1) \cdot \frac{(k-1)}{2} & \text{se } N > p \end{cases}$$

essendo  $L$  la distanza tra le pareti di controvento,  $p$  il numero di piani privi di catene (contati dall'alto),  $k$  dipendente dalla tessitura dei solai ( $k=1$ : solaio parallelo alla facciata;  $k=3$ : solaio perpendicolare alla facciata) – e tenendo conto che

l'espressione di  $r$  vale solo per  $L < 9$  m, valore (peraltro mai raggiunto nell'isolato in esame) oltre il quale si rileva la sostanziale inefficacia della ammorsatura ovvero è lecito porre  $r=0$ .

Negli scenari di danno per i quattro fronti dell'isolato campione – oltre ai parametri che definiscono i fattori di vulnerabilità e resistenza dei fronti stessi – è riportato anche, per ciascun tratto di parete esposta compreso tra due pareti di controvento, il rapporto  $\alpha=S_1/H$  dal quale dipende in maniera prevalente il corrispondente moltiplicatore di innesco del moto per ribaltamento  $\alpha_0$ .



**Fig.7:** Fattori di vulnerabilità e di resistenza per il fronte su via San Giovanni Bosco (particolare): spessori delle pareti ai diversi livelli, distanza tra le pareti di controvento, direzione dell'orditura dei solai, posizione degli incatenamenti, rapporti  $\alpha=S_1/H$  (spessore parete al piano terra/altezza totale parete) e  $\Omega=S/L$  (spessore parete ultimo livello/interasse pareti controvento).

Pur avendo individuato i parametri che si prestano a fornire una misura quantitativa dello scenario di danno e derivato da questi un indicatore numerico correlato – sia pure in termini approssimati – all'accelerazione di innesco del moto dei diversi meccanismi, non si è comunque ritenuto opportuno differenziare le due tipologie di scenario ipotizzate (con e senza dissesti in atto) sulla base dell'indicatore stesso, costruendo scenari caratterizzati da diverse accelerazioni (intensità) sismiche né si è ritenuto di estendere la valutazione dell'indicatore stesso all'intero centro storico.

La ragione di tale scelta risiede nel fatto che il modello di valutazione proposto per la accelerazione di innesco del moto è così brutalmente semplificato da rendere irrealistica una utilizzazione dell'indicatore ottenuto come misura oggettiva della accelerazione sismica in grado di innescare un assegnato panorama di danno sismico. Detto modello è piuttosto da intendere come dimostrazione della possibilità di istituire una correlazione tra diversi parametri (di natura geometrica, materiale, costruttiva) che influiscono sulla entità degli scenari di danno, nel senso che alla presenza di certi parametri e alla loro interazione secondo modalità differenziate corrispondono, a parità di accelerazione attesa, danni più o meno pesanti. In questo senso è dunque lecito adottare il modello proposto per ottenere una misura relativa del livello di accelerazione richiesto per produrre danni di onerosità crescente ma è illusorio pensare di ottenere dal semplice indicatore proposto una valutazione assoluta del livello di accelerazione associato a uno scenario di danno assegnato.

### ***Criteria di intervento per l'isolato campione***

Le informazioni raccolte sull'aggregato campione consentono di precisare le indicazioni derivanti dalla lettura speditiva dell'intero centro storico evidenziando in generale i punti deboli delle singole unità edilizie e del loro assemblaggio e, in particolare, i fattori di vulnerabilità sismica.

A partire da questa conoscenza puntuale e sulla base della conseguente previsione di scenario, è possibile definire alcune categorie generali di intervento che si prestano a costituire il fondamento di una consapevole strategia di prevenzione sismica. La definizione delle suddette categorie generali di intervento non può prescindere, naturalmente, dalle esigenze di conservazione del costruito storico per quanto riguarda gli aspetti legati sia alle peculiarità della tecnica costruttiva locale sia alla particolare organizzazione del tessuto urbano.

Vale la pena precisare che, per il livello di dettaglio raggiunto nel rilievo dell'aggregato campione, la definizione degli interventi di mitigazione e prevenzione sismica non può che essere fatta per categorie generali e non è realistico pensare di poter individuare interventi specifici finalizzati alla risoluzione dei problemi particolari evidenziati dallo studio.

Ciò premesso, una prima suddivisione delle problematiche di conservazione e miglioramento sismico può essere basata su una distinzione tra (i) problemi (e interventi) legati alla configurazione complessiva delle unità edilizie che costituiscono l'aggregato (in tema sia di organizzazione planimetrica e in elevato di ciascuna unità edilizia sia di relazione planimetrica e in elevato di unità contigue) e (ii) problemi (e interventi) legati alla efficienza originaria e alle condizioni di conservazione dei singoli elementi strutturali.

Tale distinzione discende dal riconoscimento che la qualità dell'edificio murario ben costruito – ovvero costruito a regola d'arte – deriva per un verso dalla qualità e condizione di conservazione dei singoli elementi costruttivi e per altro verso dal corretto assemblaggio di tali elementi all'interno di un impianto strutturale razionalmente organizzato (maglia muraria).

### **Elementi strutturali**

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

Un criterio generale che si può assumere come premessa a qualunque disamina di dettaglio delle problematiche riguardanti i singoli elementi strutturali consiste nella necessità di riparare gli elementi che presentino forme significative di degrado o di dissesto.

Si tratta di una prescrizione che, pur prescindendo da qualunque considerazione riguardante il problema sismico (essendo evidentemente necessaria anche solo per garantire il mantenimento della efficienza statica degli elementi strutturali), nondimeno si rivela essenziale anche in considerazione della maggiore vulnerabilità degli elementi degradati o dissestati rispetto agli stessi elementi nella loro condizione originaria.

Una semplice ma significativa, dimostrazione di questo asserto deriva dal confronto tra gli scenari di danno costruiti per l'aggregato con riferimento allo stato attuale (in presenza di dissesti) e allo stato originario (in assenza di dissesti): è evidente come la presenza delle lesioni incrementi, in alcuni casi sensibilmente, le porzioni murarie coinvolte nei meccanismi di danneggiamento per azioni sia fuori piano sia nel piano, risultando le pareti lesionate più vulnerabili delle stesse pareti in assenza di lesioni.

Un criterio generale di intervento, tanto semplice quanto efficace, consiste dunque nella riparazione – quando presenti – delle lesioni.

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 elementi insufficienti*

Anche in assenza di fenomeni di degrado o dissesto significativo, si danno casi in cui singoli elementi strutturali possono essere intrinsecamente insufficienti o perché dimensionalmente carenti, rispetto alle prescrizioni della normativa attuale, o perché realizzati senza prevederne il cemento sismico.

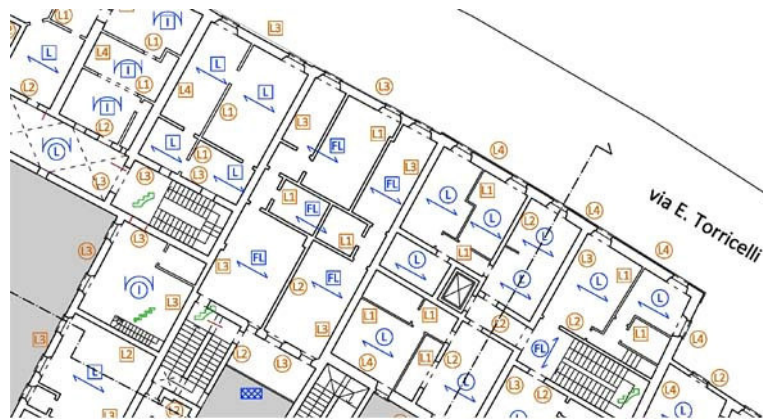
Tralasciando i casi (che pure non si possono escludere ma che non possono essere evidenziati da una analisi qualitativa, seppure di dettaglio) di orditure lignee, di piano o di copertura, sottodimensionate – e per i quali sono da prevedere opportuni interventi di rinforzo locale – un caso maggiormente significativo in prospettiva sismica, e rilevato nell'isolato campione, è rappresentato dalla presenza, in diverse unità edilizie, di solai lignei poggianti su pareti sottili (muri a una testa).

Si tratta di un caso particolarmente insidioso perché è spesso associato a un difetto nella maglia muraria che risulta carente in tema di pareti di adeguato spessore, in entrambe le direzioni planimetriche. Ma anche prescindendo da quest'ultimo difetto, un solaio poggiate su sostegni sottili è più sensibile alle sollecitazioni dinamiche indotte dal terremoto, perché più facilmente soggetto a fenomeni di instabilità dell'equilibrio, e perciò meno adatto ad esplicare la funzione di diaframma orizzontale rigido a causa della maggiore flessibilità complessiva che lo caratterizza.

Non sempre la risoluzione di questo problema passa per l'ispessimento della parete sottile, soluzione peraltro che appare ottimale quando serve a risolvere contestualmente il problema di una maglia muraria troppo lasca, nel senso che detto ispessimento potrebbe essere precluso dalle particolari condizioni di appoggio della parete stessa.

Ad esempio, nell'isolato campione si rilevano, al piano terra, casi di pareti in falso sulle volte dei sottostanti piani interrati: è evidentemente auspicabile non incrementare lo spessore di tali pareti e, qualora queste reggano un solaio ligneo sovrastante, è preferibile un intervento di irrigidimento della parete, ad esempio con una struttura reticolare (lignea o

metallica) ad essa affiancata e avente la finalità di rendere meno cedevole l'appoggio del solaio senza incrementare il carico al piede della parete.



**Fig. 8:** Solai in legno e solai in ferro e laterizio poggianti su pareti sottili in diverse unità prospettanti su via Torricelli. Si osservi come, in aggiunta alla precarietà della soluzione tecnologica, tale disposizione influisca negativamente sullo stesso impianto strutturale; la parete di facciata viene, infatti, ad essere caratterizzata da luci libere notevoli ed è contemporaneamente priva del contenimento garantito dal solaio (tessuto parallelamente alla facciata stessa).



**Fig.9:** Pareti in falso sulle sottostanti volte dei piani interrati all'angolo tra via Torricelli e via Zuffe. Nelle due cellule d'angolo su via Torricelli si osserva inoltre la presenza di due archi spingenti contro la parete di facciata.

#### *Miglioramento elementi manomessi*

Si danno numerosi casi di manomissioni (relativamente) recenti agli orizzontamenti o alle coperture con la sostituzione delle orditure originarie, lignee o metalliche, con più pesanti solai in cemento armato. Tali sostituzioni sono da riguardare con particolare attenzione soprattutto quando riguardano le coperture perché introducono un carico assai maggiore di quello originario nelle parti alte dell'edificio, dove non solo le forze di inerzia di origine sismica assumono valori più

elevati che nelle porzioni inferiori ma gli stessi spessori delle pareti di imposta risultano solitamente assai ridotti. Si tratta dunque di una manomissione che, sebbene non problematica in condizioni ordinarie, rischia di diventare un pericoloso elemento di vulnerabilità in occasione di un terremoto. Una corretta strategia di prevenzione non può non tenerne adeguato conto.

Peraltro la presenza di solai in cemento armato (nelle cellule manomesse) a fianco di solai in legno (nelle cellule originarie) crea problemi di interazione che sono difficilmente prevedibili e quantificabili ma che sono puntualmente ed inesorabilmente evidenziati in occasione di ogni evento sismico.



**Fig.10:** Presenza di solai in cemento armato e solai in legno in cellule contigue all'angolo tra via Zuffe e via San Giovanni Bosco. Nella stessa parte di aggregato è anche evidente la rilevanza dei fenomeni di sostituzione di estese porzioni edilizie (evidenziate in giallo) come conseguenza delle ricostruzioni operate dopo la seconda guerra mondiale.

Una manomissione altrettanto, se non più, frequente riguarda gli allargamenti delle aperture dei piani terra per la realizzazione di accessi ai garage. Anche qui 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 ricorrente nel centro storico (caratterizzate dalla concentrazione di carico in fondazione, in corrispondenza degli stipiti delle aperture, e dal conseguente innesco di fenomeni di cedimento differenziale). 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, nell'occorrenza di un sisma (a differenza delle cellule intermedie che possono comunque contare sul contraffortamento delle cellule contigue). È evidente come una strategia di prevenzione debba considerare in maniera differenziata le due situazioni suddette.

### Configurazione d'assieme

#### *Presidi antisismici storici*

Per quanto riguarda l'impianto strutturale complessivo generato dall'assemblaggio delle singole unità edilizie all'interno dell'aggregato e dei singoli elementi costruttivi all'interno delle unità, rileviamo innanzitutto come la diffusa presenza, all'interno del tessuto urbano, di dispositivi tradizionali di rinforzo – muri a scarpa, catene metalliche, arpioni di copertura – denunci la consapevolezza del maggiore punto di debolezza della costruzione muraria (ovvero la 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 ma non è da escludere che anche la necessità di convivere con un sottosuolo particolarmente inaffidabile – come emerso in occasione della analisi speditiva della Fase I – abbia indotto i costruttori ad adottare un complesso di dispositivi in grado di connettere più efficacemente le singole parti della scatola muraria.

Quale che sia la motivazione della diffusa presenza dei citati dispositivi di rinforzo sembra evidente la opportunità di renderne sistematico l'uso, introducendoli laddove non presenti e migliorandoli laddove insufficienti.

Tale indicazione ha una duplice implicazione: per un verso essa induce a ritenere essenziale – per la redazione dei progetti sulle singole unità – la esecuzione di indagini finalizzate alla formulazione di un giudizio sulla efficacia dei dispositivi di rinforzo esistenti (tiro delle catene, conservazione degli ancoraggi, etc.) e, per altro verso, suggerisce di completare il sistema dei rinforzi esistenti nella maniera meccanicamente più coerente – ovvero in ossequio al requisito di omogeneità meccanica già emerso a proposito degli interventi sui singoli elementi strutturali.

#### *Maglia muraria*

Il difetto delle maglie murarie troppo lasche, per la presenza, all'interno degli edifici, di pareti sottili in luogo di pareti di spessore adeguato, è stato già ricordato parlando delle condizioni di insufficienza degli elementi strutturali. Il difetto si riscontra abbastanza sistematicamente nell'isolato campione e, derivando dalla particolare soluzione tecnologica adottata per la realizzazione dei solai, rappresenta probabilmente un carattere ricorrente nell'intero centro storico. Peraltro, tale difetto si manifesta con connotati di particolare gravità quando le pareti sottili (interne) si accompagnano a orditure dei solai lignei parallele alle pareti di facciata perché, in questo caso, alla presenza delle notevoli luci libere che si rilevano per queste ultime si aggiunge la impossibilità di compensarle con la azione di contenimento che travi opportunamente ancorate alle pareti stesse potrebbero fornire.

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 – come già sottolineato a proposito delle pareti in falso – ma, soprattutto, rappresentano una forma di intervento piuttosto impegnativa non solo dal punto di vista dei requisiti di conservazione ma anche per quanto riguarda gli aspetti realizzativi. Il 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, costituisce senza dubbio una ipotesi di lavoro interessante ma è altrettanto, se non più, impegnativa delle più invasive soluzioni di ispessimento o sostituzione e richiede una attenzione progettuale ed esecutiva anche maggiore.

In ogni caso il problema delle pareti sottili costituisce una delle precarietà più gravi, e non solo dal punto di vista della resistenza sismica, rilevate nell'isolato campione (e, forse, in tutto il centro storico) e merita di essere inserito tra le priorità di qualunque strategia di prevenzione sismica.

#### *Edifici ricostruiti a seguito dei danni bellici*

La presenza di edifici integralmente ricostruiti a seguito delle distruzioni provocate dai bombardamenti dell'ultima guerra costituisce un problema piuttosto diffuso all'interno dell'isolato campione. In assenza di una conoscenza anche solo approssimativa della configurazione strutturale degli edifici ricostruiti è difficile precisare gli elementi di precarietà che tali ricostruzioni possono introdurre 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 di interazione devono essere attentamente valutate perché qualunque soluzione progettuale non può che fondarsi su una loro comprensione e sulla adozione delle misure più idonee al loro controllo.

#### Vulnerabilità specifiche

Infine, sempre in tema di configurazione d'assieme occorre prestare grande attenzione ad alcune forme di vulnerabilità che, sebbene relative a singoli elementi strutturali, chiamano in causa il comportamento complessivo di porzioni estese di aggregato.

Si tratta, ancora una volta, quasi sempre di problemi di interazione che si manifestano al contatto tra unità edilizie contigue, in planimetria o in elevato, e che introducono forti elementi di complessità sia nella fase progettuale vera e propria (comportando la necessità di analisi strutturali tutt'altro che banali) sia nella fase di materiale esecuzione degli interventi dal momento che possono coinvolgere proprietà diverse.

Alcuni di questi problemi, rilevati nell'isolato campione, sono di seguito elencati.

Un caso frequente è quello dei solai in cemento armato che vengono a trovarsi a fianco di solai in legno. Le soluzioni 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.

Un problema analogo è quello della presenza di volte a fianco di solai in legno o in metallo. In questo caso il problema maggiore è quello della necessità di 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. La necessità di prevedere adeguati dispositivi di contrasto delle spinte si presenta allo stesso modo in corrispondenza di archi spingenti contro le pareti di facciata oppure nelle volte dei portici. In tutti questi casi il ricorso ai tradizionali incatenamenti metallici sembra la soluzione più conservativa e strutturalmente efficace.





Fig.11: Analisi di un isolato campione: rilievo critico, vulnerabilità e resistenze, scenari di danno, per i fronti su via Zuffe.

### **5.3 Codici di pratica per gli interventi di mitigazione della vulnerabilità**

Le indicazioni di seguito presentate e finalizzate alla mitigazione della vulnerabilità sismica derivano dalla generalizzazione dei risultati conoscitivi ottenuti nella disamina speditiva del centro storico e nell'approfondimento realizzato sull'isolato campione. Dette indicazioni sono sostanzialmente coerenti, per quanto riguarda sia il contenuto conoscitivo propedeutico alle scelte del progetto di rinforzo sia le stesse operazioni tecniche di intervento, con le disposizioni contenute nella normativa nazionale (NTC 2008, Circolare 617/2009) e regionale (L.R. 30 ottobre 2008 n.19: "Norme per la riduzione del rischio sismico").

Le indicazioni di intervento definite a valle dello studio complessivo sono di natura esplicitamente prestazionale e definiscono i criteri compatibili con l'edilizia del centro storico di Faenza e necessari a soddisfare i requisiti di mitigazione della vulnerabilità all'interno di un approccio di tipo conservativo nei confronti del costruito del tessuto murario storico. Le indicazioni di progetto esplicitano dunque i requisiti da raggiungere e demandano la definizione delle tecniche più appropriate al progetto di livello edilizio che necessariamente dovrà essere corredato di adeguati approfondimenti conoscitivi.

#### **5.3.1 Sintesi delle vulnerabilità sismiche**

Il tessuto urbano storico si è formato per successive addizioni di edificato dalla fase di prima edificazione; questo implica che ogni cellula muraria (l'insieme delle pareti e degli orizzontamenti) è anch'essa frutto di un processo che ne determina tra l'altro posizione e quantità dei vincoli presenti tra le pareti e gli orizzontamenti che la costituiscono.

Indichiamo con la definizione di cellula muraria "chiusa" un assemblaggio costruttivo (pareti e orizzontamenti) in cui gli elementi sono tra loro vincolati (in verticale e in orizzontale) in conseguenza dell'organizzazione costruttiva. La distanza (orizzontale e verticale) tra i vincoli determina le snellezze (orizzontali e verticali) che caratterizzano quell'assemblaggio.

Un'esemplificazione di tale approccio interpretativo sul costruito del centro storico di Faenza vede ad esempio come vincoli aggiuntivi alla configurazione generalizzata della costruzione muraria, la presenza degli squadri metallici osservabili come legamento tra le strutture lignee di copertura e le pareti d'ambito. Il collegamento in cimasa tra pareti della cellula e la struttura di copertura modifica positivamente il comportamento sismico dell'edificio ed è quindi molto utile verificare la sua consistenza ed efficienza (controllo dell'apparecchio di collegamento e della sua buona conservazione).

L'analisi delle fasi costruttive è utile per riconoscere i punti di debolezza relativa imputabili alla minor connessione o accostamento successivo di cellule murarie o agli indebolimenti introdotti da detrazioni di porzioni di tessuto.

L'edilizia in aggregato del centro storico di Faenza non è immune da situazioni di questo genere essendo i processi diacronici connotati nei processi edificatori. La difficoltà relativa al riconoscimento delle situazioni di debolezza dovute

al grado di connessione tra pareti adiacenti è ovviamente legato alla impossibilità di esaminare in presenza di intonaco, per cui tale tema deve essere rimandato all'esame in fase esecutiva.

Nel centro storico di Faenza però un caso particolare è rappresentato dai casi di accostamento tra edifici murari e quelli di sostituzione dovuti alle ricostruzioni post belliche. In questi casi – da verificare di volta in volta durante la fase conoscitiva preliminare al progetto di intervento – le interazioni e in generale la risposta sismica dipenderanno in gran parte dalla presenza e/o efficacia del vincolo costituito proprio dalla connessione costruttiva presente.

Con riferimento al più probabile danno del terremoto sulle costruzioni murarie (il ribaltamento delle facciate) il tipo edilizio presente nel tessuto (case monocellulari, bicellulari, palazzetti e palazzi) deve essere riguardato con riferimento ad alcune questioni generali: la sua posizione all'interno del tessuto (intercluso, d'angolo, di testata, che indicherà quante pareti sono passibili di ribaltamento), la quantità di pareti esterne presenti (in relazione sia ai fronti strada che agli eventuali fronti interni) e 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 piano). Inoltre deve essere controllata la relazione con gli edifici contermini in termini di altezze relative: le pareti svettanti possono essere sedi d'innescò dei meccanismi fuori piano che devono essere impediti.

Un'ulteriore considerazione deve essere fatta rispetto ai vincoli sui quali le pareti esposte al ribaltamento (fronti strada o pareti poste su aree interne quali pertinenze e corti) possono contare; a tale proposito osserviamo che la disposizione più frequente dei suddetti vincoli è la seguente:

- *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 (la relazione tra pareti murarie convergenti e ribaltamento fuori piano è stata chiarita magistralmente da J.B. Rondelet nel suo trattato; egli descrive come il meccanismo fuori piano si modifica a seconda della condizione di vincolo caratteristica della parete stessa – parete libera su entrambe le estremità, parete connessa in angolata con una incidente e parete con due pareti convergenti alle sue estremità).
- *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 essere in grado di cambiare la qualità del meccanismo di ribaltamento fuori piano. Mentre l'assenza di un siffatto vincolo facilita l'innescò del ribaltamento, la presenza di un orizzontamento obbliga la parete a un diverso comportamento, per il quale è necessario un lavoro maggiore per avviare il cinematismo fuori piano. Anche le strutture orizzontali voltate possono costituire un ottimo vincolo per le pareti esterne purché la spinta sul piedritto sia correttamente bilanciata (anche con la collocazione di incatenamenti).

A partire da tali meccanismi generali e includendo le considerazioni sulla posizione dei vincoli per la parete di facciata di una cellula muraria posta nel 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'azione sismica.

*L'influenza degli interventi di trasformazione* è un altro importante capitolo che può produrre un incremento della vulnerabilità sismica poiché passibile di introdurre debolezze aggiuntive.

La disamina della condizione attuale dell'edificato con riferimento alle modificazioni introdotte da interventi soprattutto recenti deve essere finalizzata al controllo dell'alterazione dello stato dei vincoli precedente all'intervento. Non si tratta esclusivamente di interventi di tipo strutturale; infatti a volte anche i soli adeguamenti relativi a impianti possono inconsapevolmente introdurre delle precarietà prima assenti. Una delle situazioni più diffuse è quella che si riferisce allo spostamento e/o allargamento di aperture poste nelle pareti ortogonali alle facciate su strada che può comportare una serie di indebolimenti differenziati a seconda della entità di parete sottratta e delle modalità di sottrazione. La casistica è estesa e non può essere esaustiva dipendendo dalle singole situazioni locali.

La disamina dei fattori di vulnerabilità che si presenta di seguito non è esaustiva basandosi su una raccolta di dati proveniente da sopralluoghi speditivi estesi all'intero centro storico e da un singolo studio di livello più approfondito relativo a un aggregato campione; inoltre, proprio in dipendenza della prevalente modalità di acquisizione delle conoscenze (osservazioni dall'esterno), la vulnerabilità qui trattata è riferita prevalentemente ai possibili meccanismi di ribaltamento delle pareti fronte strada, che può estendersi alle pareti esterne fronteggianti spazi aperti interni quali pertinenze e corti.

Alcuni dei fattori di vulnerabilità esposti riguardano situazioni riferibili all'organizzazione interna degli edifici desunte dallo studio eseguito sull'aggregato campione. Anche in questo caso però è necessario ricordare che l'analisi non è stata estesa alla fattura degli elementi costruttivi e degli assemblaggi essendo gli edifici in buono stato di conservazione e di utilizzazione. Infine, si sottolinea che l'illustrazione delle vulnerabilità fa riferimento alla condizione attuale dell'edificato, comprendendo quindi anche le vulnerabilità dovute a modificazioni e trasformazioni storiche o recenti attuate sul costruito del centro storico. A ciascuna descrizione seguente è aggiunto il riferimento proposto in 5.1.4 che distingue le vulnerabilità osservate in **vulnerabilità intrinseche** (VI – debolezze riferibili alla prima edificazione in tema di configurazione e/o di tecnica costruttiva) e **vulnerabilità di trasformazione** (VT – debolezze introdotte in fase di trasformazione costruttiva storica e/o recente). La possibile attribuzione alle due categorie è in ogni caso segnalata dal doppio simbolo.

### ***Configurazione d'assieme***

Alcune vulnerabilità da configurazione influiscono sul 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 poiché possono coinvolgere proprietà diverse.

### *Snellezze orizzontali e verticali*

Se il passo murario (distanza tra le pareti ortogonali alla facciata, ovvero dimensione della cellula muraria sul fronte) eccede la media rilevata nel centro storico di Faenza (5-6 m) si evidenziano situazioni di debolezza relativa dovute alla maggiore snellezza muraria che caratterizza tali configurazioni. La lettura speditiva ha evidenziato che le tipologie ricorrenti dell'edilizia di base si attestano entro le dimensioni medie su citate sia per fronti monocellulari sia pluricellulari, ma non si possono escludere casi fuori norma riferibili anche a trasformazioni o sostituzioni. Anche le dimensioni di interpiano di una certa importanza ( $\geq 5\text{m}$ ) – soprattutto se associate a tessiture di orizzontamento parallele alla facciata – possono introdurre situazioni di debolezza rispetto al meccanismo fuori piano. Entrambe le situazioni, la prima soprattutto, sono state osservate nel centro storico di Faenza. **(VI/VT)**

### *Ricucitura della cimasa muraria insufficiente*

Una configurazione osservata sia nelle case monocellulari sul fronte (case a schiera nella versione a due livelli abitativi più sottotetto), che negli edifici di maggiore importanza contempla che, in presenza di un livello sottotetto, le corrispondenti possano presentare un troppo esiguo spessore della porzione muraria di cimasa. Il verificarsi di tale situazione rende più debole la cellula muraria in corrispondenza della terminazione sommitale. In ogni caso la suddetta debolezza dovuta a una mancata ricucitura muraria sopra la struttura di architrave o piattabanda potrebbe essere solo apparente in virtù della presenza della cornice sommitale. **(VI)**

### *Vele murarie in copertura*

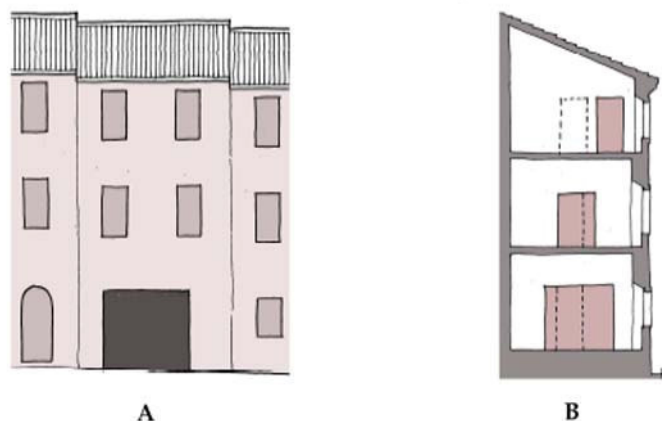
La presenza di pareti libere svettanti in copertura è stata osservata in molti casi nel centro storico di Faenza. Si tratta di configurazioni derivanti da interventi di modifica delle originarie coperture a falda con coperture piane a terrazza ovvero presenti nelle tipologie edilizie di sostituzione post belliche. In ogni caso si tratta di elementi murari sottili di schermatura posti ortogonalmente ai fronti strada e sul confine tra proprietà distinte al fine di eliminare problemi di introspezione. La vulnerabilità di tali strutture (caratterizzate da una forte snellezza), in presenza di azioni orizzontali, è elevata. **(VT)**

### *Alterazione della maglia muraria e del percorso dei carichi*

L'eliminazione di porzioni murarie è diffusamente osservabile sui fronti strada sia delle zone a vocazione commerciale che nelle strade residenziali in quest'ultimo caso per la realizzazione di garage.

Benché di più complesso riscontro, anche le pareti ortogonali ai fronti strada possono essere state oggetto di interventi trasformativi con sottrazione di porzioni di pareti murarie (sia per realizzare vani di collegamento tra ambienti precedentemente non comunicanti che per il semplice allargamento o spostamento di vani). Le situazioni di questo tipo costituiscono alterazioni della maglia muraria; in particolare, l'eliminazione di porzioni di pareti ortogonali alla facciata può introdurre una diminuzione sia della resistenza a ribaltamento della parete di facciata (per incremento della sua snellezza orizzontale) sia della resistenza a taglio del complesso delle pareti di controvento; mentre la riduzione della muratura resistente nel piano della facciata si rivela particolarmente problematica nel caso delle cellule d'angolo – a differenza di quelle intermedie che, nell'occorrenza di un sisma, possono comunque contare sul contraffortamento delle

cellule contigue. Inoltre, in condizioni ordinarie la riduzione dell'area resistente può essere responsabile di alcune forme di dissesto osservate nel centro storico e caratterizzate dalla concentrazione di carico in fondazione, in corrispondenza degli stipiti delle aperture, e dal conseguente innesco di fenomeni di cedimento differenziale. (VT)



**Fig.1:** Eliminazione di porzioni murarie sulla parete fronte strada (A) e allargamento, spostamento di vani esistenti nelle pareti ortogonali alla facciata.

#### *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 tali strutture sono caratterizzate da rigidità e peso sostanzialmente differenti rispetto a quelli caratterizzanti gli orizzontamenti tradizionali; inoltre la loro messa in opera comporta il taglio esteso delle murature perimetrali (cordolo in breccia); l'indebolimento delle pareti murarie conseguente a tale trasformazione unito alla maggior entità di azione che i solai maggiormente rigidi trasferiranno alle pareti stesse determina l'incremento della debolezza della configurazione. (VT)

#### *Volumi aggiunti*

Queste situazioni sono presenti quasi esclusivamente sui fronti tergalì degli edifici e, per quanto è stato possibile osservare, in maniera poco diffusa. I piccoli volumi aggiunti sia a sbalzo dalle pareti verticali che in sommità dell'edificio sono intrinsecamente precari. (VT)

#### *Impianti in breccia*

Il problema dell'inserimento degli impianti in breccia nello spessore delle pareti murarie è diffusissimo (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. (VT)

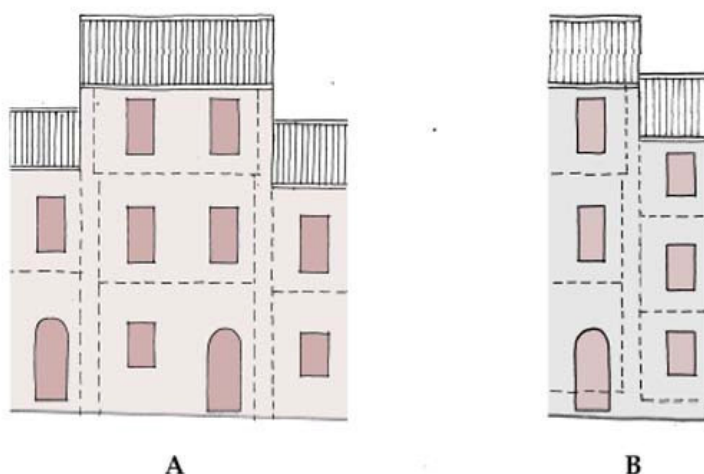
#### *Differenze di altezza tra edifici contigui*

I volumi svettanti in un fronte murario continuo costituiscono un elemento di vulnerabilità rispetto alla possibilità di considerare le pareti svettanti sulle coperture degli edifici contigui come passibili di ribaltamento. Tale configurazione è

diffusamente presente nel centro storico (sia nei fronti strada che in quelli interni) e deve essere riguardata con attenzione. **(VT)**

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

Il disallineamento della quote dei solai 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 conseguenti allo sfalsamento delle quote dei relativi solai. **(VI)**



**Fig.2:** Svettamenti tra edifici adiacenti (A) e differenze di quota tra orizzontamenti di edifici contigui

#### *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. **(VT)**

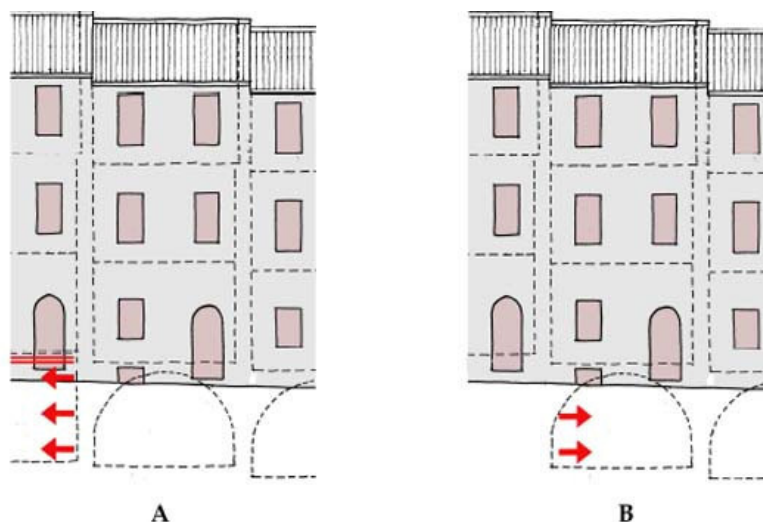
#### *Edifici contigui e orizzontamenti voltati*

Un 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. **(VI/VT)**

#### *Edifici contigui e ambienti semi-interrati e interrati.*

È diffusa la presenza di ambienti sotto la quota stradale, nella maggioranza dei casi tali ambienti sono spazi di pertinenza dell'edificio e sono in comunicazione con l'esterno attraverso aperture di dimensioni ridotte e bocche di lupo a

filo con la quota stradale. La possibile precarietà di tali configurazioni è legata essenzialmente alla soluzione costruttiva adottata per la struttura orizzontale (volte a botte o a crociera in mattoni) e alle trasformazioni che possono essere state realizzate anche nelle strutture murarie contigue con la conseguente presenza di spinte non contenute. **(VI/VT)**



**Fig.3:** Spinta non contrastata della volta nel caso di sostituzione della struttura di interpiano adiacente (A); spinta non contrastata del terreno in presenza di un ambiente interrato contiguo (B).

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

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 esaltare i danni sismici. **(VI/VT)**

#### **Elementi strutturali**

Le vulnerabilità dei singoli elementi strutturali riguarda 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).

#### *Spessori insufficienti nelle pareti murarie*

Le pareti sottili (muri a una testa) impegnate strutturalmente non sono infrequenti nel centro storico di Faenza. Tali situazioni, anche in assenza di fenomeni di degrado o dissesto significativo, possono comportare una debolezza significativa che deve essere controllata. Ad esempio, pareti di spessore troppo esiguo possono introdurre un difetto nella maglia muraria tanto da renderla carente in tema di pareti resistenti, in entrambe le direzioni planimetriche, ma rendono anche più sensibili alle sollecitazioni dinamiche indotte dal terremoto i solai che su di esse impostano e che, per la presenza di tali supporti cedevoli, sono più facilmente soggetti a fenomeni di instabilità dell'equilibrio, e perciò meno adatti ad esplicare la funzione di diaframmi orizzontali rigidi a causa della maggiore flessibilità complessiva che li caratterizza. **(VI)**



### *Pareti murarie manomesse*

Il fenomeno (già segnalato più sopra in tema di debolezze della configurazione d'assieme) dell'eliminazione di porzioni murarie sia sulla facciata che sulle pareti interne, può essere associato ad una condizione di non efficienza delle porzioni murarie residue in dipendenza proprio degli interventi relativi ad allargamento o spostamento di aperture. Si tratta in genere di situazioni di non corretta realizzazione dei nuovi architravi e stipiti e/o di richiusura dei vani preesistenti. Tali situazioni, sebbene non osservate direttamente sul costruito del centro storico di Faenza, sono di solito molto diffuse nell'edilizia muraria storica e devono essere riguardate con una certa attenzione. **(VT)**

### *Volte caricate impropriamente*

Dall'analisi dell'aggregato campione sono emerse alcune situazioni in cui le volte di interpiano (soprattutto a copertura degli ambienti interrati) sono caricate in modo improprio da strutture murarie soprastanti (asimmetria dei carichi rispetto alla geometria della direttrice della volta). Tali situazioni devono essere controllate attentamente soprattutto quando risultano essere frutto di interventi recenti. **(VT)**

### *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, da riguardare con particolare attenzione. È vero infatti che la natura intrinsecamente bidimensionale del funzionamento statico delle volte – anche quelle a semplice curvatura, come le volte a botte – 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 in ogni caso 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. **(VT)**

### *Volte in foglio*

La presenza di volte in foglio non comporta dal punto di vista statico nessun particolare problema costruttivo o strutturale ma introduce un indiscutibile elemento di precarietà in prospettiva sismica quando tale tipologia di volta è usata come controsoffittatura (soprattutto degli ultimi livelli dei fabbricati). Gli ultimi terremoti italiani, soprattutto quello aquilano del 2009, hanno infatti dimostrato la estrema fragilità degli apparecchi voltati in foglio che vengono messi in crisi da escursioni anche modeste della curva delle pressioni – quali possono essere innescate dall'azione sismica – come pure da movimenti anche limitati delle strutture di imposta. Diverso il caso delle volte in foglio dotate di un riempimento sovrastante compatto, del quale l'apparecchio in foglio costituisce una sorta di cassaforma di finitura, perché per queste lo spessore resistente non è limitato alla sola fase laterizia e il comportamento strutturale, anche dinamico, è indubbiamente più efficiente. **(VI)**

### *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. (VI/VT)

### ***Il sistema dei presidi nel centro storico di Faenza***

Si è detto che la diffusa presenza, all'interno del tessuto urbano, 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 la 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 ma non è da escludere che anche la necessità di convivere con un sottosuolo particolarmente inaffidabile – come emerso in occasione della analisi speditiva della Fase I – abbia indotto i costruttori ad adottare un complesso di dispositivi in grado di connettere più efficacemente le singole parti della scatola muraria.

Quale che sia la motivazione della diffusa presenza dei citati dispositivi di rinforzo sembra evidente la opportunità di renderne sistematico l'uso, introducendoli laddove non presenti e migliorandoli 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 antisismici 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 della ammorsatura del ringrosso stesso alle pareti rinforzate ed è quindi indispensabile poter effettuare dei saggi localizzati con la finalità di mettere in evidenza l'ammorsatura.

Per gli incatenamenti metallici di piano è essenziale poter valutare per un verso la 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 di incatenamento, 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 proprie della conservazione ed efficienza degli elementi lignei.

### ***Ricostruzioni post-belliche e sostituzioni nel centro storico di Faenza***

La presenza di edifici ricostruiti a seguito delle distruzioni provocate dai bombardamenti dell'ultima guerra costituisce un problema a se stante nel centro storico di Faenza. 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 di interazione devono essere attentamente valutate perché qualunque soluzione progettuale non può che fondarsi su una loro comprensione e sulla adozione delle misure più idonee al loro controllo.

Tale tematica è stata solamente individuata nel centro storico di Faenza, ma non approfondita essendo indispensabile un approfondimento specifico che includa la realizzazione di specifiche indagini specialistiche con 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 quelli attualmente in corso) di porzioni di tessuto (dal singolo lotto a parti più estese) con strutture realizzate utilizzando una tecnica costruttiva diversa da quella muraria (più frequentemente il 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 tra l'altro non potendo più contare sul contributo stabilizzante delle pareti adiacenti eliminate.

A seguito di tali trasformazioni le porzioni murarie limitrofe alla nuova costruzione 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, che devono essere ben valutate sia in fase di realizzazione che in fase di valutazione di ulteriori interventi.

### 5.3.2 Criteri per la mitigazione della vulnerabilità sismica negli edifici del centro storico di Faenza

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 tenendo al contempo presenti le esigenze di conservazione della 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'assieme della costruzione.

La conoscenza acquisita evidenzia i punti deboli dell'edificato e permette la prefigurazione del danneggiamento sismico che è lecito attendersi e che la lettura evolutiva e la analisi delle condizioni attuali di dissesto consentono di precisare. 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 eliminate introducendo presidi estranei al lessico locale ma comunque preferibilmente omogenei con la logica costruttiva muraria.

Gli interventi di miglioramento non vengono qui illustrati mediante dettagli tecnici ma piuttosto evidenziando i risultati a cui il progetto deve mirare evitando l'uso acritico di dettagli per così dire "pronti all'uso". In questo modo la fase progettuale viene espressa in una forma "prestazionale" che consente una libertà teoricamente illimitata, con 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 dai precedenti strumenti normativi e, la loro sostanziale incontrollabilità meccanica.

Il suddetto approccio progettuale risponde dunque alle esigenze del binomio sicurezza e conservazione, derivate dalla metodologia originariamente proposta da Antonino Giuffrè e anche qui ritenute basilari. Infatti, se l'intervento sulla costruzione storica 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. Tale posizione, dai connotati innegabilmente culturali, esprime al contempo un'esigenza stringentemente meccanica relativa soprattutto alla scelta

dell'intervento di rafforzamento strutturale appropriato.

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

#### Categorie di intervento in riferimento a NTC 2008

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 di intervento sono presentati raggruppati in due diverse categorie che riprendono la suddivisione operata nel precedente per le vulnerabilità; queste ultime sono state infatti 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 dell'attuale normativa attuale (NTC 2008 e Circolare 617/2009), potrebbe indurre qualche difficoltà interpretativa.

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 nella 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 qui 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 si riferiscono entrambe, in realtà, alla categoria del miglioramento 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'assieme 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.”* (Circolare 617/2009, § C8A.3) – e 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. Si legge infatti, nella Circolare 617/2009 (ma un testo pressoché uguale si trova anche nelle NTC 2008):

*“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”*(Circolare 617/2009, § C8A.3).

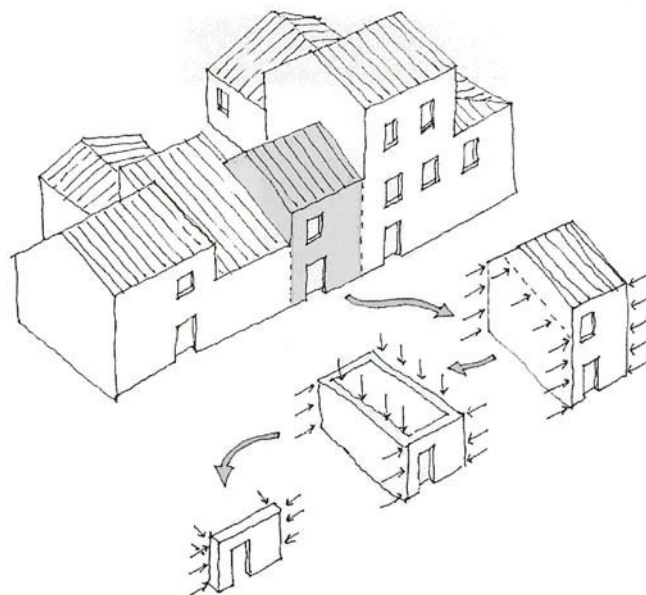
*“Qualora i solai dell'edificio siano flessibili si procederà all'analisi delle singole pareti o dei sistemi di pareti complanari che costituiscono l'edificio, ciascuna analizzata come struttura indipendente, soggetta ai carichi verticali di competenza ed all'azione del sisma nella direzione parallela alla parete”* (Circolare 617/2009, § C8A.3).

#### Aggregati e unità strutturali in riferimento a NTC2008

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”*.



**Fig.4:** Le singole pareti di una cellula muraria si possono anche studiare separatamente l'una dall'altra a patto di modellare realisticamente l'interazione delle pareti con il contesto edilizio circostante

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 dalla 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.

#### ***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 snellezze orizzontali e/o verticali con 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 della organizzazione complessiva dell'edificio murario passa per il miglioramento delle connessioni esistenti 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 trattenere 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 mette mano alla realizzazione di 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.

## **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 dimensionalmente adeguati o l'aggiunta di elementi di supporto (rompitratte, travi affiancate, etc) 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 (purchè naturalmente questa sia ritenuta soddisfacente), operando con la stessa tecnica (muraria, lignea) in modo da garantire omogeneità di comportamento meccanico.

## **Procedura di conoscenza-interpretazione-progetto per gli interventi in centro storico**

Di seguito si illustra sinteticamente la metodologia di analisi, interpretazione e definizione degli interventi che si propone come approccio per il progetto di livello 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 interpretative 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).

## **Conoscenza**

Il rilievo geometrico/architettonico descrive lo stato dell'oggetto di 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 scaturisce l'evidenziazione sistematica dei problemi che il progetto è chiamato a risolvere.

## **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).

In questa relazione dovranno essere chiaramente descritte e giustificate, anche per via di semplici argomentazioni logiche e non necessariamente sulla base di calcoli strutturali, le interazioni significative tra gli edifici dell'aggregato con la doppia finalità di: (i) agevolare il riconoscimento dei diversi meccanismi di danno potenzialmente attivabili dal sisma e (ii) fornire una giustificazione razionale alle successive verifiche di sicurezza assicurando che, nonostante il carattere locale delle suddette verifiche (che possono riguardare, come già detto, anche singole pareti murarie), non venga mai persa di vista la complessità del comportamento strutturale che si intende modellare.

Le informazioni raccolte nel rilievo critico possono riassumersi in tre categorie generali di problematiche che costituiscono la linea di 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*

### **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.

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'edificio.

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 prestando attenzione a 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.

### **Gruppo di lavoro studio di vulnerabilità sismica del centro storico**

#### ***Università degli studi di Catania***

C.Carocci (responsabile scientifico), C. Tocci, Z. Barone, P. Copani.

#### ***Comune di Faenza***

E. Nonni (coord), D. Babalini , F. Drei, L. Marchetti , D. Sbarzaglia.

## 6 Protezione della Struttura Urbana

### 6.1 La C.L.E (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 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.

---

<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 voll. 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 77/2009OPCM 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.

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>.

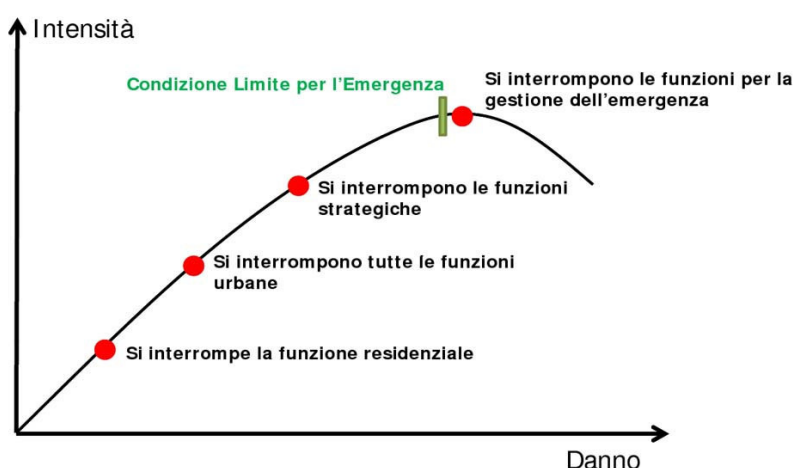
Il Comune di Faenza e i Comuni dell'Ambito faentino sono stati sede della sperimentazione condotta in collaborazione con il Dipartimento della protezione civile e dalla Regione Emilia.

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.

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 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);
- a condizione limite di collasso dell'insediamento (quando sono in grado di resistere solo poche funzioni urbane principali, mentre molte delle 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.

<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.



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" (C.L.E.) 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 e della residenza.

## **6.2 La metodologia per l'analisi della CLE**

L'analisi della CLE dell'insediamento urbano viene effettuata utilizzando la modulistica predisposta dalla Commissione Tecnica di cui all'articolo 5 commi 7 e 8 dell'OPCM 3907/2010 ed emanata con apposito decreto del Capo del Dipartimento della protezione civile. 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 con il contesto territoriale.

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 shapefile).

Le 5 schede sono:

ES	Edificio Strategico
AE	Area di Emergenza
AC	Infrastruttura 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 gli identificativi degli AS.
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 alle aree di ammassamento e alle aree di ricovero del sistema di gestione dell'emergenza. E' divisa in 2 sezioni: nella prima sezione saranno riportate informazioni utili all'identificazione dell'Area, nella seconda saranno invece riportate alcune caratteristiche dimensionali, naturali e infrastrutturali.

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 sulla base del Piano di emergenza comunale o provinciale o altro elaborato prodotto per fini di protezione civile/emergenza.

### Scheda AC

La scheda va compilata per le infrastrutture di accessibilità o connessione nell'ambito dell'Analisi della condizione limite per l'emergenza (CLE) dell'insediamento urbano.

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 verrà compilata per ciascuna infrastruttura che connette tale nodo con un edificio strategico, o l’area di emergenza.

Come per gli edifici strategici e le aree di emergenza, l’individuazione delle infrastrutture di connessione e accessibilità è desunta da eventuali piani di protezione civile o altri piani definiti a livello comunale o sovra comunale.

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, art. 2);
- 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.

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). In ogni caso l’osservazione sul campo può determinare anche una successiva suddivisione, o accorpamento motivato, del poligono.

Prima di compilare la scheda US 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). Pertanto al momento della compilazione della scheda US, il rilevatore dovrà essere in possesso:

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”, 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.

Prima di compilare la scheda US 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).

La scheda è suddivisa in 3 sezioni. Nella prima sezione saranno riportate informazioni utili all’identificazione dell’unità strutturale. Nella seconda saranno riportate caratteristiche dimensionali, tipologiche, relative al danno e allo stato manutentivo e alle condizioni geomorfologiche, idrogeologiche e geologiche del sito. Nella terza verranno riportate alcune caratteristiche specifiche riguardanti la destinazione d’uso, l’epoca di costruzione e l’utilizzazione. Lo schema delle informazioni ricalca quello della scheda AeDES per la valutazione della agibilità conseguente a danni provocati dal sisma.

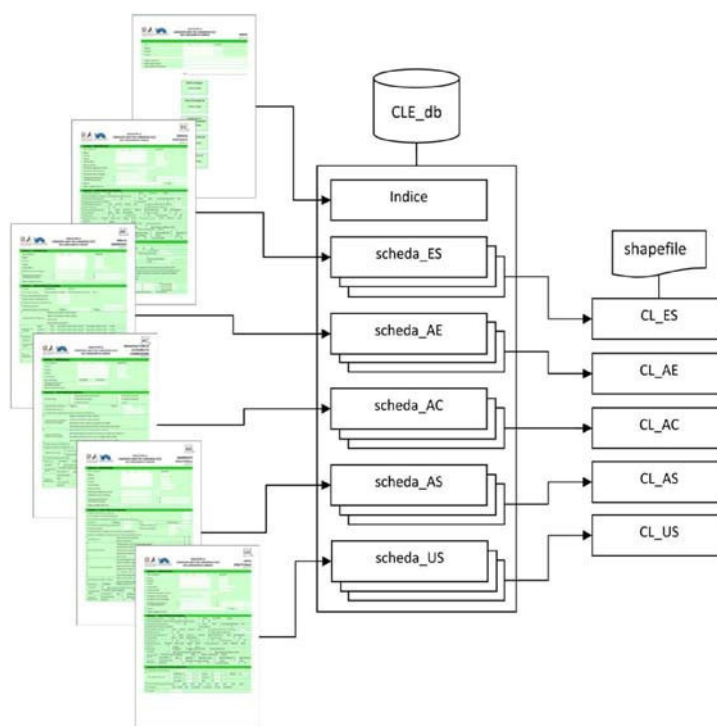
L'articolo 18, comma 4, dell'OPCM 4007/2012 ha previsto la predisposizione di specifici standard per l'analisi della CLE dell'insediamento urbano. Tali standard vanno ad integrare quelli per gli studi della microzonazione sismica e riguardano i dati raccolti attraverso i 5 tipi di schede e rappresentati cartograficamente.

Il documento sugli standard<sup>5</sup> è stato approvato dalla Commissione tecnica per la microzonazione sismica ed è suddiviso in due parti: nella prima parte viene descritto il sistema di rappresentazione della Carta degli elementi per l'analisi della CLE e nella seconda parte viene descritto il sistema di archiviazione.

Nel sistema di rappresentazione viene definita la legenda utilizzata per la Carta degli elementi per l'analisi della CLE e il layout del cartiglio.

Nella Carta, ad una scala non inferiore a 1:15.000, 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. I dati vengono archiviati in tabelle e shapefile fra loro relazionate. Per ciascuna tabella e shapefile viene descritto il "tracciato" attraverso nome, tipo campo, dimensione, descrizione e codifiche. Ciascuna tabella si riferisce ad una delle 5 schede di rilevamento.



**Fig.2:** Rappresentazione delle schede C.L.E

<sup>5</sup> Commissione tecnica per la microzonazione sismica. Analisi della Condizione Limite per l'Emergenza (CLE). Standard di rappresentazione e archiviazione informatica. Versione 1.0. Roma 2012.

Anche gli shapefile sono 5 (4 poligonali ed uno lineare). I singoli record degli shapefile e delle tabelle possono essere collegati (join) attraverso uno specifico campo (per esempio ID\_ES per gli edifici strategici), per consentire elaborazioni tematiche.

Per agevolare il lavoro di inserimento dei dati alfanumerici è stato predisposto SofCLE, un software 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 da

[http://www.protezionecivile.gov.it/resources/cms/documents/Istruzioni\\_e\\_Schede\\_Maggio.pdf](http://www.protezionecivile.gov.it/resources/cms/documents/Istruzioni_e_Schede_Maggio.pdf)

### **6.3 L'esperimento della C.L.E. di Faenza**

L'analisi della C.L.E. di Faenza è avvenuta sulla base del piano di protezione civile approvato nel Novembre 2010 e tuttora vigente, con aggiornamento degli edifici strategici operato a seguito del terremoto dell'Emilia e della ricognizione effettuata dalla prefettura di Ravenna.

Nel progetto della C.L.E. sono stati selezionati e conseguentemente introdotti quelle aree e quegli edifici strategici che risultano necessari per la gestione del rischio sismico e pertanto, in base a tale logica, risultano in numero inferiore rispetto alla totalità degli elementi strategici del piano.

Quale materiale di base necessario per l'elaborazione della C.L.E. di Faenza sono stati utilizzati, oltre al Piano di Protezione civile, la CTR (carta tecnica regionale), il progetto del P.S.C. (piano strutturale comunale), l'elaborato della microzonazione sismica, precedenti schede AEDES compilate per gli edifici strategici in occasione dello sciame sismico del 2000.

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) delle funzioni strategiche e sono stati individuati gli eventuali aggregati strutturali di appartenenza degli edifici strategici.

Sempre basandosi sul piano di protezione civile in essere sono state prese in considerazione le aree di emergenza (di ammassamento e di ricovero), quelle aree cioè 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 dei mezzi e

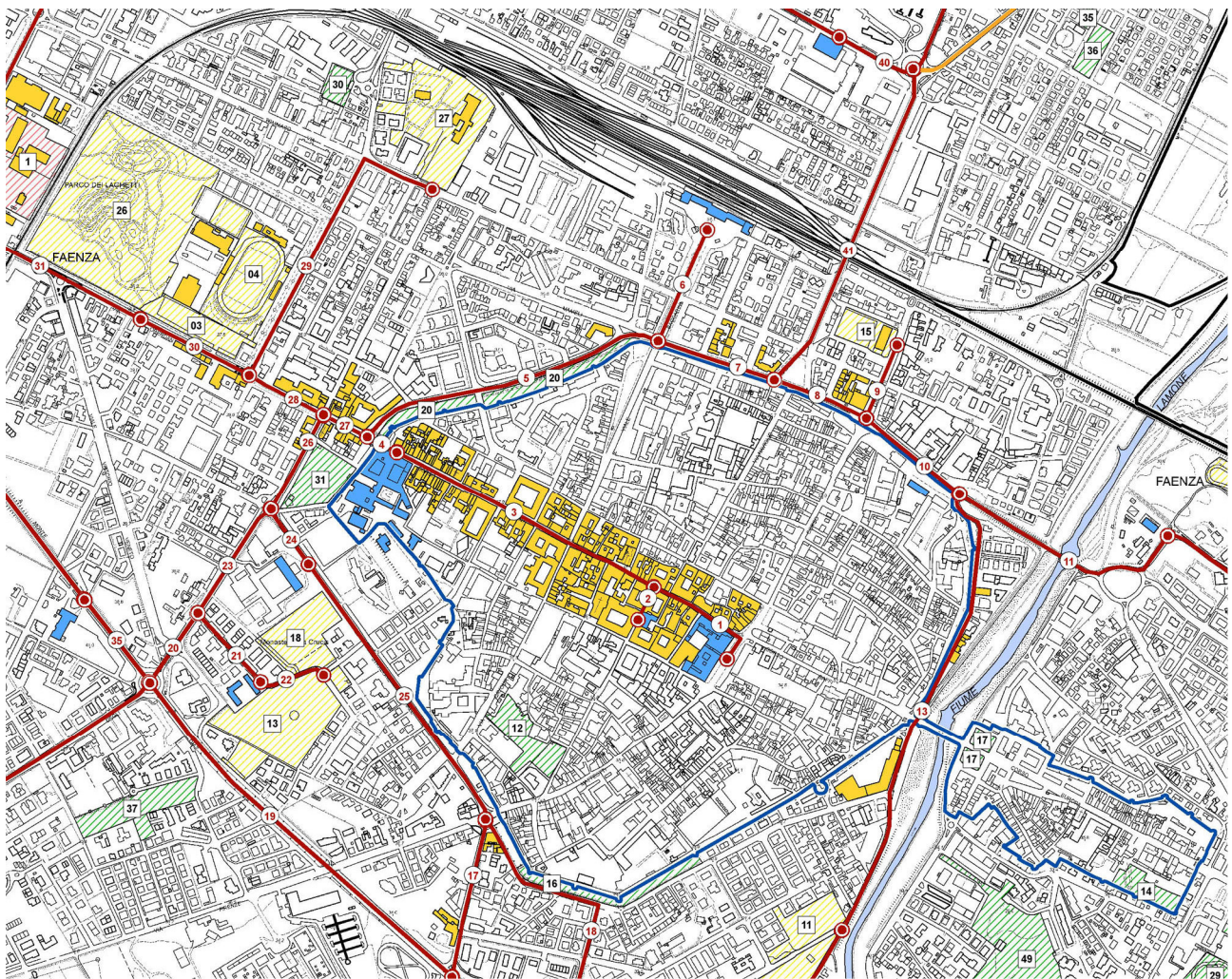
dei soccorritori rappresentano le aree dove far affluire i materiali, i mezzi e gli uomini necessari alle operazioni di soccorso: in tale area affluiranno gli aiuti destinati a tutti i comuni afferenti al C.O.M. (campitura gialla in planimetria).

Le Aree di accoglienza sono strutture allestite ed in grado di assicurare un ricovero per la popolazione evacuata (campitura rossa in planimetria). Le aree considerate dal piano di protezione civile ed ai fini della CLE sono tutte di proprietà comunale.

In planimetria, anche se non oggetto di un'apposita schedatura, sono anche state rappresentate le aree di attesa della popolazione, il luogo sicuro dove la popolazione deve recarsi con urgenza a seguito dell'ordine di evacuazione (campitura verde in planimetria).

Una volta individuati edifici strategici e 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 alla città rispetto al territorio circostante.

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 nodo.



Legenda








-  Infrastrutture di accessibilità
-  Infrastrutture di connessione
-  Edifici strategici
-  Aggregati strutturali interferenti
-  Aree di emergenza (ammassamento)
-  Aree di emergenza (ricovero/accoglienza)
-  Aree di emergenza (attesa) - solo indicativa

Fig.3: Rappresentazione della C.L.E. del centro urbano di Faenza

Legenda

-  Infrastrutture di accessibilità
-  Infrastrutture di connessione
-  Edifici strategici
-  Aggregati strutturali interferenti
-  Aree di emergenza (ammassamento)
-  Aree di emergenza (ricovero/accoglienza)
-  Aree di emergenza (attesa) - solo indicativa

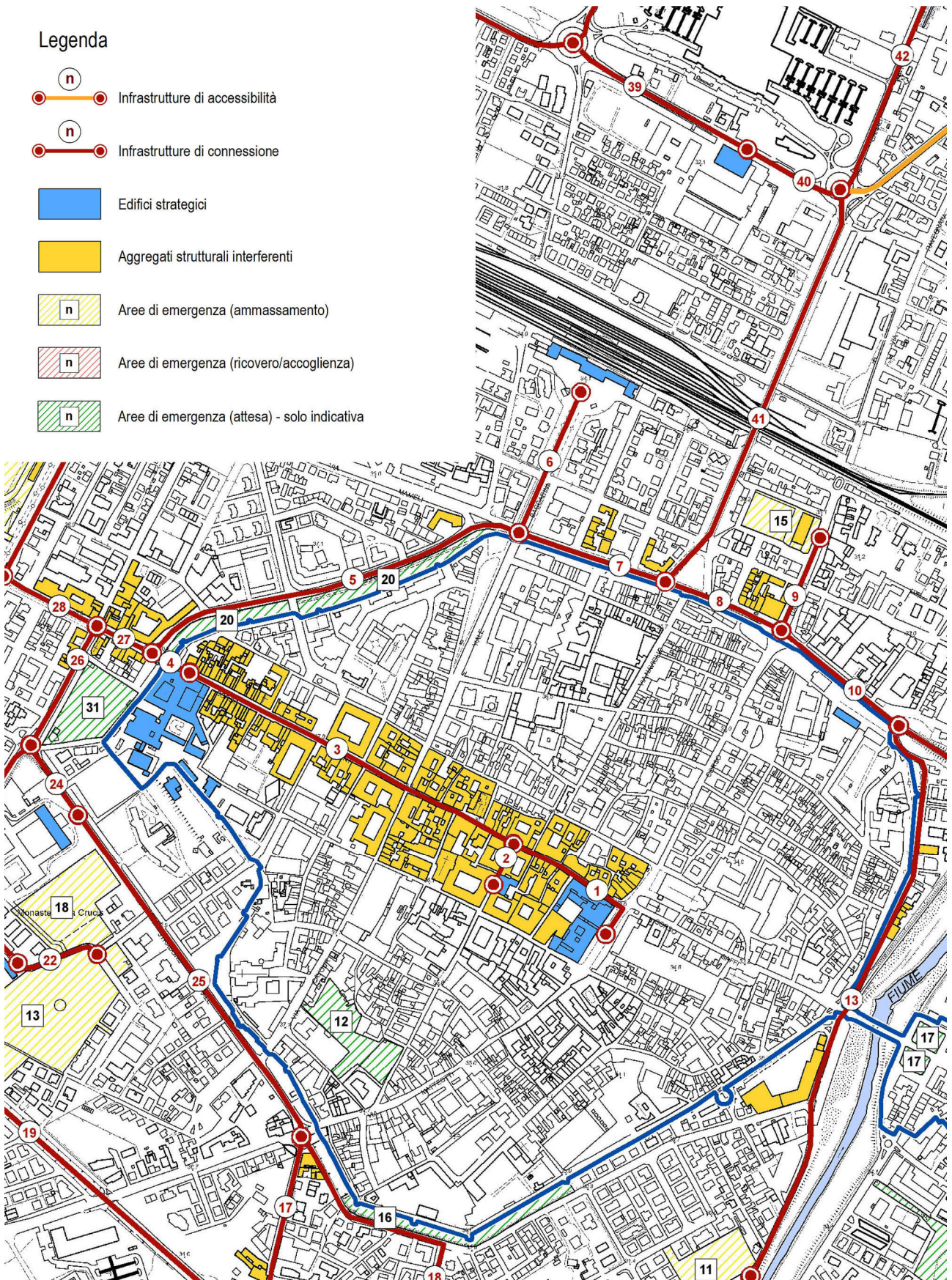


Fig.4: Focus della C.L.E. di Faenza



Per il centro abitato di Faenza sono stati adottati i seguenti criteri definiti dall'Ufficio di Piano, sulla base dei quali sono discese conseguenti scelte progettuali:

<b>Criteri</b>	<b>Scelte</b>
Definire un sistema di viabilità non eccessivamente ridondante e con più opportunità di collegamento degli elementi strategici prioritari nel piano	Alcune infrastrutture di connessione corrispondono a strade di delimitazione di due quartieri e pertanto possono "potenzialmente" servire due diverse parti della città, senza aggravio per la viabilità stessa.
Evitare percorsi che potevano essere caratterizzati da numerosi aggregati e/o edifici interferenti.	I percorsi di connessione del centro storico sono stati limitati ad un tratto di corso Mazzini, non hanno coinvolto tutti i 4 corsi, ugualmente anche per il borgo durbecco si è preferito non attraversarlo ma prevedere due distinte infrastrutture anche se di maggiore lunghezza rispetto al corso Europa.
Garantire rispetto all'accessibilità autostradale più di una connessione alla città	Oltre alla via Granarolo che si immette nella città attraverso il sovrappasso, è stata prevista un'ulteriore infrastruttura di connessione che attraversa la zona produttiva fino a giungere alla via Risorgimento.
Prevedere che le infrastrutture di connessione siano sempre prospicienti o prossime anche alle aree di attesa (anche se non oggetto della CLE).	Tutte le aree di attesa rispondono al requisito di prossimità o prospicienza ad una infrastruttura di connessione.
Utilizzare quali infrastrutture di connessione strade che abbiano dimensioni e stato manutentivo tale da garantire la percorribilità dei veicoli ed anche di mezzi pesanti.	È stata inserita quale infrastruttura di connessione un tratto della strada SS 9 (viale Trento e viale Piave), che divide la periferia storica dal quartiere centro-sud di Faenza ed è considerata un'arteria stradale a veloce percorribilità e di fondamentale importanza anche in "tempi di pace".
Garantire l'accessibilità della città di Faenza rispetto a tutti i centri territorialmente rilevanti circostanti.	Le infrastrutture di accessibilità consistono in via Emilia Levante (collegamento con Forlì), via Emilia Ponente (collegamento con Imola-Bologna), via Granarolo (collegamento con l'autostrada e Ravenna), via Ravegnana (collegamento con Ravenna), via Canal Grande (collegamento con Firenze), via Modigliana (collegamento a Tredozio e Modigliana)
Garantire la connessione della città di Faenza per tutti gli 8 quartieri che la caratterizzano: centro storico, periferia storica, borgo durbecco, periferia nord, periferia sud, periferia ponente, Naviglio, ingresso Nord autostrada.	Tutti i quartieri sono attraversati da infrastrutture di connessione (a volte anche più di una).

L'ultimo passaggio consiste nella compilazione e nello studio degli aggregati strutturali ed edifici interferenti; definendosi per convenzione interferenti gli aggregati od edifici la cui altezza sia 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 cui prospiccono. L'introduzione del concetto di "interferenza degli aggregati strutturali e delle unità strutturali" rispetto alle infrastrutture di connessione ed accessibilità ed agli elementi strategici (aree ed edifici) è di fatto finalizzata a mettere in luce eventuali criticità indotte e legate ai possibili crolli di edifici prospicienti tali elementi.

Ogni aggregato strutturale, definito quale insieme non necessariamente omogeneo di edifici (unità strutturali) posti in sostanziale contiguità, è stato poi suddiviso in unità strutturali, individuate per omogeneità delle caratteristiche strutturali, per differenza di altezza, piani sfalsati, ecc.



Fig.5: esempio di studio di aggregato interferente e relativa scheda compilativa.

È evidente che il piano di protezione civile e la C.L.E sono strumenti fortemente connessi, la modifica dell'uno comporta l'aggiornamento dell'altro, così come lo studio della C.L.E ha indotto ad alcune riflessioni sul piano circa la localizzazione e consistenza delle aree di emergenza e l'individuazione degli edifici strategici. Essendo la C.L.E. stata sviluppata congiuntamente all'elaborazione del R.U.E, la verifica e congruenza della C.L.E rispetto alle previsioni degli strumenti urbanistici ed alle possibili ricadute sugli stessi è un implicito benefit ad essa connesso.

La divulgazione dello studio della C.L.E. per il Comune di Faenza potrebbe avere importanti risvolti ed implicazioni sia da parte privata che da parte pubblica.

Per quanto concerne i privati, nell'apparato normativo del R.U.E. e mediante l'applicazione di incentivi sono state inserite misure quali lo stimolo a svolgere valutazioni sulla sicurezza degli immobili risultati "interferenti" nello studio della C.L.E.,

che risultano avere un incentivo maggiorato rispetto agli immobili esterni al sistema, o a promuovere interventi di miglioramento sismico da parte di privati sul patrimonio pubblico comunale.

Divenendo l'elaborazione della C.L.E. (cartografia e schede) parte integrante del R.U.E., non sarà un documento prodotto per il solo uso e consumo dell'amministrazione, ma sarà uno strumento che tecnici e privati potranno consultare e verificare qualora si accingano a svolgere interventi edilizi.

Lo studio della C.L.E. rispetto alla parte pubblica contribuisce a definire le priorità o l'ordine temporale preferenziale di esecuzione delle analisi di vulnerabilità connesse agli elementi strategici e definisce conseguentemente le priorità degli investimenti da realizzarsi per garantire il funzionamento degli elementi strategici deputati alla gestione dell'emergenza. Queste indagini possono riguardare: singoli elementi strategici (edifici singoli con funzioni strategiche), "intorni" di edifici strategici-potenzialmente fattori di vulnerabilità indotta (es edifici o manufatti che per conformazione e posizione possono interagire danneggiandosi con elementi strategici, fronti edilizi su percorsi o spazi aperti strategici dei quali analizzare l'intero aggregato), nodi particolari costituiti da strutture edificate potenzialmente critici su percorsi e spazi strategici (es porte di accesso alla città, ponti, i nodi della C.L.E che individuano le infrastrutture...).

Dalla lettura dei risultati degli scenari di danno e delle indagini di vulnerabilità di Faenza il primo dato emerso sottolinea la necessità di effettuare scelte delocalizzative o verifiche più specifiche sull'edificio "Sede del magazzino giardini" di Via Argine Lamone Levante, in quanto è posto su un terreno potenzialmente liquefacibile, come anche l'area di emergenza di via degli Olmi che, pur non essendo direttamente interessata dal perimetro delle aree liquefacibili, ne è prossima.

Una considerazione simile può essere fatta per il Municipio, sede del COM, in quanto la sua localizzazione in Piazza del Popolo comporta la costituzione di un asse di connessione su Corso Mazzini, tra il medesimo e l'ospedale, fortemente caratterizzato da aggregati ed unità strutturali interferenti, condizione che non si verificherebbe qualora gli edifici strategici fossero collocati in parti della città di costruzione più recente, non addossata alle infrastrutture e non edificata in aggregato. Diversamente il mantenimento delle funzioni strategiche negli edifici strategici ad oggi individuati potrebbe, con particolare riferimento a quelli collocati nel centro storico, stimolare la messa in campo di strategie non solo legate all'edilizia ed urbanistica, ma anche ad altri campi, che vedono l'incrociarsi degli obiettivi di identità, sicurezza e sostenibilità.

## **Gruppo di lavoro analisi della CLE dell'ambito faentino**

### ***Dipartimento della protezione civile***

M. Dolce (coord), F. Brammerini, C. Conte, S. Castenetto, G. Di Pasquale, F. Fazio, F. Fumagalli, M.T. Granato, G. Naso, R. Parotto, B. Quadrio, E. Speranza

### ***Regione Emilia-Romagna***

L. Martelli, M. Romani

### ***Comune di Faenza***

E. Nonni (coord), D. Babalini, F. Drei, L. Marchetti, D. Sbarzaglia,

## **Gruppo di lavoro per l'elaborazione delle schede per l'analisi della CLE**

Mauro Dolce (coordinatore), Fabrizio Brammerini, Sergio Castenetto, Giacomo di Pasquale, Giuseppe Naso, Elena Speranza, Con il contributo di Chiara Conte, Edoardo Peronace, Bruno Quadrio

**Software di inserimento dati:** Chiara Conte

**Testo di** Fabrizio Brammerini (DPC), Francesco Fazio (CNR-IGAG), Lucia Marchetti (Comune di Faenza), Roberto Parotto (CNR-IGAG)

Il Dipartimento di protezione civile ha svolto l'attività di sperimentazione nell'ambito del Progetto Urbisit. Sistema informativo territoriale per la pianificazione di protezione civile nelle aree urbane e di strumenti per la valutazione della pericolosità geologica e per la realizzazione di modelli geologico-tecnici finalizzati alla microzonazione sismica.

Convenzione Dipartimento della protezione civile e CNR-IGAG

Comitato tecnico scientifico: Fabrizio Brammerini, Luciano Cavarra, Gian Paolo Cavinato (responsabile scientifico), Francesco Leone, Giuseppe Lanzo, Massimiliano Moscatelli, Giuseppe Naso, Giuseppe Raspa

Work Package4: Pianificazione territoriale e microzonazione sismica. (2010-2012)

Ricercatori: Francesco Fazio e Roberto Parotto

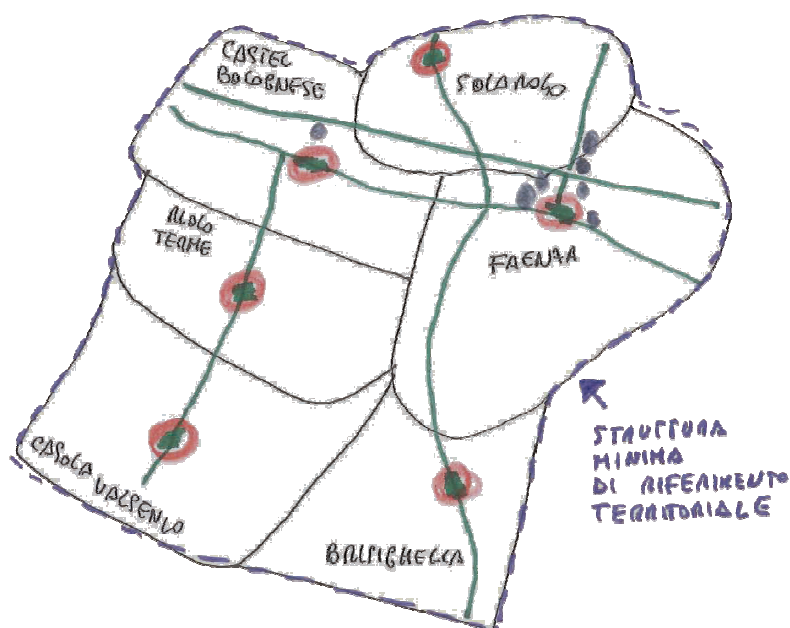
Responsabile della linea di attività: Giuseppe Lanzo

Referenti DPC: Fabrizio Brammerini e Giuseppe Naso

## 7. La protezione del sistema territoriale faentino: indicazioni per un piano di emergenza intercomunale

Quanto indicato in questo capitolo rappresenta un obiettivo da raggiungere in una fase successiva del RUE, attraverso la elaborazione di un piano strategico di valenza sovra comunale (associata) che deve raccordare e portare a sintesi i diversi piani di protezione civile comunali al fine di elevare globalmente la sicurezza territoriale.

In un moderno concetto di sicurezza territoriale non c'è alternativa all'ampliare la visione dei confini comunali a quella della unione di più Comuni.



**Fig.1:** Il sistema del piano di protezione civile di valenza intercomunale della Romagna Faentina

Un piano di protezione civile di valenza intercomunale deve assumere come elementi di valutazione:

- La carta degli scenari previsione di danno
- Lo studio di vulnerabilità dei centri storici
- La condizione limite per l'emergenza (CLE)
- Le previsioni urbanistiche territoriali

L'obiettivo è quello di sintetizzare il tutto in un elaborato grafico (ed eventuali opuscoli informativi) ai fini di una diffusione plurima: scuole, sito internet, istituzioni mediante simulazioni virtuali in relazione alle varie scale del sisma.

Per quanto attiene al processo per la costituzione del piano si possono delineare i seguenti passaggi:

- definizione dei rischi territoriali e dei possibili scenari di danno (avendo presente il piano di protezione civile provinciale);

- censimento delle risorse economiche, umane e materiali dei territori coinvolti e degli enti sovraordinati;
- definizione dei presidi e delle strutture per la gestione delle emergenze e contestuale descrizione dei modelli di intervento;
- sottoscrizione di un modello di intesa;
- comunicazione alla cittadinanza della messa in funzione del piano intercomunale unitamente all'informazione propedeutica sulle modalità di azione in emergenza e sulle modalità di comunicazione e informazione durante l'emergenza.

Possibili azioni per stimolare il coinvolgimento della cittadinanza e degli attori del piano intercomunale sono:

- coinvolgimento delle associazioni che già operano nei territori e loro formazione specifica;
- collaborazione/coinvolgimento della protezione civile provinciale;
- attività di informazione e formazione nelle scuole di ogni ordine e grado;
- predisposizione di pannelli a messaggio variabile (per la comunicazione degli obiettivi del piano intercomunale in tempo di pace e per le comunicazioni di emergenza in tempo di crisi).

### **Bibliografia di riferimento:**

#### quadro normativo statale

Legge 24 Febbraio 1992, n. 225 , Istituzione del Servizio nazionale della Protezione Civile

Decreto Legislativo 31 marzo 1998, n. 112 , Conferimento di funzioni e compiti amministrativi dello Stato alle regioni ed agli enti locali , in attuazione del capo I della Legge 15 marzo 1997, n. 59 (capo VIII-Protezione Civile)

Decreto legge 7 settembre 2001, n. 343 (convertito in Legge 9 novembre 2001, n° 401), Disposizioni urgenti per assicurare il coordinamento operativo delle strutture preposte alle attività di Protezione Civile e per il migliorare le strutture logistiche nel settore della difesa civile

Legge 21 Novembre 2000, n. 353 , Legge-quadro in materia di incendi boschivi

Legge 11 agosto 1991, n. 266, Legge quadro sul volontariato

Decreto del Presidente della Repubblica 8 febbraio 2001, n. 194, Regolamento recante nuova disciplina della partecipazione delle organizzazioni di volontariato alle attività di Protezione Civile.

#### quadro normativo regionale

Legge Regionale n.1/2005 Norme in materia di Protezione Civile e Volontariato. Istituzione dell'Agenzia Regionale di Protezione Civile. Promulgata il 7 febbraio 2005

Legge Regionale n. 3 del 21 aprile 1999, Riforma del sistema regionale e locale (titolo VI, Capo VIII-Protezione Civile)

Delibera della Giunta regionale. n. 1166/2004, Approvazione del protocollo d'intesa e delle linee guida regionali per la pianificazione di emergenza in materia di Protezione Civile.

Delibera Assemblea Legislativa regionale n. 114/2007, Approvazione del Piano regionale, prevenzione e lotta attiva contro gli incendi boschivi ex legge 21 novembre 2000, n° 353 (legge quadro in materia di incendi boschivi)

Delibera della Giunta regionale n. 182 del 31 maggio 1995, ratificata dal Consiglio Regionale con proprio atto n. 2354 del 1995 Approvazione delle Prescrizioni di Massima e di Polizia Forestale.





## 8. Strategie urbanistiche per elevare la sicurezza urbana

La frequenza degli eventi sismici associata degli scenari di danno impongono l'adozione di strategie di valenza più generale rispetto al solo soddisfacimento della normativa sismica che si deve affrontare nel caso di ristrutturazione o nuova costruzione dei singoli edifici.

La considerazione circa la sicurezza deve partire con strategie immediate, ben sapendo che i risultati si potranno cogliere solo fra qualche decennio.

Pur considerando l'approssimazione dei risultati, che possono riportare anche ampi margini di errore, e l'evoluzione delle analisi, che potranno via via perfezionarsi con l'acquisizione di dati di migliore qualità, è innegabile che ad una scala generale, come quella urbanistica, emergano alcuni dati importanti espressi dalle indagini di vulnerabilità del centro storico e dell'urbano e dagli scenari danno.

La lettura degli scenari di danno nel caso di Faenza, per la tipologia e datazione del patrimonio edilizio, fa rilevare che il centro storico è quella parte di città che necessita maggiormente di miglioramenti sismici, unitamente ad alcuni comparti della periferia storica e di quei quartieri costruiti prima del 1983, ovvero prima dell'entrata in vigore del decreto che ha inserito la città tra le zone sismiche di 2° categoria.

Estrapolando i dati utilizzati per l'elaborazione degli scenari di danno riferiti ad un evento sismico con tempo di ritorno a 475 anni (del VII-VIII grado della Scala Mercalli) si possono ad esempio delineare le seguenti stime dei danni attesi riferite all'insieme dei comparti dell'edificato residenziale consolidato <sup>1</sup>:

- stima % edifici con danni medio lievi dopo sisma < 54 %;
- stima % edifici inagibili dopo sisma < 19 %;
- stima % persone senza tetto dopo sisma < 9 %

La medesima valutazione effettuata sul complesso dei cinque sub comparti del centro storico fornisce invece i seguenti risultati:

- stima % edifici con danni medio lievi dopo sisma 28 ÷ 54 %
- stima % edifici inagibili dopo sisma 11 ÷ 19 %
- stima % persone senza tetto dopo sisma < 19 %

---

<sup>1</sup> percentuali riferite all'area evidenziata stimate a partire dagli scenari di danno delle rispettive sottoaree.

Si conferma così che il centro storico, vista la maggiore esposizione in termini di popolazione e edifici ipoteticamente non adeguati, risulta essere più vulnerabile rispetto agli altri quartieri urbanistici.

Al di là delle stime quantitative, considerando che i fattori di amplificazione dedotti dalla microzonazione sismica per il centro urbano di Faenza risultano sostanzialmente omogenei, è evidente che per il territorio analizzato ciò che incide nella verifica delle aree a maggiore o minore rischio sismico è la vulnerabilità edilizia.

L'analisi della vulnerabilità edilizia può parallelamente condurre a valutazioni di insieme: ad esempio benché su taluni quartieri come la periferia storica per terremoti gravi le percentuali dei danni siano relativamente basse, il patrimonio edilizio, anche se non storico, può risultare anche per percentuali elevate non adeguato e comportare, per terremoti invece di minore severità, un più diffuso livello di danneggiamento.

Per elevare la sicurezza sismica della città è pertanto necessario mettere in campo, con costanza, e per la durata di decenni, azioni coerenti che devono vedere partecipi attori pubblici e i privati cittadini.

Al pubblico spetta prevalentemente l'onere della sensibilizzazione collettiva e della programmazione di interventi per la messa in sicurezza del patrimonio pubblico partendo dagli edifici strategici: scuole, ospedali, edifici deputati alla gestione delle emergenze.

Ma gran parte del patrimonio edilizio esistente, come noto, è di proprietà privata e senza una diversa attenzione verso la sicurezza sismica, difficilmente si potrà avere, nell'arco di qualche decennio, una città più sicura.

L'urbanistica (e la conseguente gestione ordinaria dell'edilizia) può fare moltissimo per quanto concerne la sensibilizzazione verso il tema della sicurezza cercando di fare passare il concetto della prevenzione rispetto a quello della emergenza; ma è evidente che per spostare l'ordine dei valori dalle parole ai fatti, sono necessarie risorse economiche che spesso volte sono carenti o addirittura assenti.

Se si rimane inerti di fronte alla accertata assenza di risorse, si può fare ben poco se non sperare che nel breve periodo non succeda nulla; ma quando si promuovono interventi edilizi che a vari livelli manutentivi interessano un immobile, senza approfondire (perché non richiesto dalla legge) la natura costitutiva dell'edificio e la sua risposta in caso di terremoto, probabilmente c'è un difetto di informazione/conoscenza che se opportunamente e anticipatamente stimolata può anche spostare in altre direzioni la tipologia dei lavori.

Oltre alla sensibilizzazione collettiva il RUE mette in campo incentivi per migliorare il patrimonio edilizio storico e l'edificato prima del 1983, che dai dati raccolti nel presente piano è la parte di città che presenta il più alto grado di rischio.

Inoltre, un attento piano strategico, che affiancherà lo strumento urbanistico durante la sua gestione, oltre quanto già operato nell'ambito della riduzione del contributo di costruzione per gli interventi di ristrutturazione, potrà agevolare con la fiscalità locale variamente graduata coloro che mettono in sicurezza sismica il proprio immobile.

Quanto sopra rappresenta una azione decisiva che nel lungo periodo, considerando proprio l'aspetto economico che spesso volte viene enunciato per mantenere lo status quo, è vincente rispetto alle riparazioni post terremoto; per non parlare ovviamente della tranquillità di abitare in edifici maggiormente sicuri in caso di sisma.

### **La norma**

In centro storico, ai fini conoscitivi in materia sismica, è stato introdotto un adempimento per tutti gli interventi oggetto di titoli abilitativi, in base al quale, tali interventi dovranno essere inquadrati, all'interno della relazione tecnica descrittiva, rispetto al quadro conoscitivo del PRG della sismicità. La norma richiama quei documenti del piano regolatore della sismicità che forniscono gli elementi conoscitivi minimi in materia sismica del patrimonio edilizio del centro storico.

Si riporta di seguito per estratto il testo dell'art.5.6 della norma:

#### ***“Vulnerabilità sismica***

*Il RUE riconosce nella sicurezza sismica uno degli elementi fondamentali della pianificazione: a tale fine è stato redatto il “Piano regolatore della sismicità” (Allegato A.1) quale strumento conoscitivo con particolare riguardo alla CLE (Condizione Limite per l’Emergenza) alla microzonazione sismica e alla vulnerabilità.*

*Nel caso di opere sugli edifici soggette a titolo abilitativo, ai fini conoscitivi in materia sismica, la relazione tecnica descrittiva deve contenere l’inquadramento dell’intervento nell’ambito del “Piano regolatore della sismicità”, secondo quanto indicato all’art. 46 [Elementi conoscitivi minimi in materia sismica in centro storico] della Tav. P.5 “Attività edilizia e procedimenti”.*

In centro urbano, per elevare il grado di conoscenza del rischio sismico, anche in funzione delle strategie di densificazione operate dal piano, nell'ambito degli atti del Permesso di Costruire sarà invece introdotto un richiamo sull'acquisizione di un sufficiente grado di conoscenze che forniscano un quadro di insieme il più possibile completo in materia di strutture ed di vulnerabilità degli edifici.

### **Incentivi e premialità**

In ordine generale gli incentivi e compensazioni rappresentano strategie puntuali volte al miglioramento degli obiettivi di sicurezza, sostenibilità e identità, e conseguentemente lo strumento urbanistico riconosce ad alcune situazioni l'occasione di ampliare le possibilità edilizie mediante incentivi a condizione siano realizzate ulteriori prestazioni (compensazioni).

In una tabella allegata alle norme del piano urbanistico sono descritti i sub ambiti e le zone in cui è possibile utilizzare le possibilità edificatorie generate dagli incentivi, seguiti dalle compensazioni che il privato dovrà assicurare (in relazione agli obiettivi di sicurezza, sostenibilità e identità), fino al raggiungimento dell'incentivo di progetto.

Quando è prevista la realizzazione di opere, l'applicazione degli incentivi si fonda sulla contestualità degli interventi

Nel RUE 2014 gli incentivi legati alla sicurezza sismica sono limitati al centro storico, in quanto dagli studi ed approfondimenti condotti e precedentemente illustrati, è emerso essere la parte più vulnerabile della città.

Si parte dal cuore della città per estendersi anche con diverse strategie, non necessariamente solo urbanistiche, al resto del territorio urbano e rurale, in quanto le strategie di densificazione urbana e il relativo aumento di popolazione impongono un'attenzione sempre maggiore all'intero centro urbano.

Di seguito si riporta uno specchio illustrativo delle compensazioni proposte in tema di "obiettivo sicurezza":

OBIETTIVO SICUREZZA	
Azioni strategiche	Azioni puntuali
<p><b>Sicurezza sismica in centro storico:</b> la SUL virtualmente generata viene ceduta ad altre aree del centro urbano al fine di incamerare risorse economiche da utilizzare per le azioni puntuali</p>	<p>Obiettivo: redazione della "Valutazione della sicurezza" ai sensi delle vigenti norme tecniche per le costruzioni, con riferimento agli Stati Limite Ultimi, determina:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 100 m<sup>2</sup> di Sul analizzata = 3 m<sup>2</sup> di Sul</li> </ul> <p>Per edifici appartenenti ad aggregati strutturali interferenti con la CLE (Condizione Limite per l'Emergenza) la Sul è elevata a 3,50 m<sup>2</sup>.</p> <p>Negli edifici privati la presente azione genera incentivi qualora la redazione della "Valutazione della sicurezza" non sia dovuta per legge.</p> <p>Obiettivo: realizzazione di interventi puntuali di miglioramento nelle costruzioni di proprietà comunale:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 1 m<sup>2</sup> di Sul = intervento del valore pari ad almeno il 60% del valore di monetizzazione delle aree in centro storico</li> </ul>

Secondo il meccanismo degli incentivi e delle compensazioni delineato nelle norme del RUE, la redazione della "Valutazione della sicurezza", realizzata ad esempio su una casa a schiera di 3 piani (compreso il sottotetto) di 100 mq di superficie in pianta, comporta il generarsi di 9 mq di Sul utilizzabile negli ambiti definiti dal RUE:

$300 \text{ m}^2 \text{ di superficie analizzata} = 3 \text{ m}^2 \times 3 \text{ (} 3 \text{ m}^2 \text{ ogni } 100 \text{ m}^2 \text{ di sul analizzata)} = 9 \text{ m}^2 \text{ di Sul utilizzabile in altri ambiti.}$

Anche all'interno di alcune schede progetto, sempre mediante l'accesso agli incentivi, la redazione della valutazione della sicurezza ai sensi delle Norme Tecniche vigenti, a seconda delle diverse situazioni, fa maturare Sul aggiuntiva, allarga gli usi e le funzioni ammissibili, estende le quote del commercio al dettaglio.

In questi casi qualora la suddetta verifica tecnica evidenzi un livello di sicurezza inferiore al 60% della sicurezza richiesta per un edificio nuovo delle medesime caratteristiche, dovranno essere eseguiti gli interventi strutturali di miglioramento sismico necessari per il raggiungimento di almeno tale valore minimo.

Nel centro urbano, all'esterno del centro storico, al fine di diffondere la conoscenza strutturale del patrimonio edilizio di vecchia costruzione, sono previste altre forme di premialità, legate ad approfondimenti condotti sulle unità di intervento e non, come avviene per gli incentivi, su edifici posti "a distanza" rispetto all'unità sulla quale si eseguono i lavori.

Mediante tale meccanismo, la redazione della "Valutazione della sicurezza" ai sensi delle vigenti norme tecniche per le costruzioni con riferimento agli Stati Limite Ultimi estesa ad almeno a 100 m<sup>2</sup> di Sul nell'ambito dell'unità di intervento, determina una premialità ad incremento delle potenzialità edificatorie previste dalle norme di zona pari a 1,5 m<sup>2</sup> di Sul ogni 100 m<sup>2</sup> di Sul analizzata. La suddetta premialità si applica per gli edifici esistenti alla data del 8 settembre 1983, antecedenti alla classificazione sismica del Comune di Faenza, qualora la "Valutazione della sicurezza" non sia dovuta per legge .

In aggiunta agli incentivi ed alle premialità sopra descritte, a seguito dell'entrata in vigore del decreto Sblocca Italia sono state operate anche importanti riduzioni in materia di oneri.

Il decreto ha infatti stabilito che ha i Comuni devono apportare riduzioni del contributo di costruzione per gli interventi di ristrutturazione edilizia, il Comune di Faenza ha ritenuto di cogliere la suddetta disposizione di legge introducendo norme di grande apertura verso le finalità della densificazione mediante sostanziali riduzioni degli oneri che potranno essere aumentate attraverso un incremento di prestazioni di sicurezza e di qualità ambientale sugli edifici. In centro storico, nell'ambito della riduzione del contributo di costruzione per interventi di ristrutturazione, oltre alle riduzioni percentuali già previste, è stata inserita un'ulteriore riduzione del contributo (-30%) a fronte della redazione della "valutazione della sicurezza" per almeno una superficie pari a quella agevolata (rif. art. 21 della Tav. P.5 "Attività edilizia e procedimenti").