



PROGETTO S.I.S.M.A. System Integrated Security Management Activities



Istituto per le Tecnologie della Costruzione
Sede L'Aquila



S.I.S.M.A.

INTERREG III B – CADSES – Asse 4 Misura 2

PROGETTO S.I.S.M.A.
System Integrated for Security Management Activities

RAPPORTO finale



INTERREG III B – CADSES – Asse 4 Misura 2

PROGETTO S.I.S.M.A. System Integrated for Security Management Activities

Rapporto finale a cura di:
Giandomenico Cifani, Livio Corazza, Antonio Martinelli
Collaborazione
Francesco Fiorini, Barbara Matticoli, Gabriele Petrucci.

Una metodologia per la valutazione della vulnerabilità sismica del costruito e gli scenari di rischio in area urbana: applicazione al caso studio del centro storico di Sulmona

La Regione Abruzzo, nell'ambito del Progetto SISMA, ha affidato all'ITC-CNR Sede L'Aquila, l'incarico di svolgere alcune attività comprese nel Work Package 2 (*Confronto su sistemi e metodologie per la valutazione della vulnerabilità del sistema centro storico*) riferite alla sperimentazione su centri storici “campione” e, in particolare, sul centro storico di Sulmona (AQ).

Il programma delle attività previste è stato così articolato:

- **Fase A**
 - a) impostazione di linee metodologiche preliminari sul percorso previsione prevenzione, emergenza e avvio della ricostruzione;
 - b) impostazione di metodologie preliminari per la valutazione del rischio urbano ed edilizio dei centri storici;
 - c) acquisizione della documentazione e dei dati disponibili sul centro storico di Sulmona;
- **Fase B** (periodo compreso tra luglio e settembre 2006):
 - d) definizione punti a) e b);
 - e) sperimentazione sul centro storico di Sulmona;
- **Fase C** (periodo compreso tra settembre e dicembre 2006)
 - f) elaborazioni finali.

INDICE

CAPITOLO 1

La metodologia per la valutazione della vulnerabilità sismica del costruito e gli scenari di rischio in area urbana

Premessa

Il percorso previsione, prevenzione, emergenza e ricostruzione

Livelli di conoscenza

La metodologia

Strumenti

- Il catasto aggregati-edifici
- Scheda speditiva per edifici in muratura
- Scheda speditiva per edifici in c.a.
- Scheda Chiese

CAPITOLO 2

Il caso studio di Sulmona (AQ)

Inquadramento storico e urbanistico.

- La città romana
- La città medioevale
- Le abitazioni del periodo medioevale
- La città rinascimentale
- La recessione del XVII secolo e il terremoto del 1706
- L'Ottocento
- Gli ammodernamenti del primo Novecento e l'espansione urbanistica del dopoguerra.

Inquadramento territoriale

Inquadramento urbano

Cenni sulla sismicità

- Terremoto 1984

CAPITOLO 3 –

Sperimentazione sul centro storico di Sulmona

Edifici ordinari: caratteristiche costruttive, vulnerabilità, scenari di danno

Dati generali

- Numero dei piani

Edifici in muratura

- *Tipo ultimo intervento*
- *Tipologia Strutturale*
- *Tipologia e classi tipo MSK*
- *Uso ed utilizzazione*
- *Condizione degli edifici in muratura*
- *Dati costruttivi*

Edifici in C.A.

CAPITOLO 4

Vulnerabilità

- *Edifici in muratura*
- *Edifici in calcestruzzo armato*
- *Edifici del centro storico*

Meccanismo di collasso prevalente degli edifici in muratura

Scenari di danno

Vulnerabilità edifici di culto.

Dati ISTAT censimento 2001

Esposizione

Conclusioni

CAPITOLO 1

La metodologia per la valutazione della vulnerabilità sismica del costruito e gli scenari di rischio in area urbana

Premessa

L'attenzione alle problematiche connesse al rischio sismico, particolarmente rilevante per quasi l'intero territorio della Regione Abruzzo, è cresciuto negli ultimi anni a partire dall'evento sismico del 7 e 11 maggio 1984 che ha interessato l'Italia centrale, con epicentro nell'area del Parco Nazionale d'Abruzzo. L'attività nell'emergenza e quella di consulenza e controllo svolta nella fase di ricostruzione dalla struttura regionale ha rappresentato un'esperienza di sviluppo della sensibilità e della conoscenza rispetto alle modalità e agli strumenti appropriati per affrontare la gestione dell'emergenza e per analizzare e valutare adeguatamente le condizioni di rischio ai fini di promozione delle politiche di riduzione dello stesso. In particolare dall'attività svolta, con il supporto del Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti (GNDT), nella fase di progettazione e controllo degli interventi di riattazione e riparazione degli edifici danneggiati nei numerosi Comuni di dimensioni medio piccole dell'area colpita è emersa con evidenza l'importanza dell'analisi della composizione e della caratterizzazione dell'edilizia dei centri abitati, visti nel loro sviluppo storico, per la definizione di approcci metodologici razionali, a diverso grado di complessità e gestibilità, ma comunque efficaci per valutare le conseguenze del terremoto dal punto di vista del danno e delle perdite attese, come pure delle possibili capacità residue di funzionalità.

Così già nel 1985 la gestione degli interventi di ripristino dei danni nel centro storico dell'Aquila ed in alcuni Comuni limitrofi, dovuti ad un sisma di bassa intensità, fu condotta sulla base di un preventiva campagna di censimento del danno e delle condizioni di vulnerabilità finalizzata all'individuazione delle unità di intervento secondo criteri di priorità collegati alla caratteristiche costruttive, al danno ed alla vulnerabilità.

Successivamente, nel corso della prima metà degli anni '90 la Regione, tra le prime in Italia, ha promosso una campagna di valutazione della vulnerabilità sismica degli edifici pubblici strategici e rilevanti ai fini della protezione civile che, in considerazione della storia sismica e del territorio regionale e della sua classificazione, ha interessato gli edifici in muratura nei Comuni classificati all'epoca in zona sismica.

Riguardo alla valutazione del rischio sismico in area urbana, la Regione Abruzzo ha realizzato nel 1999 un progetto di indagine e valutazione della vulnerabilità sismica dell'edilizia nei centri storici delle città di L'Aquila e di Sulmona e successivamente sostenuto una significativa prima esperienza promossa dal Comune di Celano in collaborazione con l'allora GNDT-L'Aquila (attuale CNR/ITC-L'Aquila) per lo studio del rischio sismico del centro abitato, con il coinvolgimento dell'Università di Chieti, di Roma e del Politecnico di Milano.

Il "Progetto Celano", che ne è scaturito è stato indirizzato alla definizione di una proposta metodologica integrata, che comprende anche studi specifici sull'input sismico atteso e sugli effetti di sito, per la valutazione del rischio sismico del costruito quale importante aspetto ai fini della pianificazione urbanistica ordinaria (prevenzione) e per la protezione civile. Lo studio ha permesso di migliorare metodi e strumenti GNDT inizialmente definiti per l'analisi di vulnerabilità del centro storico di Catania, nell'ambito di un progetto realizzato dal Dipartimento della Protezione Civile per la determinazione dello scenario di danno nella Sicilia orientale per un evento comparabile a quello distruttivo del 1693.

Il percorso previsione prevenzione, emergenza e ricostruzione

Le problematiche legate al rischio sismico e alle politiche di mitigazione dello stesso devono essere inquadrate in un'ottica unitaria: la previsione, la prevenzione, l'emergenza e la ricostruzione sono, infatti, tutte fasi strettamente collegate tra loro. Tutto quello che viene impostato e attuato in ciascuna fase è condizionato dalla fase precedente e condiziona tutte le fasi successive. Ancora oggi, però, manca una visione complessiva del problema e le quattro fasi indicate vengono

considerate a sé stanti determinando non pochi problemi di carattere tecnico, operativo e procedurale e una mancata ottimizzazione nell'uso delle risorse umane ed economiche.

D'altro canto ogni situazione post-terremoto, oltre ad avere una sua specificità in funzione delle caratteristiche dell'evento in termini di severità ed estensione territoriale, ha anche una sua specificità anche in funzione delle "condizioni locali", intese sia come peculiarità dell'ambiente colpito sia come specifico livello di preparazione e organizzazione dei vari soggetti coinvolti: particolarmente importante è quindi il numero e la qualità delle persone, l'esperienza maturata in eventuali precedenti crisi sismiche e, soprattutto, l'attività di previsione e prevenzione e di addestramento condotte in tempo di pace. Da qui la necessità di definire strumenti e procedure unificate a cui, in futuro, tutti dovrebbero uniformarsi. Va inoltre considerato che per promuovere qualsiasi politica di riduzione del rischio sismico e quindi di prevenzione è



indispensabile conoscere la vulnerabilità del territorio con il suo sistema insediativo ed in primo luogo quella del patrimonio costruito, in quanto le uniche azioni concrete per ridurre in modo significativo il rischio sismico sono quelle legate alla riduzione della vulnerabilità delle componenti fisiche e funzionali.

Secondo le più moderne linee di tendenza un Piano Comunale di Protezione Civile PCPC, oltre a definire quei meccanismi operativi atti a fronteggiare un evento calamitoso, deve avere caratteristiche tali da essere dinamico nel tempo e tale da indicare una serie di azioni tese alla progressiva riduzione o eliminazione, ove possibile, dei rischi cui il territorio può essere soggetto. In sostanza un PCPC è parte di un percorso che va dalla previsione e prevenzione, all'emergenza e alla ricostruzione: in tale prospettiva un piano di emergenza è tale in quanto tiene conto delle fasi precedenti al momento di crisi (previsione e prevenzione) e di quella successiva (ricostruzione). Tale impostazione comporta la conoscenza, in modo approfondito, delle caratteristiche del territorio e dei suoi "punti deboli" (vulnerabilità dei sistemi): maggiore è questa conoscenza e più efficaci potranno essere, nell'ordinario, le azioni rivolte alla riduzione dei rischi e, nello straordinario, le capacità di rispondere in modo adeguato all'insorgere dei possibili eventi calamitosi.

L'obiettivo primario da porsi è dunque quello della riduzione dei rischi che costituisce il punto di partenza e il punto di arrivo di un ciclo che si ripete e che in genere – a parità di caratteristiche di evento naturale – da un ciclo all'altro registra conseguenze diverse, più o meno gravi rispetto al ciclo precedente (1/riduzione rischi – 2/preparazione – EVENTO/CALAMITÀ – 3/emergenza – 4/ricostruzione – 1/riduzione rischi etc.): la minore gravità delle conseguenze sarà un diretto risultato delle scelte e delle misure di prevenzione nel frattempo attuate.

La redazione di un Piano di Protezione Civile, ad esempio, dovrebbe muoversi su due filoni paralleli: l'uno riferito alla preparazione dell'emergenza, l'altro riferito alle azioni rivolte alla riduzione dei rischi. In ogni caso delle linee guida in merito devono incentrarsi, tra l'altro, sull'analisi della sicurezza a scala urbanistica in una visione della realtà urbana e territoriale come "sistema funzionale complesso" i cui livelli di funzionalità ed efficienza, e quindi di risposta in fase di emergenza, dipendono non solo dall'insieme degli elementi componenti la loro vulnerabilità ed esposizione, ma anche dallo stato e dalle modificazioni delle relazioni e delle interdipendenze che ne governano la dinamica interna in condizioni normali ed in condizioni di crisi. Ciò anche rispetto alle possibili interconnessioni tra il rischio sismico e altri tipi di rischio. Va anche sottolineato il fatto che, come già detto, non solo la riduzione del rischio e la preparazione all'emergenza fanno

parte della fase della prevenzione, ma ne fanno parte anche le stesse fasi dell' emergenza e della ricostruzione:

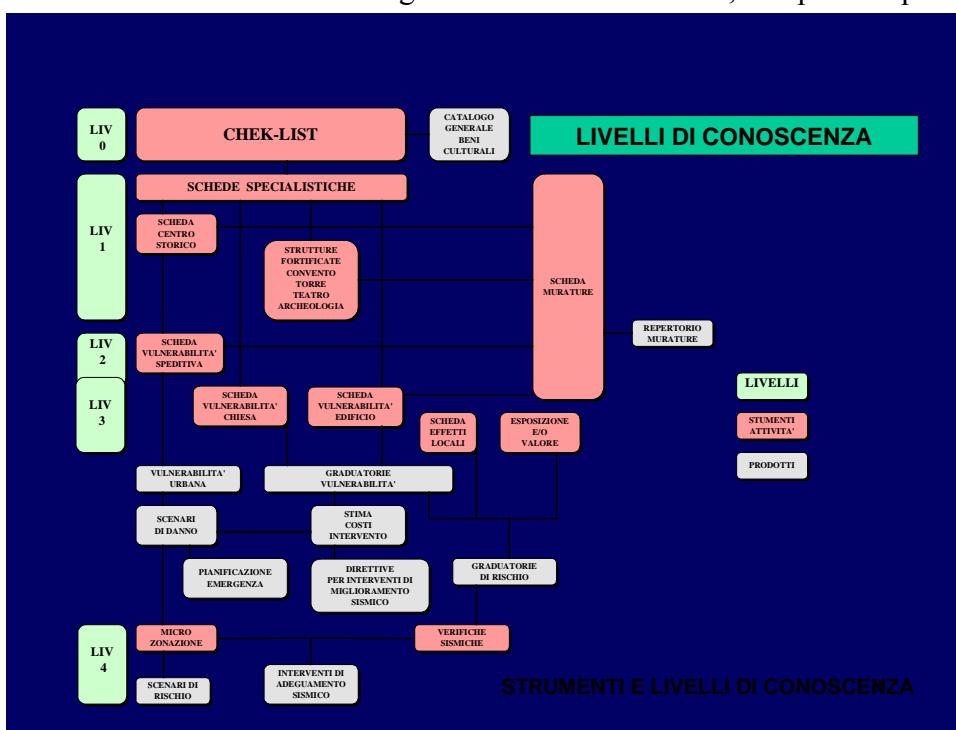
- la prima perché comporta una serie di azioni delicate quali la messa in sicurezza dei manufatti che, se mal eseguita, può determinare anche aggravamenti dei danni e difficoltà operative nella successiva fase della ricostruzione;
- la seconda perchè, dopo un terremoto, si tende a riportare i manufatti danneggiati in una condizione migliore di quella precedente all'evento, determinando quindi, se gli interventi sono correttamente eseguiti, una vera e propria azione di prevenzione .

Livelli di conoscenza

La definizione delle azioni da programmare e realizzare nelle due fasi precedenti comporta l'analisi delle condizioni di rischio del territorio che a sua volta costituisce un problema complesso di conoscenza che deve essere affrontato predisponendo strumenti di indagine differenziati in funzione di vari livelli di approfondimento realisticamente perseguitibili.

Il *livello di conoscenza* dipende dall'estensione del territorio indagato e dalle risorse umane ed economiche disponibili, esso deve in ogni caso fornire indicazioni utili per la conoscenza della vulnerabilità del costruito. Ogni livello di conoscenza, dal più semplice al più approfondito, deve essere concepito in maniera tale che le informazioni raccolte siano razionalmente correlate e comunque utili ed funzionali per il raggiungimento di un definito corrispondente livello di valutazione del rischio. La Tabella seguente illustra

schematicamente l'organizzazione sui diversi livelli di alcuni strumenti e procedure per le valutazioni di vulnerabilità in combinazione con corrispondenti modalità di espressione o



valutazione della pericolosità, con i relativi ambiti di utilizzazione e le finalità. Naturalmente vi sono anche altri strumenti di indagine multilivello, finalizzati all'analisi di aspetti particolari, che servono ad integrare adeguatamente il quadro conoscitivo, come per esempio, per gli edifici in muratura, la *scheda murature* per l'ausilio all'individuazione delle caratteristiche delle tipologie murarie e per formare un *repertorio* di quelle presenti nell'area indagata.

La metodologia

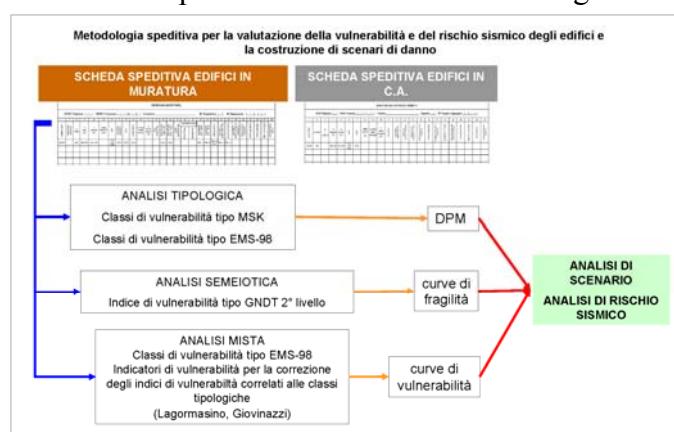
La valutazione della vulnerabilità degli edifici nell'ambito di una analisi di rischio sismico a scala urbana costituisce certamente uno dei punti critici per i quali la scelta ottimale del livello di indagine è fondamentale per conseguire risultati utili, con tempi di lavoro e costi relativi accettabili. Per questo motivo le procedure esistenti di valutazione della vulnerabilità delle costruzioni sono state definite per conseguire livelli di conoscenza differenziati in funzione della dimensione del problema.

In Italia per le analisi di rischio a scala territoriale sono stati realizzati ed utilizzati in diverse occasioni strumenti di indagine e metodi di valutazione basati sul riconoscimento tipologico (detti di I livello) e sul rilievo di fattori caratteristici del comportamento sismico degli edifici (detti di II livello). I comuni italiani sono generalmente caratterizzati dalla presenza di costruzioni molto antiche presenti nei centri storici e da altre relativamente più recenti presenti nelle zone di espansione. Pertanto, per effettuare analisi indirizzate alla riduzione del rischio sismico ed alla costruzione di scenari di danno per la pianificazione urbanistica e la gestione dell'emergenza post-sismica, è necessaria una conoscenza delle condizioni di vulnerabilità sismica delle costruzioni superiore alla semplice classificazione tipologica corrispondente al primo livello di conoscenza. L'approccio progressivamente sviluppato nelle precedenti esperienze si fonda, pertanto, sulla considerazione in primo luogo del costruito quale componente fondamentale esposta a rischio che assume connotazioni particolari e specifiche nell'ambito dei centri storici legate alla densità e alla multiforme aggregazione di "unità strutturali" con tempi, modalità e processi evolutivi diversi sotto vari aspetti. In particolare la considerazione della specifica componente "centro storico" è stata considerata per le implicazioni che si riflettono sul modo di analizzare gli aspetti di vulnerabilità, i modi ed i meccanismi di danneggiamento e di conseguenza i riflessi sia sulla capacità di risposta in termini di funzionalità del sistema urbano complessivamente inteso, come pure sul modo più appropriato per la predisposizione delle azioni in fase di emergenza (valutazioni del danno e dell'agibilità, opere provvisionali, etc.) e nella successive fasi di ripristino (definizione dei corretti ambiti di intervento, aggregati, unità minime, ordini di priorità, etc).

La procedura di indagine è basata sulla metodologia di II livello definita per gli edifici ordinari dal GNDT. I dati per la valutazione della vulnerabilità degli edifici vengono raccolte mediante due schede semplificate, una per la muratura e una per il CA, concepite per effettuare una indagine rapida estensibile alla totalità degli edifici abitativi presenti. L'analisi dei dati raccolti consente di ottenere una descrizione delle caratteristiche tipologico-costruttive degli edifici, la valutazione della vulnerabilità, come pure la loro collocazione territoriale mediante rappresentazione GIS.

Per censimenti che riguardano migliaia di costruzioni in ambito GNDT si è sviluppata nel corso degli anni una metodologia denominata censimento speditivo degli edifici. Sperimentata inizialmente per l'indagine conoscitiva e l'analisi della vulnerabilità degli edifici del centro storico di Catania, successivamente ha subito alcune modifiche e revisioni e nella sua ultima formulazione è stata utilizzata per censire gli edifici in muratura ed in calcestruzzo armato del presente lavoro.

La scheda speditiva permette un rilevamento estensivo più agevole attraverso l'adozione di informazioni del 1° livello, una valutazione di alcuni degli undici parametri del 2° livello della scheda GNDT, escludendo il lavoro di rilievo dei dati metrici delle murature resistenti per il calcolo del parametro di secondo livello denominato Resistenza sismica convenzionale, lavoro che comporta un rilevante dispendio di tempo per espletare una visita interna accurata dell'edificio e per le materiali operazioni di misurazione. La figura illustra sinteticamente la metodologia speditiva per



la valutazione della vulnerabilità e per le analisi di scenario e di rischio sismico dell'edilizia ordinaria. Le due schede di censimento per gli edifici in muratura e c.a. possono essere impiegate per raccogliere dati di primo e di secondo livello che consentono analisi di carattere tipologico (1° livello) con l'ausilio di matrici di probabilità di danno (DPM), oppure mediante indici e/o indicatori di vulnerabilità (2° livello) utilizzando curve di fragilità e/ curve di danno o anche di capacità

LIVELLI DI CONOSCENZA, STRUMENTI OPERATIVI, FINALITÀ
(Schema esemplificativo)

Livello	a) Vulnerabilità b) Pericolosità	Descrizione	Ambito	Finalità
0	a) Check-list b) Pericolosità a livello nazionale	a) Scheda che consente di individuare, localizzare e descrivere, con informazioni sintetiche, tutte le emergenze architettoniche e ambientali presenti sul territorio.	Territoriale	Consentono di definire livelli di attenzione per raggruppamenti o categorie secondo criteri basati su indicatori qualitativi e finalizzati a definire priorità di intervento e/o di necessità di approfondimento delle conoscenze.
0	a) Dati ISTAT b) Pericolosità a livello nazionale	a) Dati poveri sulle caratteristiche del costruito, popolazione, socio-economici.	Territoriale	Analisi di vulnerabilità, esposizione e rischio con la definizione della sezione censuaria.
0	a) Scheda centro b) Pericolosità a livello nazionale o grande scala	a) Dati generali sulle caratteristiche insediativa, sulla consistenza e sulle caratteristiche dell'edificato e indicatori finalizzati alla valutazione della vulnerabilità urbana.	Centri urbani e centri storici	Graduatorie di vulnerabilità e rischio per insieme di centri.
1	a) Schede speditive per edifici b) Schede speditive di pericolosità dell'area	a) Dati sulle caratteristiche tipologiche e di vulnerabilità degli edifici. b) Caratterizzazione morfologica, e geologica dell'area per microzonazioni di tipo speditivi.	Centri urbani e centri storici	a) graduatorie di vulnerabilità degli edifici sempre finalizzate a definire priorità di intervento e/o di necessità di approfondimento delle conoscenze; b) individuazione delle zone a maggiore pericolosità e/o le zone su cui è necessario effettuare approfondimenti. Insieme, consentono di individuare le zone (e/o gli edifici) del centro a maggior rischio e di costruire possibili scenari di danno.
2	a) Schede di 2° livello per edifici ed altre tipologie b) Schede per la valutazione degli effetti dei siti di appoggio	a) Schede basate sulla raccolta di dati relativi a parametri descrittivi del comportamento sismico, relativi a meccanismi di collasso, carenze strutturali, etc. b) Caratterizzazione morfologica, e geologica dei siti di appoggio per valutazione effetti locali.	Insieme di costruzioni	a) per graduatorie di vulnerabilità di maggiore dettaglio e per individuare carenze strutturali e conseguentemente fornire indicazioni metaprogettuali; b) per valutare possibili effetti di amplificazione; Insieme, consentono analisi di rischio di maggiore dettaglio.
3	a) Indagini dirette, prove sperimentali e verifiche sismiche b) Indagini di sito, sondaggi e prove	a) Procedure definite anche su più livelli per la conoscenza delle caratteristiche costruttive e la verifica delle condizioni di resistenza sismica. b) Procedure di indagine sui terreni di fondazione per la valutazione degli effetti locali	Singole costruzioni	Verifica delle condizioni di sicurezza e rischio sismico

Per la complessità del tipo di approccio volto all'analisi e della descrizione delle varie componenti fisiche (ma anche non strettamente tali) la metodologia assume di necessità una articolazione di tipo multilivello, in modo da assecondare le esigenze di massima flessibilità in funzione di una sua utilizzazione in varie situazioni, a seconda della dimensione del contesto, delle risorse e del tempo disponibili e quindi del diverso grado di approfondimento da conseguire. Il carattere fondamentalmente speditivo posto alla base è comunque pensato per favorire una complessiva integrazione dei livelli di lettura e di analisi del sistema urbano previsti nella procedura in un ambiente GIS. Essa infine, come accennato, presuppone anche la possibilità di integrare la non trascurabile influenza derivante dalle condizioni di sito.

In linea con questa impostazione, per le finalità del Progetto SISMA, l'approccio metodologico è stato ulteriormente sviluppato e migliorato. Nell'ambito della sperimentazione svolta sul centro storico campione della città di Sulmona sono stati in parte riutilizzati i dati dell'indagine di vulnerabilità del 1999, sottoposta a verifica, completamento ed integrazione con dati riguardanti anche le strutture strategiche, e le chiese che sono state rilevate mediante la specifica procedura basata sui meccanismi di danno che per esse è stata realizzata e di recente aggiornata. La particolare importanza che assume la componente di esposizione relativa alla presenza della popolazione residente è stata presa in considerazione in via sperimentale, nel caso di Sulmona, considerando e georeferenziando anche le informazioni contenute negli archivi anagrafici comunali.

Strumenti

Il catasto aggregati-edifici

Nella sua definizione più ampia il *catasto degli edifici* consiste in una rappresentazione, su base cartografica, del patrimonio edilizio presente sul territorio nell'ambito del sistema insediativo territoriale e del sistema insediativo urbano, funzionale al riconoscimento delle caratteristiche di vulnerabilità sismica e che in tal senso identifica, in primo luogo gli *aggregati strutturali* e i relativi *edifici*, distinguendo alcune tipologie fondamentali: a) edilizia corrente, b) edifici strategici e speciali, c) edifici di interesse storico-architettonico (in particolare gli edifici di culto), d) edifici industriali. Il “catasto”, in quanto rappresentazione di emergenze territoriali può riguardare anche le life-lines, le zone in potenziale dissesto e altre componenti vulnerabili identificate sul territorio.

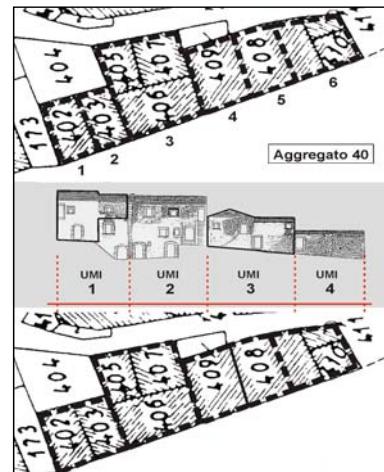
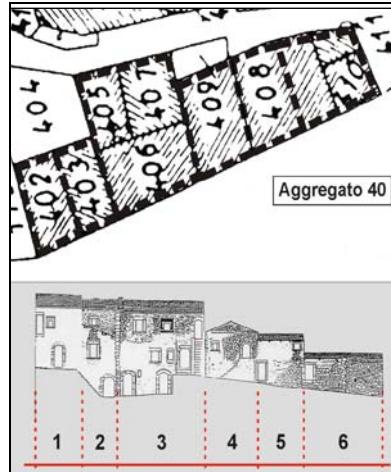
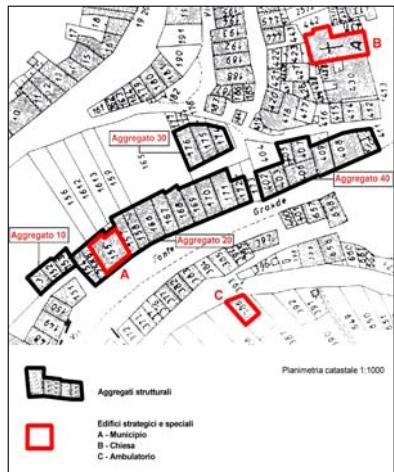
Per *aggregato strutturale* si intende un insieme di uno o più edifici tra loro collegati strutturalmente e in genere coincidenti con un isolato. Si considerano aggregati a sé stanti anche quelli collegati in maniera “debole”.

Per *edificio* si intende una unità edilizia strutturalmente identificabile che può essere isolata o parte di un aggregato.

Come già detto il catasto degli edifici è utile, se non indispensabile, in ciascuna delle fasi cui si è fatto prima riferimento: prevenzione, emergenza, ricostruzione.

- Nella fase di prevenzione e preparazione all'emergenza il catasto degli edifici è necessario per effettuare campagne di rilevamento della vulnerabilità, sia per programmare interventi di riduzione della vulnerabilità (e quindi del rischio), sia per la valutazione della vulnerabilità urbana e la realizzazione di scenari necessari per la redazione dei piani comunali di protezione civile, e la conseguente attività di preparazione all'emergenza.
- Nella fase dell'emergenza il catasto degli edifici è strumento indispensabile per condurre in maniera corretta ed efficiente i rilievi di danno e le valutazioni dell'agibilità. Una volta effettuati i sopralluoghi, il catasto degli edifici diventa la base su cui riportare gli esiti degli stessi sia in termini di agibilità che di danno. Gli esiti di agibilità consentono di avere una mappatura della situazione e di gestire in modo ordinato l'emanciata o la revoca delle ordinanze di sgombero e le fasi di ulteriore verifica (caso incerto, ripristino dell'agibilità a seguito di interventi provvisionali e così via). Il rilievo e la mappatura del danno facilitano le operazioni di messa in sicurezza e la riorganizzazione delle funzionalità nella mobilità e distribuzione dei servizi.
- Nella fase di ricostruzione gli esiti della verifica del danno e le conoscenze eventualmente acquisite sulle condizioni di vulnerabilità consentono poi di avviare la programmazione delle varie tipologie degli interventi di ripristino, una prima individuazione preliminare delle Unità Minime di Intervento (U.M.I.) e, successivamente, una volta verificata la dislocazione delle unità immobiliari - carta delle penetrazioni – la individuazione delle Unità Minime di Intervento definitive. Danneggiamento e vulnerabilità consentono inoltre di valutare, soprattutto in ambito urbano, quali possono essere le zone da assoggettare a specifici programmi e/o piani di recupero.

In questa logica la costruzione del *catasto degli edifici* consente anche di organizzare un data-base tale da accompagnare ogni edificio danneggiato dalla segnalazione di danno del singolo cittadino alla conclusione della singola riparazione, passando attraverso le necessarie attività di controllo sugli interventi eseguiti, favorendo quindi una corretta ed ordinata gestione di tutte le attività edilizie post terremoto in genere.



Tav. 1 – Individuazione aggregati strutturali nell’ambito della planimetria catastale.

Per aggregato strutturale si intende un insieme di uno (caso C) o più edifici tra loro collegati strutturalmente, in genere coincidente con un isolato. Vanno considerati a sé stanti anche aggregati con collegamenti “deboli” (caso Aggregati 10 e 20).

Tav. 2 - Individuazione degli edifici nell’ambito dell’aggregato strutturale.

L’individuazione degli edifici all’interno dei singoli aggregati è un’operazione da effettuare con particolare attenzione in quanto non sempre le particelle catastali coincidono con gli edifici.

Tav. 3 - Individuazione U.M.I. (Unità Minime di Intervento) in base alle compenetrazioni.

In fase di programmazione della ricostruzione è necessario individuare le UMI che possono non coincidere con gli edifici già individuati in quanto bisogna tener conto delle eventuali compenetrazioni di una stessa unità immobiliare in più edifici (casi UMI 1 e UMI 3)

Tavole illustrate della procedura di individuazione degli aggregati, degli edifici (unità strutturali) delle unità minime e per la formazione del catasto aggregati-edifici.

Fase	Attività	Obiettivi
PREVENZIONE	<i>individuazione degli aggregati, degli edifici ed altre componenti, valutazioni della vulnerabilità analisi di rischio e scenari sismici attraverso rilievi a vari livello di approfondimento.:</i>	<i>interventi preventivi (sulla base di priorità):</i> - programmi di intervento per la riduzione della vulnerabilità e del rischio sismico <i>preparazione all’emergenza:</i> - manuale tecnico dell’emergenza - piani per l’emergenza sismica - formazione e informazione - piani di protezione civile
EMERGENZA	<i>Campagne di rilevamento del danno e di valutazione dell’agibilità</i>	- gestione ordinanze sgombero, alloggi provvisori, opere provvisionali etc. - valutazione economica del danno
RICOSTRUZIONE	<i>Individuazione e programmazione interventi (unità minime di intervento e tipologie) sulla base di:</i> - catasto edifici, tipologie edilizie e di aggregazione e compenetrazioni di proprietà - rilievi di agibilità e danno - condizioni di vulnerabilità	- riparazione del danno - ottimizzazione delle risorse - riduzione del rischio

Il catasto aggregati-edifici nelle tre fasi di attività per la riduzione del rischio sismico: prevenzione, emergenza e ricostruzione.

Scheda speditiva per edifici in muratura

Il modello di valutazione della vulnerabilità degli edifici rilevati con la procedura speditiva è stato sviluppato, per naturale conseguenza, sul calcolo di un indice in analogia a quello GNDT per la scheda di 2° livello. Esso considera, infatti, gli stessi 11 parametri del 2° livello GNDT articolati nelle 4 classi A,B,C e D a vulnerabilità crescente e fa quindi ricorso a regole che riproducono al meglio gli stessi criteri di attribuzione In alcuni casi tuttavia, a causa del minor numero di informazioni raccolte per via speditiva, i criteri si differenziano per le modalità adottate. Per i parametri 1 (tipo ed organizzazione del sistema resistente), 10 (elementi non strutturali) e 11 (stato di fatto) l'attribuzione di una delle 4 classi di vulnerabilità è fatta direttamente sulla scheda dal rilevatore e sulla base degli stessi identici criteri previsti nella procedura GNDT originaria. Per assegnare la classe ai restanti parametri, si utilizzano invece elementi di valutazione parzialmente coincidenti con quelli del modello GNDT di 2° livello, in alcuni casi sono state seguite strategie di valutazione basate sull'incrocio di informazioni relative a più parametri. Per il parametro 4 (posizione edificio e fondazioni), che non ha sulla scheda speditiva informazioni collegate, la classe viene assegnata in base alle conoscenze e alle informazioni assunte sulle caratteristiche geologiche e geotecniche dei siti di ubicazione dei centri abitati; la metodologia prevede anche la possibilità di utilizzare i dati risultanti da un eventuale rilievo di microzonazione sismica, come elementi di definizione della classe del parametro 4 citato o come fattori sul fronte della pericolosità sismica che modificano il livello di scuotimento atteso. Nelle figure seguenti sono riportate le schede con le relative informazioni per muratura e c.a., i parametri e le modalità di calcolo dell'indice di vulnerabilità e l' illustrazione dello schema di sintesi della metodologia.

EDIFICI IN MURATURA																																	
ISTAT Regione					ISTAT Comune					Comune					Nº Squadra		Nº Aggregato																
NUMERO EDIF.	POSIZIONE EDIFICO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	COBERTURA	SECONDEMETRIA	REGOLARITÀ*	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28				
		N. PIAN.	H max [m]	H minima [m]	AREA PIANTA [mq]	USO	INTONACI ESTERNI	ETÀ ¹	INTERVENTI ²	N. PIAN. fronte princip.	H fronte princip.	TIPO STRUTTURALE	STRUTTURA VERITÀ AL	STRUTTURA ORIZ. FREV.	ALTRI CRIZZONI AM.				COLLEGAM. STR. VERT.	COLLEGAM. STR. ORIZ.	STATO DI FATTO	STATEMENT SUBSTITUTIVI RISPARMIO	BLOCATURA IN FRACCATA	ALTRI ELEMENTI	UTILIZZAZIONE	MESI DI UTILIZZO	ACQUA/GRASSA VISITA						
[38-39]		[86]	[88-100]	[101-103]		[112]	[122]	[273]	[270]	[272]			[281]	[282]					Par. 1	Par. 5	Par. 6 Par. 7	Par. 10	Par. 11										

Scheda speditiva per il rilievo di vulnerabilità degli edifici ordinari in muratura . (Sezione relativa alla raccolta dati delle singole unità strutturali corrispondenti ad una riga del form)

PARAMETRO	CLASSE			PESO		INDICE GLOBALE DI VULNERABILITÀ
	A	B	C	D	pi	
1 Tipo ed org. del sistema res.	0	5	20	45	1.00	
2 Qualità del sistema resistente	0	5	25	45	.25	
3 Resistenza convenzionale	0	5	25	45	1.05	
4 Posizione edificio e fondaz.	0	5	15	45	.75	
5 Orizzontamenti	0	5	25	45	Variab.	
6 Configurazione planimetrica	0	5	25	45	.50	
7 Configurazione in elevazione	0	5	25	45	Variab.	
8 Distanza massima murature	0	5	25	45	.25	
9 Coperture	0	15	25	45	Variab.	
10 Elementi non strutturali	0	0	25	45	.25	
11 Stato di fatto	0	5	25	45	1.00	
						$V = \sum_{i=1}^{11} C_{vi} p_i$
						$0 \leq V \leq 382.5$
						Indice normalizzato
						$0 \leq V \leq 100$

Calcolo dell'indice globale di vulnerabilità V per gli edifici in muratura: somma dei prodotti dei punteggi attribuiti a ciascun parametro di valutazione in funzione dell'appartenenza ad una delle quattro classi di vulnerabilità A,B,C,D per i pesi dei parametri.

Scheda speditiva per edifici in c.a.

La scheda speditivi per gli edifici in c.a. è stata realizzata in analogia con quella degli edifici in muratura. Attraverso l'osservazione di alcuni caratteristiche costruttive, la procedura di valutazione della vulnerabilità prevede il calcolo di un indice attraverso la combinazione di punteggi assegnati ad alcune variabili sintetiche significative per descrivere il comportamento sismico. Nella figura che segue è riportata la scheda con i parametri da rilevare. La calibrazione della stima dei valori dell'indice è stata effettuata attraverso una analisi dei dati di vulnerabilità e danno rilevati dopo il sisma dell'Irpinia del 1980, anche in maniera coerente con le valutazioni relative ai livelli di vulnerabilità degli edifici in muratura. Le variabili considerate nella procedura sono le seguenti:

- a) età di costruzione;
- b) tipologia del sistema strutturale resistente;
- c) interasse medio dei pilastri "i";
- d) dimensione media dei pilastri al piano più "d";
- e) numero di piani "n";
- f) presenza di piano terra debole;
- g) presenza di pilastri tozzi;
- h) regolarità;
- i) presenza di elementi in aggetto.

La vulnerabilità di ogni edificio viene stimata come sommatoria di contributi derivanti da punteggi associati alle variabili precedenti con un valore medio desunto dall'analisi dei dati irpini. L'indice di vulnerabilità è stimato per mezzo di una combinazione lineare di un valore medio, desunto dalla distribuzione dei dati dell'Irpinia '80, e di contributi DV^+ e DV^- , come di seguito indicato:

$$V = V_m + \sum_i k_i \cdot DV^+ \quad \text{if } \sum_i k_i \geq 0$$

$$V = V_m + \sum_i k_i \cdot DV^- \quad \text{if } \sum_i k_i < 0$$

dove:

$V_m = 12$ è il valore medio dell'indice di vulnerabilità

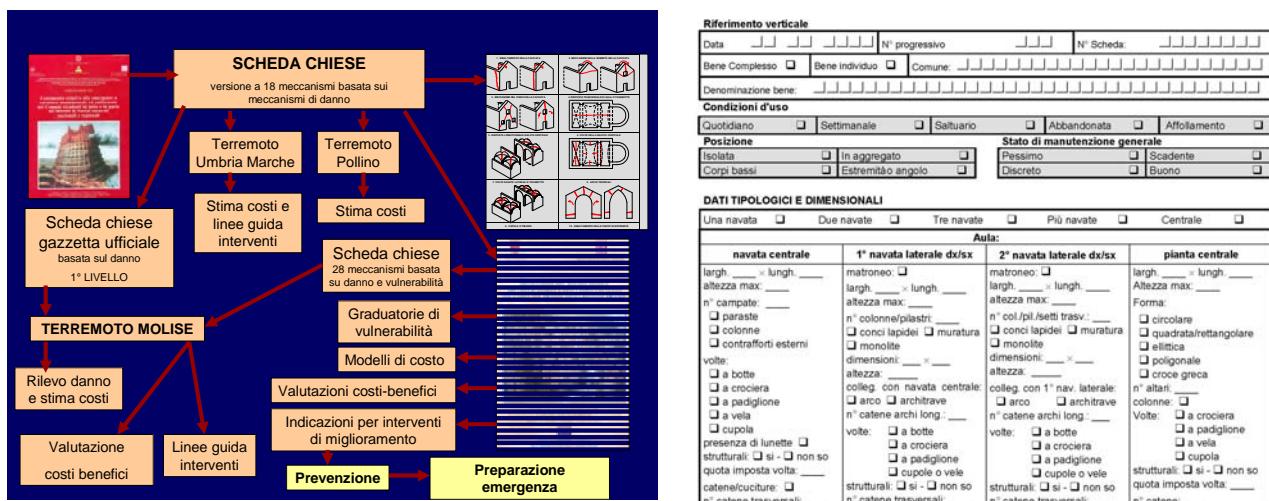
DV^+ e DV^- definiscono il campo di variazione di V . assunto tra -25 e 100, in coerenza con la scala della muratura.

EDIFICI IN CALCESTRUZZO ARMATO																									
		ISTAT Regione		ISTAT Comune		Comune				Squadra		N° Gruppo o aggregato													
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23			
N.UM. EDIF.	N. PIANI	H I [°] LIVELLO	H massima [m]	H minima [m]	USO	ETAT'	AREA PIANA	N. PIANI fronte principale [m]	H fronte principale [m]	GIANTO	SYSTEMA RESISTENZE	MAGLIA STRUTTURALE	DIMENSIONI PIÙ ALTI	REGOLARITÀ PIANTA	PIANO DEBOLI	TAMPO NATURE 1 [°] LIVELLO	ELEMENTI TOZZI BOWWINDOWAS STRUTTURALI	UTILIZZAZIONE	MESI DI UTILIZZO	OCCUPANTI	ACQUARANTEZA VISITA				
[38-39]	[88]		[38-100]	[101-103]	[114]			[122]	[123]	[270]															

Scheda speditiva per il rilievo di vulnerabilità degli edifici ordinari in c.a. (Sezione relativa alla raccolta dati delle singole unità strutturali corrispondenti ad una riga del form)

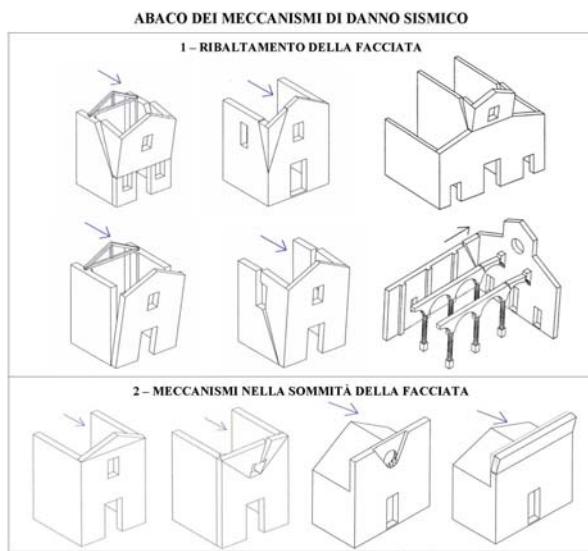
Scheda Chiese

Nell'ambito del sistema centro storico, una particolare attenzione è stata rivolta ad alcuni edifici specialistici, quali le chiese che, notoriamente, presentano una vulnerabilità mediamente più alta dell'edilizia corrente e quindi, anche per la loro collocazione nel contesto urbano, spesso determinano un elevato "rischio indotto" sul patrimonio edilizio circostante e sulla viabilità. Per il rilievo di vulnerabilità è stata utilizzata la *Scheda Chiese* da alcuni anni utilizzata in Italia in varie occasioni, soprattutto per il rilievo dei danni provocati dai terremoti che si sono avuti a partire da quello dell'Umbria-Marche del 1997. Nella figura sono riportate alcune parti della scheda nella sua ultima versione che evidenziano come la metodologia di valutazione della vulnerabilità associata sia basata sulla identificazione della presenza di meccanismi di danno tipicamente riscontrati nel comportamento sismico di questo tipo di edifici e di presidi antisismici.



INDICE DI DANNO E VULNERABILITÀ		
1 - RIBALTIMENTO DELLA FACCIA		
Presenza del macroelemento in relazione al meccanismo: Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		
Vulnerabilità (non so)	Presidi antisismici <input type="checkbox"/> Presenza di catene longitudinali <input type="checkbox"/> Presenza di efficaci elementi di contrasto (contrafforti, corpi addossati, altri edifici) <input type="checkbox"/> Ammorsamento di buona qualità tra la facciata ed i muri della navata	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	Indicatori di vulnerabilità <input type="checkbox"/> Presenza di elementi spingenti (punti di copertura, volte, archi) <input type="checkbox"/> Presenza di grandi aperture nelle pareti laterali in vicinanza del cantone	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Danno attuale	Distacco della facciata dalle pareti o evidenti fuori piombo	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	vecchio	Distacco della facciata dalle pareti o evidenti fuori piombo
2 - MECCANISMI NELLA SOMMITÀ DELLA FACCIA		
Presenza del macroelemento in relazione al meccanismo: Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		
Vulnerabilità (non so)	Presidi antisismici <input type="checkbox"/> Presenza di collegamenti puntuali con la copertura (travi-catene) <input type="checkbox"/> Presenza di controventi di falda <input type="checkbox"/> Presenza di cordoli leggeri (metallici reticolari, muratura armata, c.a. sottili)	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	Indicatori di vulnerabilità <input type="checkbox"/> Presenza di grandi aperture (rosone o altro) <input type="checkbox"/> Presenza di una sommità vela di grande dimensione e peso <input type="checkbox"/> Cordoli rigidi, trave di colmo in c.a., copertura pesante in c.a.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Danno attuale	Lesioni inclinate a (taglio) - Lesioni verticali o arcuate - Rotazioni delle capriate	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	vecchio	Lesioni inclinate a (taglio) - Lesioni verticali o arcuate - Rotazioni delle capriate
3 - MECCANISMI NEL PIANO DELLA FACCIA		
Presenza del macroelemento in relazione al meccanismo: Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		
Vulnerabilità (non so)	Presidi antisismici <input type="checkbox"/> Presenza di catene in contraffaccia <input type="checkbox"/> Contrasto laterale fornito da corpi addossati o facciata inserita in aggregato	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	Indicatori di vulnerabilità	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

Riferimento verticale				
Data	N° progressivo	N° Scheda:		
Bene Complesso <input type="checkbox"/>	Bene individuo <input type="checkbox"/>	Comune: _____		
Denominazione bene: _____				
Condizioni d'uso				
Quotidiano <input type="checkbox"/>	Settimanale <input type="checkbox"/>	Situativo <input type="checkbox"/>	Abbandonata <input type="checkbox"/>	Affollamento <input type="checkbox"/>
Isolata <input type="checkbox"/>	In aggregato <input type="checkbox"/>	Pessimo <input type="checkbox"/>	Scadente <input type="checkbox"/>	
Corpi bassi <input type="checkbox"/>	Estremità angolo <input type="checkbox"/>	Discreto <input type="checkbox"/>	Buono <input type="checkbox"/>	
Stato di manutenzione generale				
Aula:				
navata centrale	1 ^a navata laterale dx/sx	2 ^a navata laterale dx/sx	pianta centrale	
lorgh. _____ × lungh. _____ altezza max: _____	matroneo: <input type="checkbox"/> lorgh. _____ × lungh. _____ altezza max: _____	matroneo: <input type="checkbox"/> lorgh. _____ × lungh. _____ altezza max: _____	lorgh. _____ × lungh. _____ Altezza max: _____	
n° campate: _____ <input type="checkbox"/> paraste <input type="checkbox"/> colonne <input type="checkbox"/> contrafforti esterni	n° colonne/pilastri: _____ <input type="checkbox"/> conci lapidei <input type="checkbox"/> muratura <input type="checkbox"/> monolite dimensioni: _____ × _____ altezza: _____	n° col./pil./sett. trav.: _____ <input type="checkbox"/> conci lapidei <input type="checkbox"/> muratura <input type="checkbox"/> monolite dimensioni: _____ × _____ altezza: _____	Forma: <input type="checkbox"/> circolare <input type="checkbox"/> quadrata/rettangolare <input type="checkbox"/> ellittica <input type="checkbox"/> poligonale <input type="checkbox"/> croce greca	
volte: <input type="checkbox"/> a botte <input type="checkbox"/> a crociera <input type="checkbox"/> a padiglione <input type="checkbox"/> a vela <input type="checkbox"/> cupola	altezza: <input type="checkbox"/> a botte <input type="checkbox"/> a crociera <input type="checkbox"/> a padiglione <input type="checkbox"/> a vela <input type="checkbox"/> cupola o vele	colleg. con navata centrale: <input type="checkbox"/> arco <input type="checkbox"/> architrave n° catene archi long.: _____ volte: <input type="checkbox"/> a botte <input type="checkbox"/> a crociera <input type="checkbox"/> a padiglione <input type="checkbox"/> cupole o vele	n° altari: _____ colonne: <input type="checkbox"/> Volte: <input type="checkbox"/> a crociera <input type="checkbox"/> a padiglione <input type="checkbox"/> a vela <input type="checkbox"/> cupola	
presenza di lunette <input type="checkbox"/> strutturali: <input type="checkbox"/> si - <input type="checkbox"/> non so quota imposta volta: _____	strutturali: <input type="checkbox"/> si - <input type="checkbox"/> non so quota imposta volta: _____	n° catene trasversali: _____	strutturali: <input type="checkbox"/> si - <input type="checkbox"/> non so quota imposta volta: _____	
catene/fucature: <input type="checkbox"/> n° catene trasversali: _____			n° catene: _____	



Per gli edifici pubblici presenti nel centro storico, in particolare per le scuole, sono stati utilizzati le valutazioni di vulnerabilità già effettuate dalla Regione e recentemente revisionate.

CAPITOLO 2

Il caso studio di Sulmona

Inquadramento territoriale

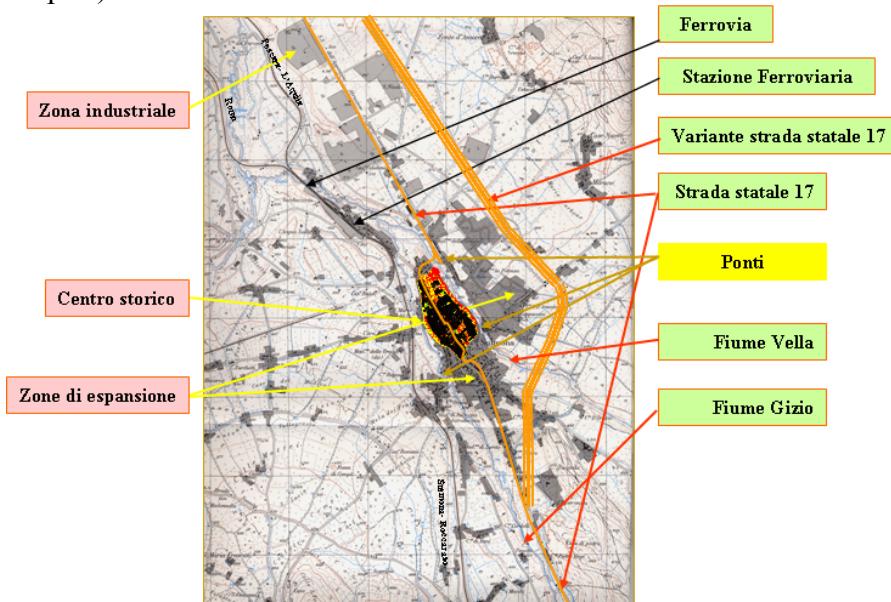


Sulmona è posta nel cuore dell'Abruzzo interno, nella Valle Peligna, alla confluenza dei fiumi Gizio e Vella, alle pendici della Maiella.

La città è posizionata lungo la SS17 che fino agli anni settanta ha costituito il principale asse di collegamento tra le zone adriatiche con il Napoletano.

Solo con la realizzazione della rete autostradale di collegamento tra l'Adriatico ed il Tirreno degli anni 70 La città di Sulmona perdeva questa situazione di privilegio.

La città è facilmente raggiungibile sia in auto (casello autostradale, SS 17) che in treno (nodo ferroviario con linee per L'Aquila-Terni, Pescara – Avezzano - Roma, Castel di Sangro-Isernia-Napoli).



La città è costituita essenzialmente dal centro storico e da due zone di espansione sviluppatesi negli 60/70 una a sud l'altra ad ovest dell'antico borgo.

La zona industriale, situata a nord, è caratterizzata soprattutto dall'insediamento della FIAT che costituisce la maggiore realtà occupazionale della zona,

La città si trova sulla linea ferroviaria Pescara-Roma con collegamenti anche attraverso l'alto Abruzzo con L'Aquila, Rieti Terni. Di scarsa importanza è il collegamento ferroviario con l'alto Sangro. La citata SS 17 attraversa il centro di Sulmona e soltanto negli anni ottanta è stata realizzata una variante che decongestiona il centro dal traffico di passaggio. L'ambiente è inoltre caratterizzato da due fiumi, il Gizio ed il Vella, uno passante ad est ed uno ad ovest del centro storico.

Inquadramento storico e urbanistico.

La città Romana

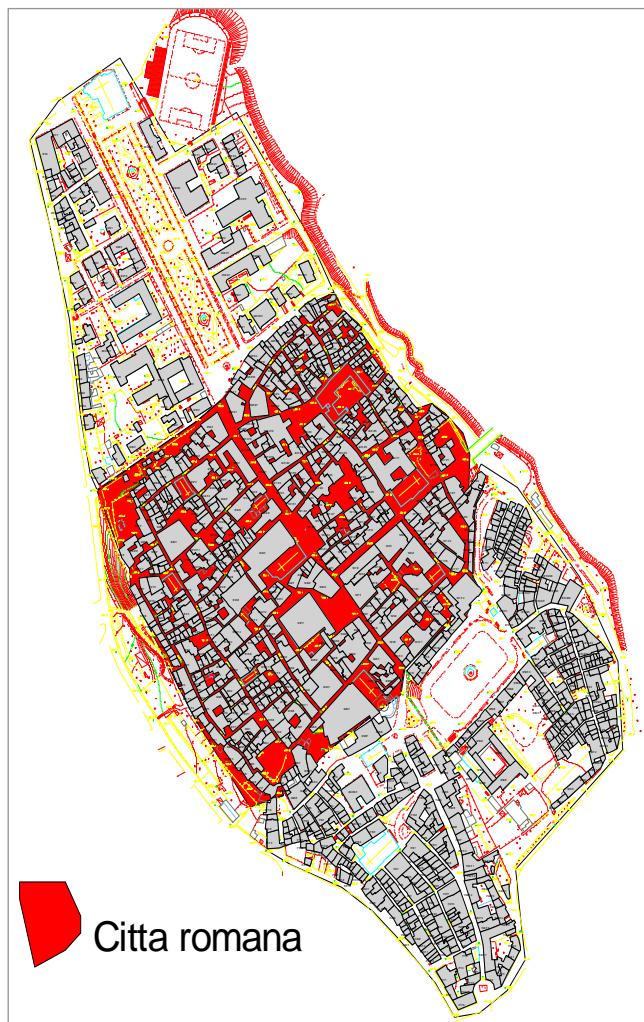
La storia urbanistica di Sulmona è ricca di leggende che da Febonio hanno quasi tutte un indice di credibilità, ma che nei secoli hanno subito qualche deformazione, aggiungendo o togliendo dei particolari.

La leggenda sulla fondazione più cara ai Sulmonesi è quella risalente ad Ovidio e Silio Italico, che ne ricollegano la fondazione alla mitica figura di Solimo, compagno di Enea.

La critica storica più recente ritiene attendibile la notizia tramandata da Lucio Florio circa la

distruzione dell'antico *Sulmo* ad opera di Silla nel quadro delle ritorsioni contro le città italiche rimaste fedeli a Mario durante la guerra civile. Negli anni che seguirono, l'*oppidum* fu ricostruito, come menziona Cesare nel "De Bello Civ." e ristrutturato, per quanto possibile, secondo i canoni urbanistici del tempo.

In tale circostanza, mentre la larghezza dell'abitato rimaneva condizionata dalla situazione orografica accidentata, che non concedeva alternative alla linea difensiva forzatamente legata al ciglio strapiombante del terrazzo, la lunghezza dovette essere adeguata ai criteri del *castrum romano*. Difatti, la distanza intercorrente tra le due opposte porte ubicate all'estremità del *cardo* fu fissata negli 11 *actus* del *castrum* (pari a 390,83 m.). Tali rilievi sono ancora possibili dal momento che, nonostante le modifiche indotte dalle successive fasi edilizie, il più antico nucleo lascia ancora riconoscere l'impianto di epoca romana: un'area grossolanamente quadrata, lottizzata a scacchiera, con un cardo (attuale Corso Ovidio), due decumani e relative sei porte posizionate ai loro sbocchi. Si può quindi riassumere che il nucleo più antico della città debba essere stato il quadrilatero compreso tra la Circonvallazione Orientale, Via



Morrone, Via Gramsci e Via Scudieri, ossia buona parte del rione Japasseri che anticamente si chiamava "la Rocca". Questa zona è sempre stata la più difesa della città e quando nel XIII secolo avvenne l'ampliamento della città e il conseguente allargamento della cinta muraria, si fece del nucleo antico la cittadella, e la Rocca divenne la rocca nella cittadella stessa.

Il secondo nucleo antico, di poco posteriore al primo, era posto sul belvedere occidentale ed era compreso fra Porta Bonomini, Via Corfinio, Porta Fili Amabili e Via Quadrario. Questo nucleo era,

Porte prima cerchia	
Porta Sant'Agostino	Scomparsa
Porta Japasseri	Scomparsa
Porta Manaresca	Scomparsa
Porta salvatori	Scomparsa
Porta Filiamibili	Esistente
Porta Bonomi	Esistente
Porta Molina	Esistente

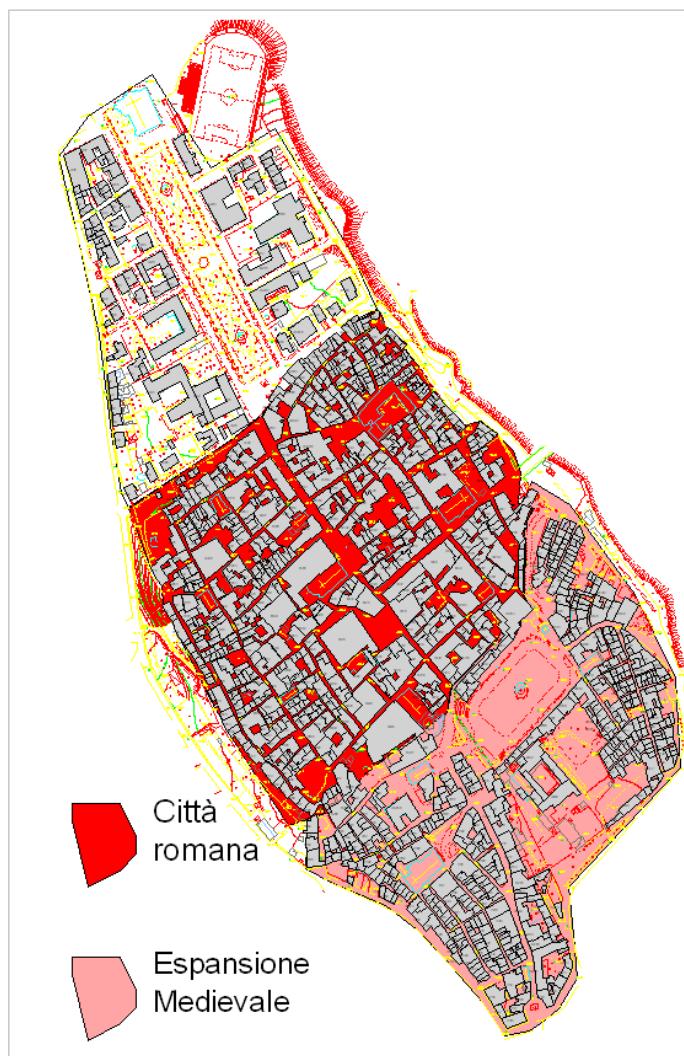
come quello della Rocca, fortificato da possenti mura poligonali che nel tempo sono andate perdute a causa dei terremoti e maggiormente a causa della riutilizzazione dei loro blocchi nella ricostruzione delle case. Successivamente questi due nuclei vennero ampliandosi l'uno verso l'altro fino al congiungimento che avvenne all'incirca sulla zona odierna del corso Ovidio. Nelle mura della città erano comprese sette porte di cui 3 sono giunte sino ai nostri giorni. Alcune delle altre porte sono state distrutte nell'ampliamento medievale con la costruzione della seconda cinta muraria..

L'incipiente crisi del mondo antico arrestò ogni ulteriore processo espansivo e la crisi succeduta al disfacimento dell'impero romano coinvolse anche la piccola città peligna, lasciandola per secoli racchiusa e limitata nell'ambito di pochi iugeri di ovidiana memoria.

La città medioevale

Il sufficiente stato di conservazione del centro storico, poco alterato almeno nel suo assetto generale, attendibili documenti di archivio ed alcune vedute prospettiche cinque-seicentesche consentono una ricostruzione abbastanza fedele della città alto medievale e delle diverse fasi delle successive vicende urbanistiche⁷.

Il nucleo alto medievale è infatti sovrapponibile alla città romana, e facilmente riconoscibile in quanto racchiuso in una cerchia di mura quadrangolare di circa 1600 mt di svolgimento.



I due corsi d'acqua che abbracciano l'antica Sulmona ne condizionarono comunque lo sviluppo e ne favorirono la difesa, tanto da essere portati all'interno dell'abitato con un monumentale acquedotto.

Un interessante codice pergamenaceo⁸ del XIII secolo, menziona tutte le chiese e le porte cittadine:... nella cortina muraria si aprivano sei porte e una postierla: due allo sbocco dell'asse stradale principale, *porta Sancti Panfilii* a nord-ovest, *porta Salvatoris* a sud-est; quattro in prossimità degli angoli del quadrato difensivo, *porta Johannis Passarum* e *Johannis Bonorum Hominorum* nei settori settentrionali, *Filiorum Amabilis* e *Manaresca* nei meridionali; la postierla, detta Postergula o di *S. Andrea intus*, lungo il lato occidentale. L'abitato era ripartito in sei distretti che prendevano il nome dalle rispettive porte.

Questa "cerchia antica", per quanto angusta, nei periodi di più profonda recessione demografica del primo Medioevo dovette accusare ugualmente ampi vuoti, rapidamente colmati però con la ripresa demografica e il

conseguente urbanesimo che coinvolse anche la piccola città peligna.

I primi indizi del processo espansivo si avvertirono già alla fine dell'XI secolo con la costruzione del palazzo vescovile e i radicali restauri della cattedrale, eretta forse nell'VII secolo, alquanto discosta dall'abitato.

A partire dalla prima metà del XIII secolo, attratti dalle buone prospettive economiche, nuove componenti migratorie affluirono nella cittadina peligna: nuovi mulini per la trasformazione dei prodotti della terra, poi fornaci e gualchiere mosse dalle acque del Gizio costituirono le infrastrutture di base per la produzione dei laterizi e la lavorazione della lana grezza, dei panni, dei cuoiami, del ferro, del rame e dei metalli pregiati. L'evoluzione economica spinse, nel 1234, Federico di Svevia ad eleggere Sulmona a sede del giustizierato d'Abruzzo e di una delle sette fiere annuali del regno⁹.

Sempre in questo periodo, saturata la capacità recettiva intramuranea, si accentuò l'occupazione del suolo suburbano: separati da una stretta fascia di rispetto (ancora oggi ben evidenziabile), corrispondente al pomerio esterno, ai fossati e agli aggeri della prima cinta difensiva, sorsero dapprima quattro aggregati extramuranei: borgo di S. Maria *de fore* (conosciuto con il nome di borgo Pinciaro) e borgo S. Lorenzo a nord; borgo S. Agata e borgo Mangiaporci sul lato opposto;

subito dopo, sempre verso meridione, i borghi di S. Maria della Tomba e Pacentrano che, con soluzioni tipiche degli agglomerati di epoca angioina, si strutturarono con isolati allungati secondo l'asse maggiore della città.

Nel processo di adattamento e ricostruzione dell'abitato antico, fu necessario affrontare in primo luogo, il problema degli spazi collettivi e l'inserimento del complesso cattedrale-episcopio nel contesto cittadino e della difesa dei nuovi borghi. Fu pertanto sottratta allo sviluppo edilizio l'ampia valle della piscaria (o della pescara) che si estendeva ad un livello più basso dell'abitato, subito all'esterno del tratto di muro

interposto tra le porte Salvatoris e Manaresca.

Anche all'altro capo della città, la vasta area che si estendeva davanti alla cattedrale di S. Panfilo fu riservata a fiere e mercati.

Il problema della protezione dei borghi fu definitivamente risolto nei primissimi decenni del trecento allungando i tratti orientali e occidentali delle muraglie sia verso settentrione, fino alla cattedrale sia in direzione opposta, a ridosso del borgo di S. Maria della Tomba. Così potenziato, il tracciato murario della *civitas* superò in lunghezza i 3.000 mt, racchiudendo una superficie affusolata di circa 39 ettari.

Col criterio di dotare ciascun borgo di un comodo varco per uso dei *burgenses*, nel nuovo recinto si aprirono altre porte.

A settentrione, di lato alla cattedrale, fu costruita la porta Sancti Amici, dall'altro estremo della città, la Porta Nova; ai piedi del borgo Pinciaro si aprì la porta omonima, poi detta Romana; in corrispondenza del borgo S. Agata la porta Sancti Antonii; nel borgo di S. Maria della Tomba la porta dello stesso nome; lungo i tratti orientali, la porta Fontis in rapporto con il borgo Mangiaporci (oggi Borghetto) e la Orientis con il borgo Pacentrano.

L'assetto urbanistico consolidatosi nei primi decenni del XIV secolo è pressappoco quello documentato dal catasto del 1376: l'abitato era sempre ripartito in sei distretti o Porte a cui si aggregavano i quattro borghi meridionali e i due settentrionali (al tempo già fusi sotto un'unica entità sotto il nome di borgo S. Panfilo).

Il catasto registra 1677 abitazioni, 108 botteghe, un albergo, alcuni ospedali, 30 chiese con 5 complessi monastiali, nonché 29 chiese e 5 monasteri *extra civitatis*.

Porte seconda cerchia	
Porta Sant'Amico	
Porta Fontis	Scomparsa
Porta Pacentrana	Esistente
Porta saccoccia	Esistente
Porta Napoli	Esistente
Porta S.Maria della Tomba	Esistente
Porta S.Antonio	Esistente
Porta Romana	Esistente

Le abitazioni del periodo medioevale

da Sardi de Letto: *La città di Sulmona*

Possiamo considerare le abitazioni medioevali, quasi riservate ad una sola famiglia, e generalmente ad un solo piano: probabilmente la unicità del piano dipendeva dall'accortezza di diminuire i danni e gli strapiombi originati dai terremoti che nei secoli si ripetevano con una certa frequenza e, senza conoscere l'uso del ferro armato, i costruttori diminuivano l'altezza dei fabbricati, anche nelle costruzioni dei palazzi, che in certo numero si trovavano in città. Tale stato si presentava in ogni stile, romanico, gotico ivi compreso le numerose chiese, alcune delle quali furono vanto e decoro, per cui molti conventi vi ebbero dimora.

Le case private, ad eccezione delle costruzioni "palazziate", avevano unico stile, sempre ad un solo piano, ad al posto "dell'atrium" romano, e del "peristilium", vi era uno slargo, più o meno ampio, di un cortile di smistamento e di servizio.

I contadini, che erano in gran numero, dimoravano in abitazioni anguste e del tutto insufficienti: vi furono abitazioni in cui nel terraneo vi era la stalla e il deposito di cose luride, diviso da un piano in legno orizzontale, sul quale, la famiglia, numerosa di figli, in promiscuità, vi trovava alloggio. I contadini pagavano con il lavoro ai campi, di proprietà dei signori delle stamberghie in atto. Questo genere di abitazioni ebbero vita fino al principio di questo secolo, allorché le famiglie emigrarono in America, alla ricerca di lavoro e di un più confacente stile di vita.

La copertura delle abitazioni in genere era costituita da "coppi", cioè da tegole di creta, costruite nella stessa Sulmona, e si chiamavano "pinchi". (allo slargo San Panfilo, vi era una zona chiamata appunto "Pinciara", da "pinco", ove si manipolava e coeveva la creta per farne i "pinchi").

...La costruzione dei muri, abbondantemente spessi, era costituita con amalgama di arena, calce e ciottoli del vicino Torrente "La Vella", quindi di forma quasi sferica, ed in tale amalgama vi si sono trovati geodi, anch'essi sferici, ricavati dalla vicina montagna di Introdacqua, centro peligno a pochi chilometri da Sulmona....

Questo genere di costruzioni, rotolante per la sferica materia occorsa, evidentemente non era del tutto sufficiente per la difesa ai terremoti.

La città rinascimentale

Nel 1329 la carestia e nel 1349 il terremoto avevano riportato la città di Sulmona in condizioni di crisi economica e demografica, tanto che l'area interposta tra la prima cinta e la cattedrale restò praticamente deserta e il borgo S. Panfilo cessò di esistere anche come entità amministrativa.

Quando nel XV secolo la popolazione venne ad essere pressoché dimezzata, il valore degli immobili subì una flessione notevole, favorendo l'accenramento della proprietà immobiliare ed in particolare delle aree fabbricabili. Nacquero i primi palazzotti signorili di cui quello Tabassi, con il portale di tipo durazzesco intagliato nel 1449 da Petri da Como.

Il terremoto del 1456 accentuò il diradamento del tessuto urbano trecentesco fatto di costruzioni di mole modesta, perlopiù affiancate dall'orto e dal casalino e più ampi spazi si resero disponibili per l'edilizia maggiore che, nel corso del XVI secolo, pur senza portare agli scenografici sconvolgimenti tipici degli agglomerati rinascimentali, conferirà un volto diverso alla città.

Nel 1474 il capitano Polidoro Tiberti di Cesena¹¹ fece costruire la fontana del Vecchio, nei pressi di Porta Salvatoris, nel tentativo di dare un riassetto alle opere pubbliche impoverite e danneggiate; ma mutati i tempi, con il diminuire dell'interesse per le strutture comunitarie si era fatta più vivace l'iniziativa privata, così che sulle aree un tempo occupate dagli orti e dalle piccole costruzioni medioevali sorse i palazzotti dei nobili e degli arricchiti, tutti raccolti intorno alla corte centrale e chiusi alla piazza e alla strada.

Più contenuta invece, l'edilizia pubblica: il completamento del Palazzo dell'Annunziata (1483-1522) e la costruzione del modesto *Palaczo de la Comunita* (1490) appaiono solo momenti episodici in un contesto caratterizzato piuttosto da restauri, rifacimenti e semplici ampliamenti di architetture preesistenti.

Comunque per oltre un secolo, pubblica o privata che fosse, l'attività edilizia fu intensa: il Palazzo Sardi (1477), quello di Giovanni dalle Palle veneziano (1484), la casa Meliorati (1511), il Palazzo Capograssi (1577), l'ampliamento del fronte della Cattedrale (1501), il chiostro di S. Chiara (1518), il monastero di S. Cosimo (dopo il 1599), i campanili dell'Annunziata (1565-1588), della Tomba (1578) e della Trinità (1600), la Fonte Grande (1584), la Fonte Japasseri (1600), i rifacimenti cinquecenteschi del borgo pacentrano, delle mura, delle porte della piazza del mercato e dell'acquedotto, indiziano un fervore edilizio sintomo di una ripresa demografica che perdurerà fino ai primi decenni del XVII secolo, senza però ripetere il magico momento dei due secoli innanzi.

La recessione del XVII secolo e il terremoto del 1706

Gli infausti eventi degli anni 1647-1649 e l'accentuata mortalità, imputata alla grave carestia a cui le pestilenze non dovettero essere estranee, denotarono un ristagno della situazione urbanistica. Unici eventi edilizi di portata trascurabile, ma significativi di come la controriforma operasse anche in aree periferiche, sono rappresentati dalla costruzione della chiesa oratorio di S. Filippo in piazza Garibaldi e del complesso dei Gesuiti, al centro della città. All'esterno della cintura difensiva i soli episodi di rilievo che avranno un significato nel futuro della città risultano quelli legati alle vicende di alcuni ordini monastici. Difatti, nel 1620 i Paolotti iniziavano la costruzione del complesso conventuale di S. Francesco di Paola; tra il 1651 e il 1681 gli Osservanti riedificavano nelle forme attuali l'antica chiesa di S. Nicola della Forma (oggi dedicata a San Pasquale); e nel 1658 i Cappuccini si trasferivano dalla primitiva sede di S. Girolamo (oggi l'Incoronata) in quella di San Giovanni Evangelista, a oriente dell'abitato, legando il loro nome all'intera zona.

Il terremoto del 1706 alterò profondamente l'intima struttura della città e, causando circa mille vittime, ridusse il già esiguo numero di abitanti. I danni materiali furono ingenti; edifici pubblici e privati andarono completamente distrutti o rimasero fortemente danneggiati; crollò il ramo secondario dell'acquedotto medioevale; lunghi tratti delle mura furono abbandonati insieme ad alcune porte, tra cui la Salvatoris e la S. Agostino, poi non più ricostruite; caddero quasi tutte le chiese, alcune delle quali furono rase al suolo e quindi abbandonate (S. Giovanni, S. Bartolomeo, S. Andrea *intus*; S. Andrea *de fore*); altre, restaurate alla meglio persero molto della loro monumentalità.

Della drammaticità dell'evento del 3 novembre 1706 fanno fede tutte le trattazioni storiche riguardanti questo argomento. Di esse due possono essere considerate "originali": la cronaca rinvenuta presso un salumaio da Antonio de Nino (databile 1713)¹² e la relazione del Marchese di Vigliena, viceré di Napoli, del 1706. Esistono anche delle trattazioni di I. di Pietro e di Sardi de Letto, ma entrambe poggiano in parte sulle testimonianze precedenti. Tutte confermano la gravità del fenomeno di cui ne è ancora oggi testimone una iscrizione posizionata sopra il portale di un palazzetto nobiliare posto dietro Piazza Salvatore Tommasi, che reca: "ANNO DOMINI 1710 A TERRAEMOTU CUM URBS ALIAS ALIO DILAPSA CASU TOTA CORRUIT QUARTO"¹¹.

Le scosse si susseguono a breve distanza di tempo, la strage colpisce tutti indistintamente, per un ora non si vede più nulla, "dalla gran polvere che occupava la città come una densa nebbia", poi torna la visibilità e appare lo spettacolo delle rovine in tutta la sua crudezza. Si raccolgono i morti e si mettono in salvo i feriti; la piazza grande viene utilizzata come luogo di raccolta e di organizzazione dei soccorsi. Vengono costruite le baracche per curare i feriti, nella piazza come in tutti gli slarghi, specie quello antistante la cattedrale. Ma la città non si lasciò distruggere anche nell'animo. Nonostante una nuova scossa, nella mattina del 5, il giorno 8 la Magistratura si riunì ufficialmente ed organizzò la ripresa dividendo la città in sei zone:

1. dalla porta S. Agostino fino al Collegio dei Gesuiti e fino alla Postergula;
2. dal Collegio dei Gesuiti fino alla porta Salvatoris e porta Filiorum Amabilis;
3. Borgo della Tomba;
4. dalla porta S. Agostino fino a S. Biagio e porta Japasseri;
5. dalla chiesa di S. Biagio e porta Salvatoris a Palazzo Sardi;
6. Borgo Pacentrano.

Caddero completamente le chiese di S. Agata, S. Silvestro, S. Andrea della Postergola, S. Domenico, S. Biagio. S. Maria del Carmine crollò fino alla balaustra con sagrestia, campanile e convento¹³. S. Francesco della Scarpa crollò nella campata superiore al portale e perse la raggiera del rosone; fu ridotta a poco più che il perimetro.

La SS. Annunziata cadde tutta tranne la sagrestia, il campanile la cappella di marmo della Madonna, il coro con il muro contiguo attaccato alle scale del palazzo; perse l'organo. San Panfilo, scossa dalle fondamenta, fu gravemente offesa, specie nel soffitto, nel fronte e nell'abside; perse il campanile, le cappelle e l'organo.

Crollò il palazzo vescovile che era affiancato alla cattedrale, in seguito ricostruito in altro luogo. Vennero distrutti anche i monasteri di S. Caterina e di S. Monica ed il collegio dei Gesuiti.

L'Ottocento

La stagnante situazione si sbloccò decisamente nell'Ottocento; quello che viene tutelato oggi come centro storico è praticamente il risultato della vasta operazione di recupero e sfruttamento intensivo del suolo urbano condotta in questo secolo. Gli ampi vuoti aperti nel 1706, e ben lontani dall'essere colmati nel XVIII secolo, garantirono spazi sufficienti a soddisfare la crescente domanda, evitando

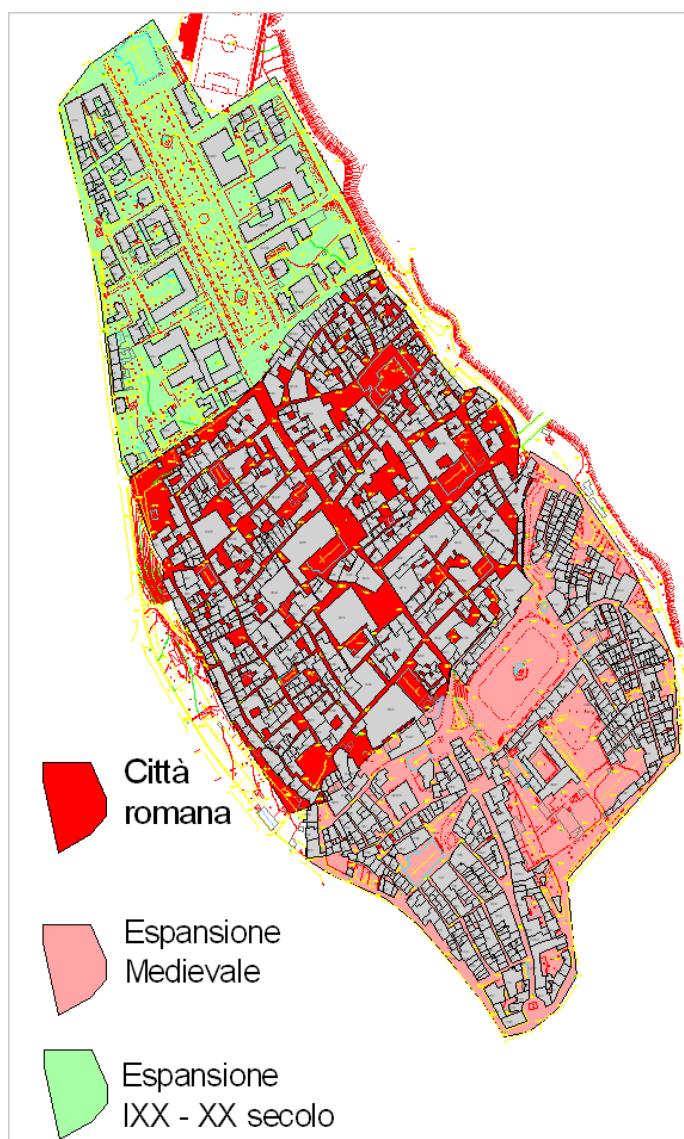
a Sulmona la “ghettificazione dell'antico tessuto edilizio” iniziata in età barocca.

Alla massima occupazione degli spazi si associò lo sfruttamento dei volumi, pur senza toccare eccezionali slanci verticali che le strette viuzze medioevali non permettevano.

Le costruzioni si elevarono su due e tre piani; torrette, mezzanini e terrazze, con soluzioni architettoniche di dubbio gusto, attentarono al profilo della città, ancora caratterizzato dalle guglie dei campanile delle maggiori chiese; si occuparono aree verdi, orti e giardini; si costruì a ridosso delle mura, spesso inglobate nelle nuove strutture.

Dopo l'Unità d'Italia il più antico nucleo cittadino rischiò il sovrappopolamento, che però non coinvolse le zone periferiche; difatti, sul finire del secolo, era ancora disponibile la zona prospiciente la cattedrale, che poteva così essere destinata a verde pubblico.

All'incremento del numero degli abitanti conseguito alla nuova fase di inurbamento non corrispose, dunque, la formazione di quartieri suburbani di entità apprezzabile; circostanza questa che se evitò l'abbandono del centro storico, lo avviò tuttavia verso una inevitabile degradazione formale punteggiata da restauri e rifacimenti di antichi edifici, sovrastrutture e innovazioni, spesso ignari di ogni



rispetto dei rapporti volumetrici, spaziali e ambientali.

Gli ammodernamenti del primo Novecento e l'espansione urbanistica del dopoguerra.

Valicata ormai la cerchia della vecchia città medioevale, l'abbattimento dei pochi tratti di mura, non ancora ingoiati dall'edilizia ottocentesca, fu la ricerca di un "decoro cittadino" piuttosto che un'esigenza di spazio. Sull'altare del progresso venne sacrificata anche la settecentesca porta San Panfilo, eliminata per dare più comodo passaggio al lungo viale della stazione, che inserì Sulmona nel piano ferroviario nazionale (1870), innestato direttamente sull'asse stradale principale del centro urbano.

Nel 1899 la città fu illuminata elettricamente; una razionale pavimentazione stradale, la rete idrica (1901) e fognante, la villa comunale, le spaziose piazze, realizzate davanti alla cattedrale e all'episcopio, il mattatoio comunale, la grande caserma di Porta Napoli, dettero un assetto confinante ai settori periferici. Ai canoni d'oltralpe si informarono anche altre soluzioni di viabilità, come le circonvallazioni e la piazza del mercato, l'anello carrozzabile, la grande isola pedonale alberata e la fontana centrale; a far da sfondo, contrapposto alle strutture ogivali dell'acquedotto, il fronte del diruto cenobio degli Agostiniani, adattato sul fronte della chiesa di S. Filippo. Nel centro cittadino fu realizzata la Piazza XX Settembre, ricavata dall'abbattimento della fatiscente chiesa dei Gesuiti.

La facile accessibilità e la buona esposizione incentivarono lo sviluppo della zona a sud-ovest della città, mentre fuori porta Napoli la situazione pianeggiante consentiva l'impianto di altri isolati e di un nuovo palazzo della scuole.

Queste nuove aree abitative, non si configuravano come quartieri compatti ma con costruzioni modeste e per lo più unifamiliari, intervallate con orti, giardini e vigneti assumendo un aspetto tra il residenziale e il rurale.

Gli ambiziosi programmi del regime fascista, limitati in un primo momento ad opere di abbellimento di luoghi pubblici, portarono agli inizi degli anni trenta ad inserire un elemento estraneo, quale lo stadio Comunale, al limite dell'abitato, comunque male intonato con le linee romantico-gotiche in calcare dorato della vicina cattedrale, e ad erigere nel centro cittadino un grande teatro in forme neoclassiche.,

Più estraneo nella forma e nei volumi risultò il palazzo porticato che, qualche anno dopo, si allineò lungo la Via de Nino, colmando i vuoti aperti dagli abbattimenti delle vecchie costruzioni stipate ai margini degli orti di S. Caterina. L'intero isolato accorpato al monastero delle Domenicane, già violentato da una sala cinematografica sorta a ridosso della chiesa, mutò connotazione.

I terremoti del 1915 e del 1933, danneggiando specialmente i caseggiati più modesti, innalzati o riparati con sistemi antiquati e con materiali scadenti durante le frettolose ricostruzioni sette-ottocentesche, avevano reso più precaria la situazione per ciò che riguarda l'igiene e la sicurezza.

Sul binomio viabilità-igiene, l'Aschieri impostò il suo "*Piano Regolatore e di ampliamento*"¹⁷e, sulla falsariga dei modelli transalpini si ripromise di risolvere i vari problemi inerenti alla circolazione, ai servizi pubblici, al risanamento igienico e al completamento e disciplina dei quartieri di recente formazione, con predisposizione di nuovi insediamenti per le classi agricole.

L'attuazione integrale del piano implicava il diradamento del più antico nucleo cittadino con l'abbattimento dei fabbricati fatiscenti e di quelli che comportavano strettoie della sede stradale, al fine di creare spazi verdi e vie più ampie.

I tagli maggiori, ovviamente, dovevano essere perpetrati lungo il Corso Ovidio, l'antico *cardo* della città e i palazzi moderni con porticati, destinati a sostituire i vecchi caseggiati, avrebbero mantenuto l'allineamento con il complesso dell'Annunziata.

Per la popolazione agricola evacuata dal centro storico si sarebbero dovute predisporre case rurali decentrate, così come per l'ospedale civile doveva trovarsi nuova e opportuna sede; mentre uffici, asili, scuole e mercato coperto rimanevano nell'area cittadina o, come la nuova scuola elementare di porta Napoli, nell'immediata periferia.

Il Piano Aschieri trovò immediata esecuzione con l'abbattimento di alcuni edifici nel tratto iniziale di corso Ovidio e lungo la Via de Nino e, sarebbe stato realizzato integralmente se le avventure militari del regime non avessero fatto sospendere i lavori.

Solo nel dopoguerra fu data parziale soluzione ad alcuni problemi irrisolti: così ad esempio si accorciò di 10 metri, la chiesa della Trinità che sporgeva dall'allineamento dato al Corso Ovidio e i palazzi ricostruiti furono improntati, mantenendo fede al progetto Aschieri, dotandoli di porticati. Nell'antico borgo S. Agata, l'inserimento di un moderno palazzetto delle Poste (con relativa piazza) fu inserito in luogo del demolito convento dei Carmelitani. Stonatura appariscente anche la casa del Mutilato, sorta in linee moderne nel bel mezzo del distretto di porta Bonorum Hominum. Più fruttuose le demolizioni delle sovrastrutture che nascondevano gli archi duecenteschi dell'acquedotto medioevale.

A frenare la corsa a soluzioni radicali all'interno della città fu la pressante richiesta di spazio abitativo che obbligò al decentramento.

Dopo lunghe polemiche per la costruzione dell'ospedale fu scelta la contrada Saracena, a sud della città; sul versante opposto, invece, le condizioni poco favorevoli del terreno e la declinante fortuna dei trasporti ferroviari furono di ostacolo alla formazione di una vera entità suburbana: difatti il piccolo rione Gran Sasso, occupato in prevalenza da operai e agricoltori, rimase ignorato anche dalla speculazione; né sorte migliore toccò alla zona più prossima allo scalo ferroviario.

A questo punto, sotto la pressante richiesta di aree fabbricabili, si guardò con interesse al vasto pianoro oltre il Vella fino alle falde del Morrone, alle aree che fiancheggiano la S.S.17.

L'ostacolo naturale rappresentato dall'avvallamento del terreno fuori porta Pacentrana e l'inadeguatezza del piccolo ponte di S. Liberata, furono superati con la realizzazione del nuovo ponte, ad opera dell'Ing. Morandi, di un'unica campata di 122 metri di lunghezza e 22 metri di larghezza che travalicando l'alveo torrentizio si innestava sulla Via de Nino, non senza traumatizzanti abbattimenti.

La nuova zona di espansione dei Cappuccini si congiunse al vecchio abitato: fu questo il primo vero momento di rottura con il passato.

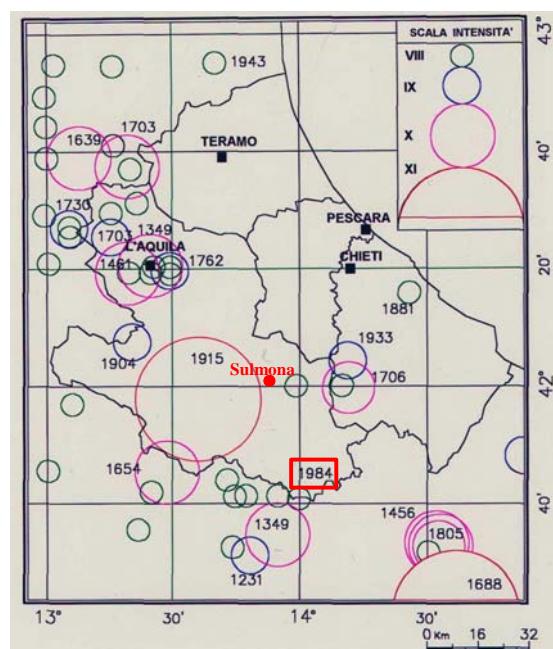
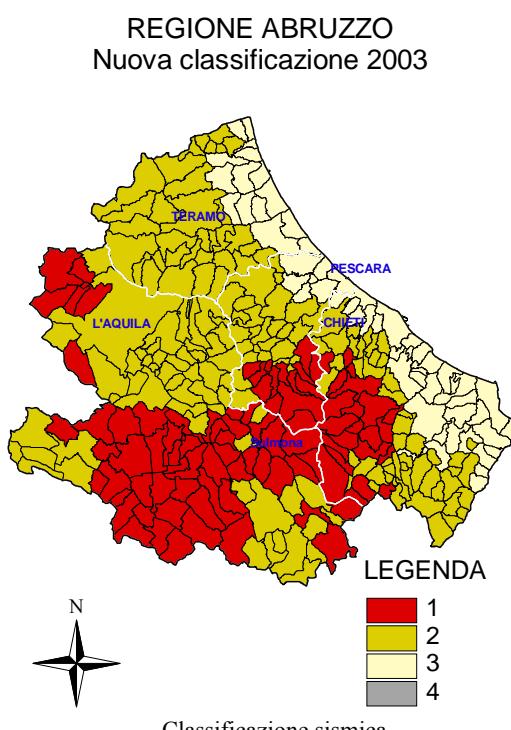
Inquadramento urbano

Il centro storico è attraversato dalla vecchia SS 17 che lo divide in due parti quasi simmetricamente. Esteriormente la viabilità principale è costituita dalle due strade di circonvallazione tangenti l'antica cinta muraria.

Il collegamento tra le strade di viabilità principale interne ed esterne sono e quindi le eventuali vie di fuga sono fortemente condizionate dalla presenza delle vecchie porte della città.

Cenni sulla sismicità

Il Comune ricade in una zona sismica di prima categoria. La storia sismica della città mostra come periodicamente si registri un terremoto di intensità significativa. Molti sono stati i sismi, ma forse il più significativo è costituito dal terremoto del 1706; esso produsse notevoli e diffusi danni ed è “responsabile” dell’aspetto settecentesco con cui il centro storico è pervenuto ai nostri giorni. Dopo un periodo di relativa calma sismica per tutto il secolo XIX nel novecento il territorio ha risentito dei sismi del Fucino del 1915 e di Lama Dei Peligni del 1933 che nel centro storico sono stati classificati dell’ottavo grado della scala Mercalli. Soprattutto il terremoto del 1933 produsse un danneggiamento diffuso e l’Amministrazione Comunale dell’epoca, col nuovo piano regolatore, nella smania di far troppo, cominciò a metter mano anche al centro storico, che voleva ridisegnare cancellando tutto il "vecchiume" e reinventando strade e piazze porticate, con qualche lacerto di antico qua e là a fare un po' di scena. Fu solo la guerra a fermare lo scempio.



Terremoti che hanno interessato il territorio abruzzese. I cerchi sono proporzionali all’intensità del sisma

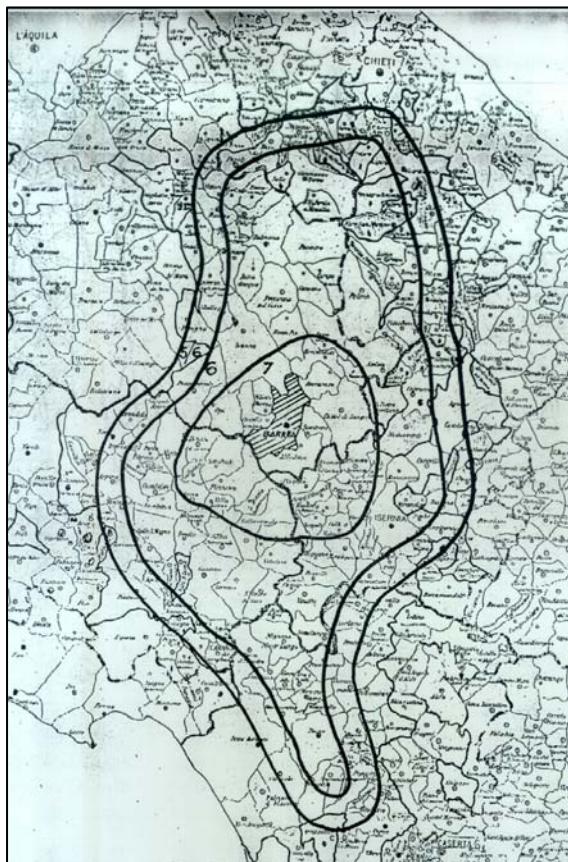
Anno	Effetti	Zona epicentrale
1349	8.5	VENAFRO
1456	8	MOLISE
1703	6.5	NORCIA
1706	9.5	MAIELLA
1730	6.5	NORCIA
1881	6	LANCIANO
1901	6	ALVITO
1905	7	SULMONA
1915	8	AVEZZANO
1933	8	LAMA DEI PELIGNI
1984	6.5	PARCO D'ABRUZZO



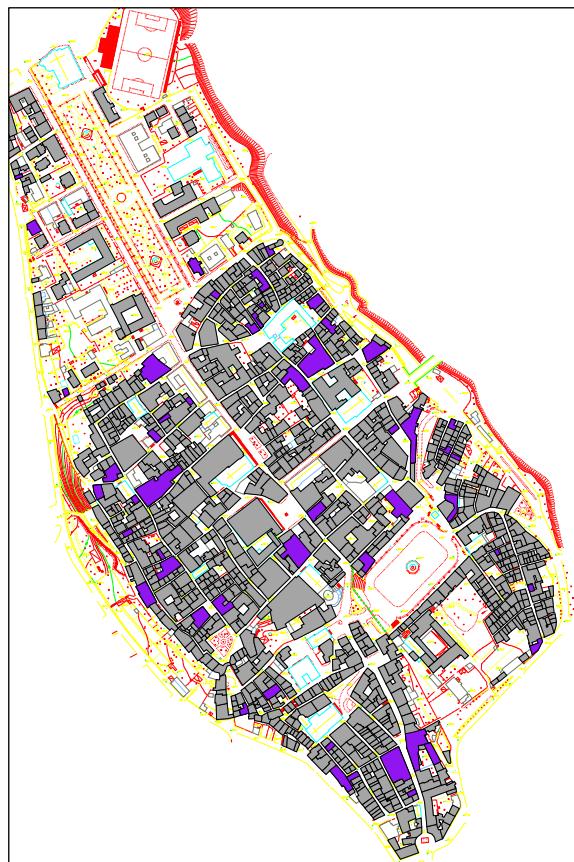
Storia sismica del Comune di Sulmona

Terremoto 1984

L'ultimo terremoto significativo che ha interessato il comune di Sulmona è stato quello dell'Italia centrale del 7 ed 11 maggio 1984 (detto anche terremoto del Parco Nazionale d'Abruzzo). Le isosiste relative a questo evento sono riportate nella cartina. Il sisma ha avuto una intensità nel territorio comunale del 6,5 Mercalli ed ha provocato un danneggiamento non grave ma abbastanza diffuso nel centro storico. A seguito di tale evento si sono attivati le procedure di riparazione dei danni articolate su due diversi tipo di interventi, uno di riattazione per i danni meno gravi ed uno di riparazione per i danni più consistenti. La riattazione, a sua volta, è stata attuata mediante due procedure, una privata che consentiva ai singoli cittadini di intervenire direttamente purchè il progetto di recupero riguardasse l'intera unità strutturale (Edificio), l'altra attivata e gestita direttamente dall'Amministrazione Comunale su più edifici, generalmente su interi isolati (Progetti Edilizi Unitari), in modo da considerare le interazione tra i vari edifici dell'aggregato e garantirne il pieno recupero. Gli edifici complessivamente interessati, per l'intero territorio comunale, sono circa 400 come riattazione primaria. I PEU di iniziativa comunale sono circa 70 per un totale di 200 unità strutturali coinvolte. Ad oggi sono stati riattati circa 300 edifici dei 600 che avevano segnalato un danneggiamento lieve. La riparazione ha interessato ad oggi circa 140 edifici, ricadenti nella fascia di priorità "A" (Residenti), oggetto di interventi più pesanti. Gli interventi sono stati realizzati principalmente tra il finire degli anni 80 ed i primi del 90, ma vi sono ancora degli interventi che si sono purtroppo protratti sino ad oggi. Complessivamente di interventi, tra privati e pubblici, ricadenti nel centro storico sono una cinquantina con un interessamento di circa 200 edifici, un 15% dell'intero campione.



Sisma del 7 ed 11 maggio 84- Isosiste

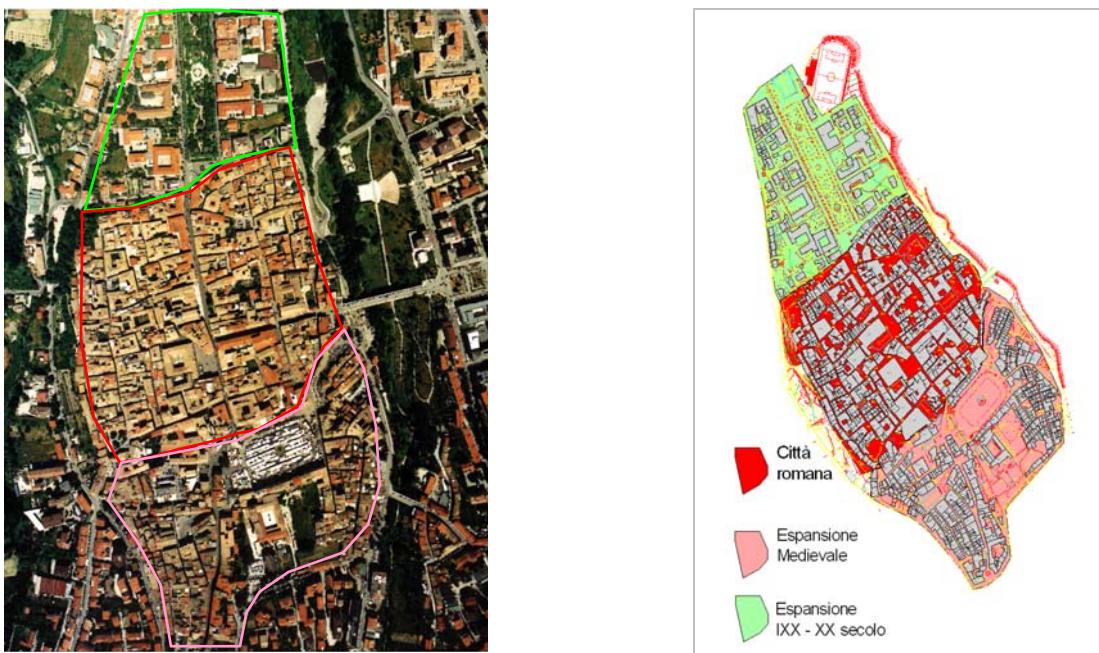


Interventi post sisma 1984 nella città di Sulmona.
In viola sono indicati gli edifici del centro oggetto di interventi di miglioramento e riparazione dei danni

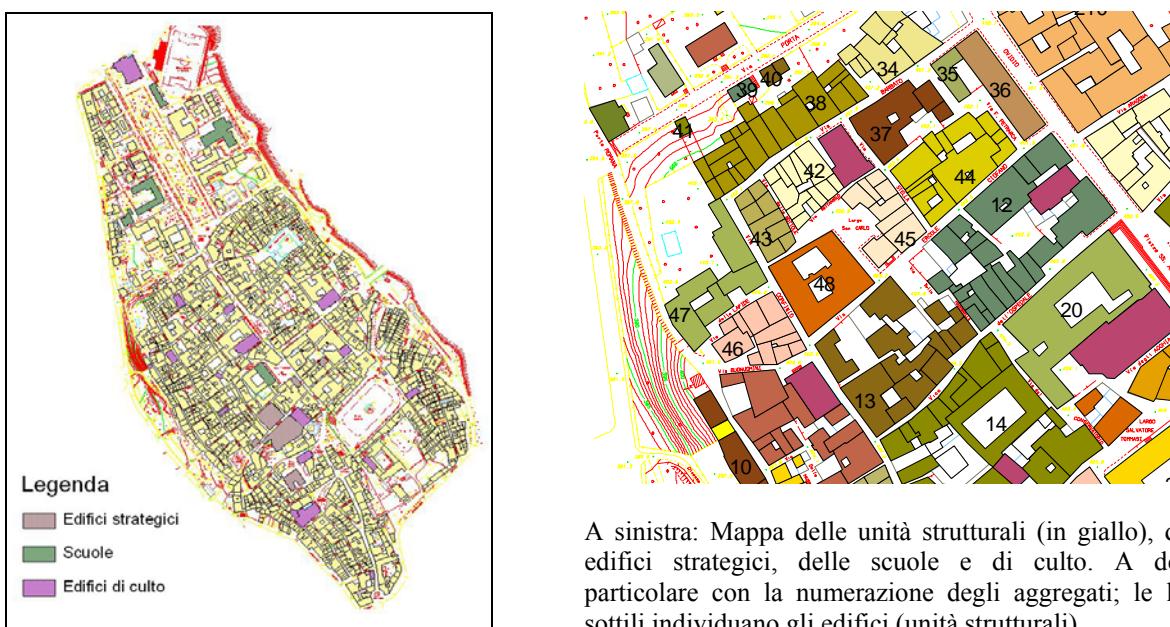
CAPITOLO 3 –

Sperimentazione sul centro storico di Sulmona

Nel seguito si illustrano le peculiarità dell'uso della metodologia attraverso la presentazione di alcuni aspetti ed alcuni risultati relativi alla sua applicazione al centro storico della città di Sulmona. Il lavoro preliminare è consistito nell'aggiornamento del censimento di vulnerabilità del 99-200 dell'edilizia presente nel centro storico attraverso rilevamenti e raccolta di dati e documenti che ha consentito di realizzare un data base e la realizzazione di una Base cartografica GIS. Questa ultima comprende la mappatura del catasto aggregato-edifici che costituisce la base di riferimento per la rappresentazione di tutte le informazioni relative alle caratteristiche degli edifici rilevati. Nel GIS viene anche rappresentata una zonazione di base che individua, a grandi linee, l'evoluzione nel tempo dell'edificato del centro, che comprende: la città romana, la città di formazione medievale, e l'espansione più recente del ottocento-novecento.



Veduta aerea del centro storico di Sulmona. A destra evoluzione storica dalla città romana ad oggi.



A sinistra: Mappa delle unità strutturali (in giallo), degli edifici strategici, delle scuole e di culto. A destra particolare con la numerazione degli aggregati; le linee sottili individuano gli edifici (unità strutturali).

Nella foto aera è visibile il centro storico oggetto di indagine compresa la zona nord di espansione ottocentesca anch'essa rilevata con gli strumenti sopra descritti.

La prima operazione è stata l'individuazione degli aggregati e degli edifici.

Per aggregato, come detto precedentemente, si intende un gruppo di edifici a contatto tra loro e che in caso di sisma hanno interferenze reciproche di comportamento.

L'aggregato può essere suddiviso in uno o più edifici dove per edificio si intende un organismo strutturale caratterizzato da caratteri di unitarietà come tipologia ed epoca di costruzione, continuità delle chiusure verticali ed omogeneità delle quote degli orizzontamenti, differenziandosi dagli edifici contigui anche per numero di piani differenti, altezze differenti, epoca di costruzione, ristrutturazione etc.

La verifica dei dati rilevati nel 99 ha evidenziato alcune variazioni dovute sia al tempo trascorso sia ad una non approfondita analisi effettuata all'epoca dai tecnici incaricati. Vi erano degli errori anche nell'indicazione della struttura portante, infatti dalla verifica successiva gli edifici in calcestruzzo armato sono passati da 24 a 60. È da escludere che in pochi anni gli edifici con struttura portante in c.a. siano triplicati; verosimilmente i dati raccolti nel 99 erano oggetto di notevole imprecisione. Notevoli perplessità si avevano per quanto riguarda la tipologia delle strutture verticali degli edifici in muratura. La verifica dei dati inizialmente era orientata a validare solo quest'ultima informazione, poi si è trasformata in un vero e proprio nuovo censimento verificando a tappeto tutti i campi della scheda speditiva..

Complessivamente sono stati individuati 158 aggregati in muratura per un totale di circa 1200 edifici. Sono stati anche individuati 52 complessi in calcestruzzo armato per un totale come già detto di 60 edifici.

Gli aggregati sono stati numerati in modo univoco ed al loro interno sono stati individuati e numerati progressivamente gli edifici che lo componevano; ciascun oggetto del rilievo (Edificio) è pertanto univocamente individuato dalla combinazione “N° di squadra +N° aggregato+ N° edificio”.

All'interno del centro storico sono presenti anche numerose chiese (16) di varie dimensioni che non sono stato oggetto di rilevazione di vulnerabilità nel censimento del 1999 e che sono state pertanto rilevate nell'ambito del progetto SISMA. È stata utilizzata la “scheda chiese a 28 meccanismi” (Allegato A) basata sui meccanismi di danno, rilevando i sottostanti edifici religiosi.

- | | |
|---|---------------------------------------|
| 1. Chiesa di Santa Caterina | 9. Chiesa di Santa Maria del Carmine |
| 2. Chiesa di Santa Chiara | 10. Chiesa di Santa Maria della Tomba |
| 3. Chiesa di San Domenico | 11. Chiesa di San Panfilo |
| 4. Chiesa di San Filippo | 12. Chiesa di San Pietro |
| 5. Chiesa di San Francesco della Scarpa | 13. Chiesa di San Rocco |
| 6. Chiesa di San Gaetano | 14. Chiesa Santissima Annunziata |
| 7. Chiesa di Santa Lucia | 15. Chiesa di San Cosmo e San Damiano |
| 8. Chiesa di Santa Maria ad Nives | 16. Chiesa della Santissima Trinità |

Discorso particolare va fatto per gli edifici strategici e speciali, in particolar modo per le scuole presenti all'interno della zona considerata. Le scuole sono dislocate soprattutto nella zona di espansione ottocentesca, la meno problematica, ad eccezione del Liceo Classico che invece è situato in pieno centro. Recentemente la Regione ha provveduto autonomamente a rivisitare l'indagine degli edifici strategici e speciali, effettuata sempre con la consulenza del GNDT nel '93, per quanto riguarda gli edifici scolastici. Le conclusioni dell'indagine vanno quindi acquisite e costituiranno parte integrante di questo lavoro.

Edifici ordinari: caratteristiche costruttive, vulnerabilità, scenari di danno

La procedura consente di ottenere distribuzioni statistiche e rappresentazioni tematiche in GIS di tutte le caratteristiche rilevate, direttamente dai dati delle schede, mediante elaborazioni ed il collegamento con la mappatura GIS del catasto aggregati-edifici.

La tabella seguente elenca le possibili rappresentazioni tematiche compreso le elaborazioni di vulnerabilità e alcuni scenari di danno valutati per varie intensità macrosismiche illustrate poi nel capitolo seguente.

ELENCO DEI TEMATISMI DISPONIBILI PER GLI EDIFICI IN MURATURA

1 Dati generali		2 Dati tipologici		3 Dati costruttivi		4 Stato		5 Risultati	
A	Aggregati	7	Tipologia strutturale	11	Geometria copertura	17	Intonaci esterni	21	Indice di vulnerabilità
B	Edifici	8	Tipo strutt. verticali	12	Collegamenti strutt. vert.	18	Stato conservativo	22	Scenario di danno per I=7
1	Posizione edificio	9	Tipo strutt. Orizzontali	13	Collegamenti strutt. orizz.	19	Utilizzazione	23	Scenario di danno per I=8
2	Numero dei piani	10	Strutture coperture	14	Regolarità	20	Uso	24	Scenario di danno per I=9
3	Altezza massima			15	Elementi di rinforzo			25	Scenario di danno per I=10
4	Altezza minima			16	Bucature in facciata			26	Classi di vulnerabilità MSK
5	Età								
6	Interventi								

Elenco dei tematismi forniti dalla procedura e rappresentati sulla base GIS degli aggregati-edifici

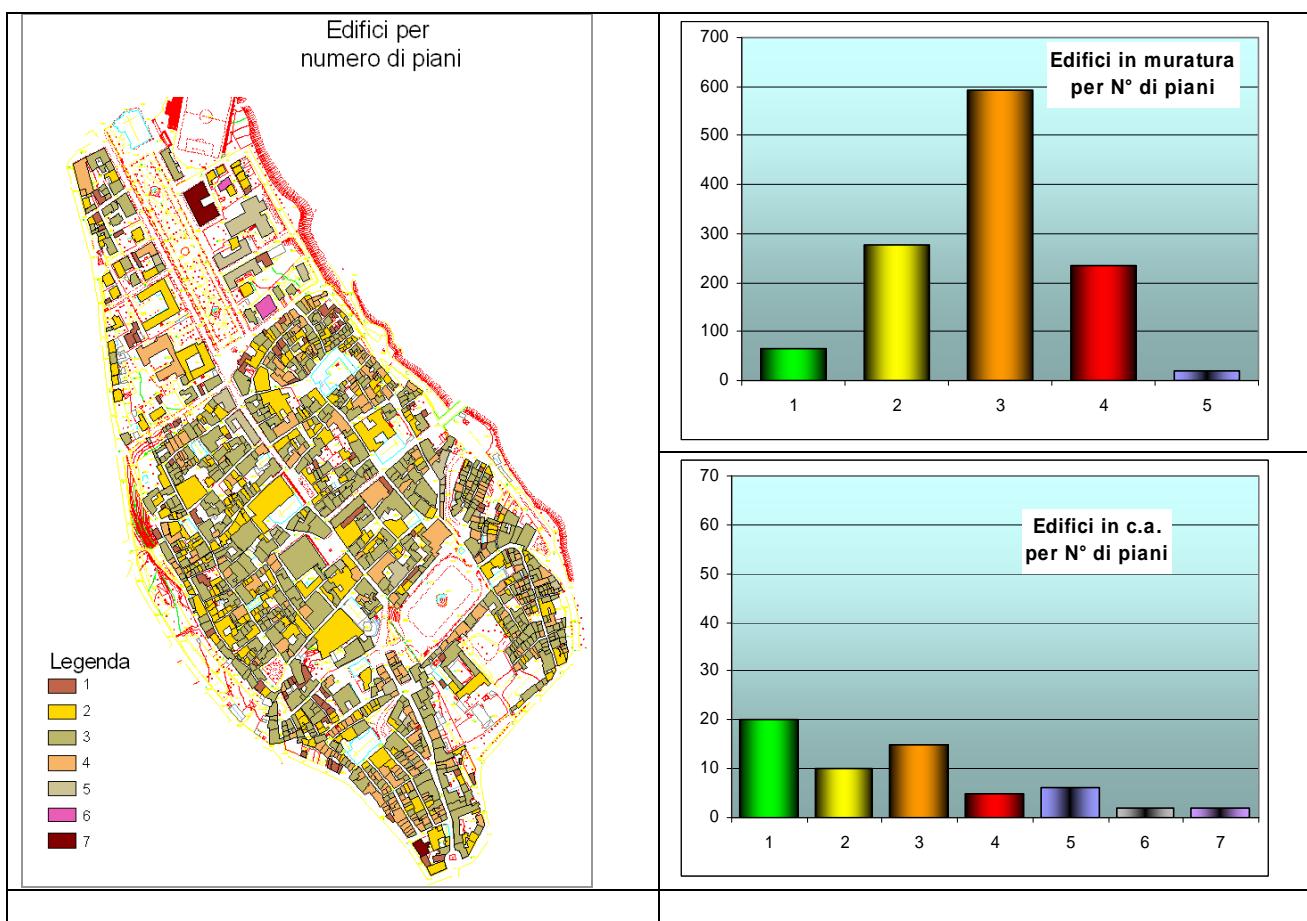
ELENCO DEI TEMATISMI DISPONIBILI PER GLI EDIFICI IN CALCESTRUZZO ARMATO

1 Dati generali		2 Dati tipologici		3 Dati costruttivi		4 Stato		5 Risultati	
A	Tipo di gruppo	6	Giunti	10	Altezza 1° livello	17	Utilizzazione	20	Indice di vulnerabilità
B	Edifici	7	Sistema resistente	11	Dimens. Pilastri 1° livello	18	Uso	21	Scenario di danno per I=7
1	Numero dei piani	8	Maglia strutturale	12	Tamponature 1° livello	19		22	Scenario di danno per I=8
2	Altezza massima	9		13	Regolarità in pianta			23	Scenario di danno per I=9
3	Altezza minima			14	Piano debole			24	Scenario di danno per I=10
4	Età			15	Elementi tozzi			25	Classi di vulnerabilità MSK
5	Area in pianta			16	Bow windows strutturali				

Alcune informazioni di carattere generale sono in comune sia agli edifici in muratura che a quelli in calcestruzzo armato, mentre ovviamente i campi relativi ai dati tipologici, costruttivi sono differenti. Comunque come illustrato nel capitolo relativo alla metodologia per entrambi i gruppi di edifici è possibile valutare un indice di vulnerabilità coerente e comparabile e costruire quindi dei scenari di danneggiamento.

Dati generali

Numero dei piani



Il dato è comune al censimento degli edifici in muratura ed a quelli con struttura portante in calcestruzzo armato.

L'altezza degli edifici è una delle caratteristiche che maggiormente incidono nel determinare le caratteristiche di resistenza sismica delle costruzioni.

Per gli edifici è stato rilevato sia l'altezza massima in gronda che il numero di piani. I fabbricati presenti nel centro non hanno normalmente altezze interpiano differenti dalla norma, pertanto di seguito vengono analizzati considerando il numero dei piani.

Le costruzioni in muratura variano generalmente da due a quattro piani e costituiscono la quasi totalità del campione. Pochi sono gli edifici con un piano, in genere servizi delle abitazione. Gli edifici più alti hanno 5 piani e sono in numero alquanto limitato.

Gli edifici in calcestruzzo armato hanno invece una distribuzione molto diversa; i più numerosi sono quelli ad un piano, un terzo di tutti gli edifici in C.A.. Per lo più sono garage costruiti negli spazi vuoti a ridosso delle abitazioni. Anche per questa categoria gli edifici abitativi sono per lo più compresi tra 2 e quattro piani e rappresentano il 50%. Gli edifici più alti di sei o sette piani sono appena quattro e sono generalmente edifici pubblici. Nella categoria di 5 piani sono compresi 6 edifici il 10% del campione.

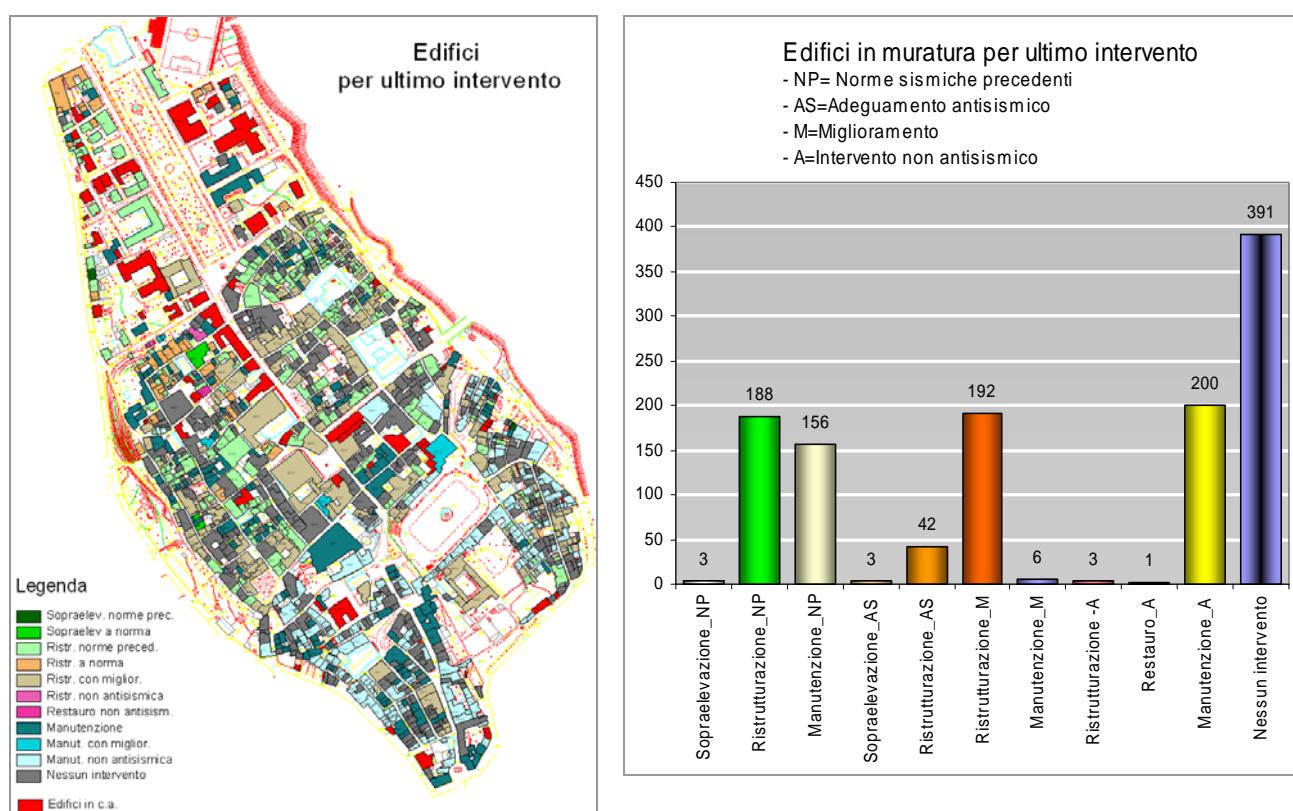
Edifici in muratura

Tipo ultimo intervento

Nella scheda speditiva per gli edifici in muratura viene indicato se l'edificio è stato oggetto di un intervento significativo. I possibili interventi sono raggruppati in quattro classi in funzione della normativa che li ha ispirati:

- Norme sismiche precedenti se è stato realizzato prima del 74 ma comunque conformi alla normativa sismica all'epoca;
- Adeguamento antisismico se è stato adeguato a norma del D.M. 24.01.86;
- Miglioramento se è stato oggetto di interventi di miglioramento secondo il D.M. 24.01.86;
- Intervento non antisismico.

All'interno di queste categorie viene specificato ulteriormente il tipo di intervento subito dall'edificio, cioè se si tratta di un ampliamento, di una sopraelevazione, di una ristrutturazione di un restauro o più semplicemente di una manutenzione.



	Norme sismiche precedenti	Adeg. Antisismico D.M. 24.01.86	Migl. Antisismico D.M. 24.01.87	Intervento non antisismico
Ampliamento	0	0	0	0
Sopraelevazione	0	0	0	0
Ristrutturazione	188	42	192	3
Restauro	0	0	0	1
Manutenzione	156	0	6	200
Nessun intervento		391		

Circa il 25% dei fabbricati non ha subito nessun intervento significativo.

La ristrutturazione rappresenta l'intervento più diffuso e nella quasi totalità dei casi è stato eseguito rispettando la normativa sismica vigente. Gli interventi di manutenzione per circa il 40% dei casi sono stati realizzati in passato rispettando la normativa vigente all'epoca, ma per un 60%, sembrerebbero quelli più recenti, essi sono stati effettuati in modo non antisismico. Pressoché nulli sono i casi di sopraelevazione.

Tipologia Strutturale

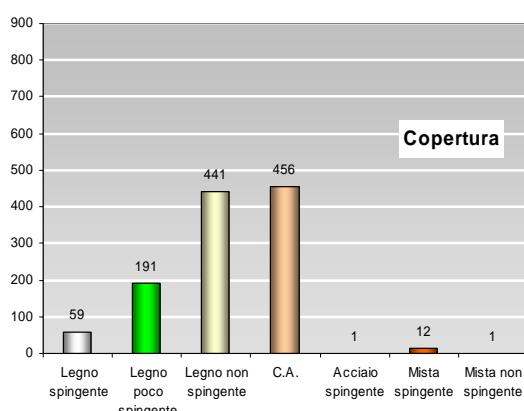
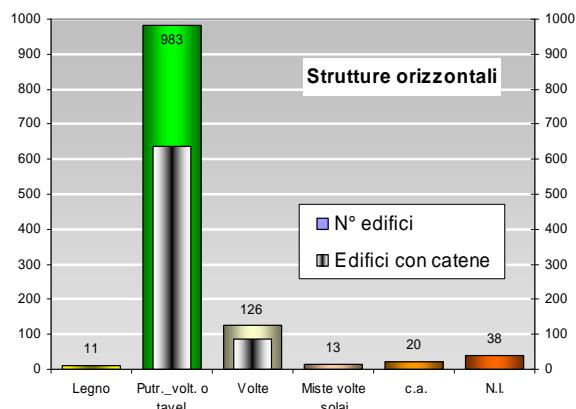
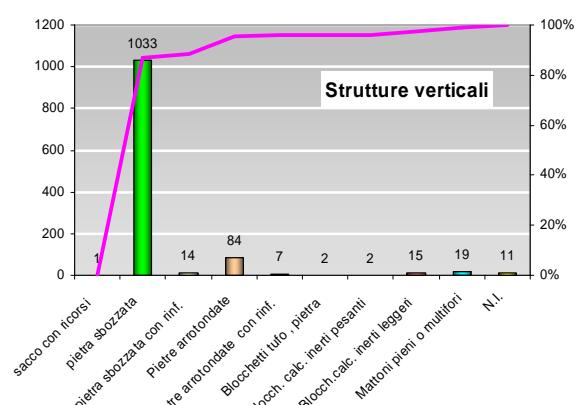
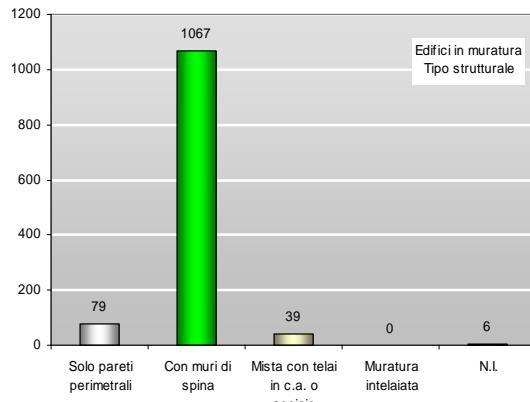
Le prime caratteristiche costruttive che si analizzano per gli edifici in muratura è la presenza e la consistenza dei maschi murari. Gli edifici analizzati nella quasi totalità dei casi presentano al loro interno muri di spina. Pochi sono i casi di edifici costituiti da solo pareti perimetrali, in genere edifici di piccole dimensioni in pianta. La struttura mista è presente solo in pochi casi. La muratura intelaiata non è nella tradizione sulmontina, infatti non se ne trovano esempi.

I fabbricati presentano un buon ammorsamento tra i muri e non sono pochi i casi con edifici con cordoli o catene a tutti i livelli. Non ci sono nuove costruzioni recenti in muratura, mentre 176 edifici sono stati “ristrutturati” seguendo la normativa della riparazione antisismica. Il fatto che solo 12 edifici presentano un cattivo ammorsamento dei muri portanti è spia della presenza di una memoria sismica ben radicata nella popolazione locale. La qualità delle strutture verticali è nella quasi totalità rappresentata da murature in pietra sbozzata, anche se non mancano esempi di pietra arrotondata dovuta alla presenza dei corsi d'acqua intorno al vecchio nucleo urbano. Queste categorie nel loro insieme rappresentano oltre il 95% e rappresentano il modo costruttivo tipico del centro. Sono in genere classificate come murature di scarsa qualità che in 34 casi migliora leggermente per la presenza di spigoli, mazzette o ricorsi. Le costruzioni con struttura verticale di “buona qualità”(pietra squadrata, mattoni o blocchetti) sono appena il 3% del campione.

Sono state redatte anche delle “schede muratura”(riportate in allegato) per meglio analizzare le caratteristiche delle costruzioni.

Gli orizzontamenti sono costituiti prevalentemente da solai in putrelle e voltine; per una percentuale abbastanza elevati essi presentano un buon collegamento con le strutture verticali mediante l'apposizione di catene. In circa il 10% dei fabbricati gli orizzontamenti sono costituiti da volte con una presenza predominante di incatenamenti.

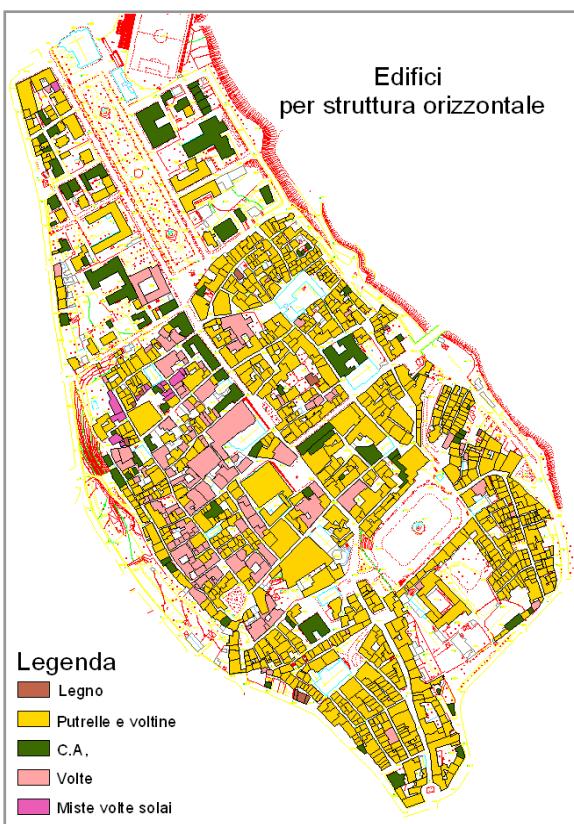
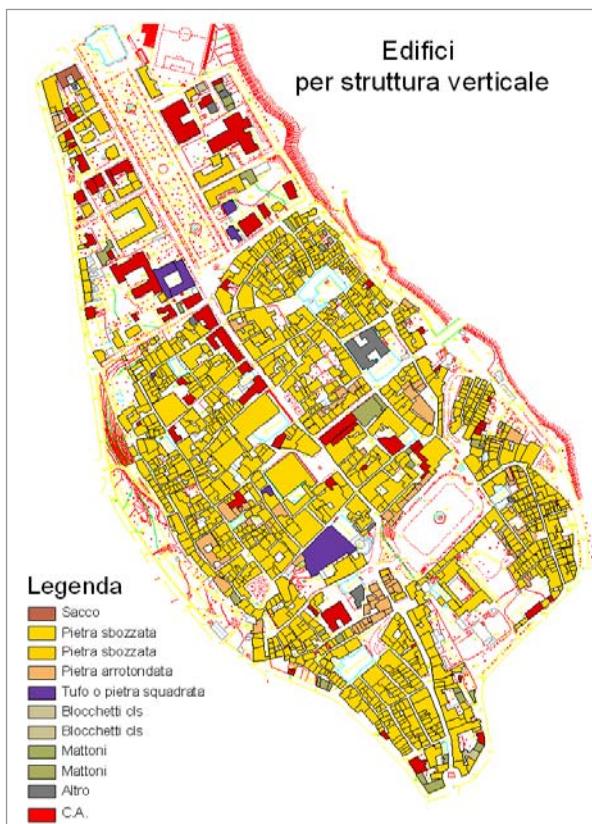
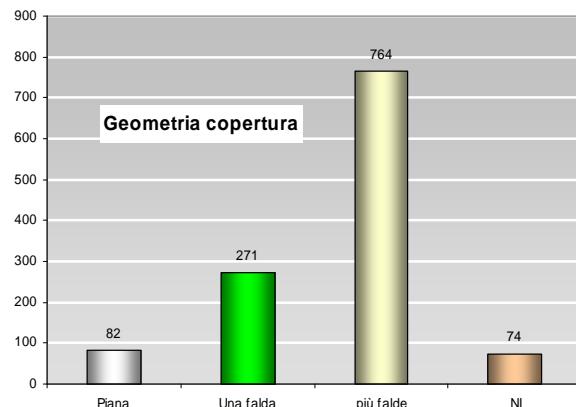
Pochi sono i solai in legno o gli edifici con un



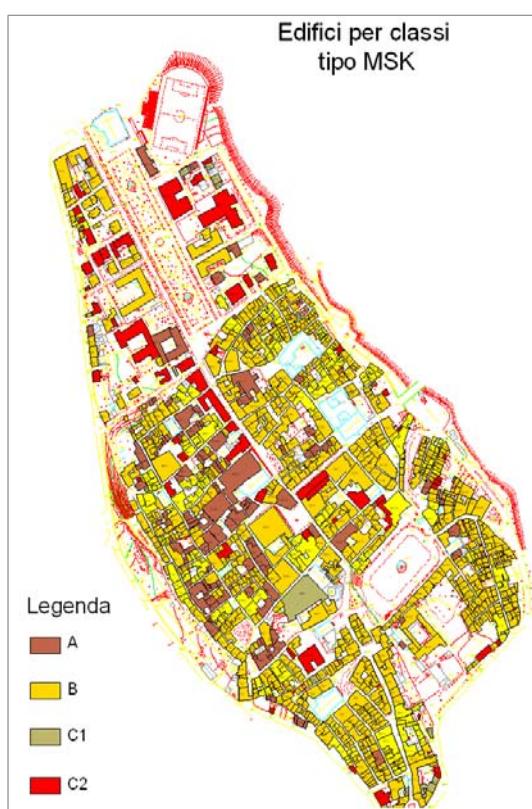
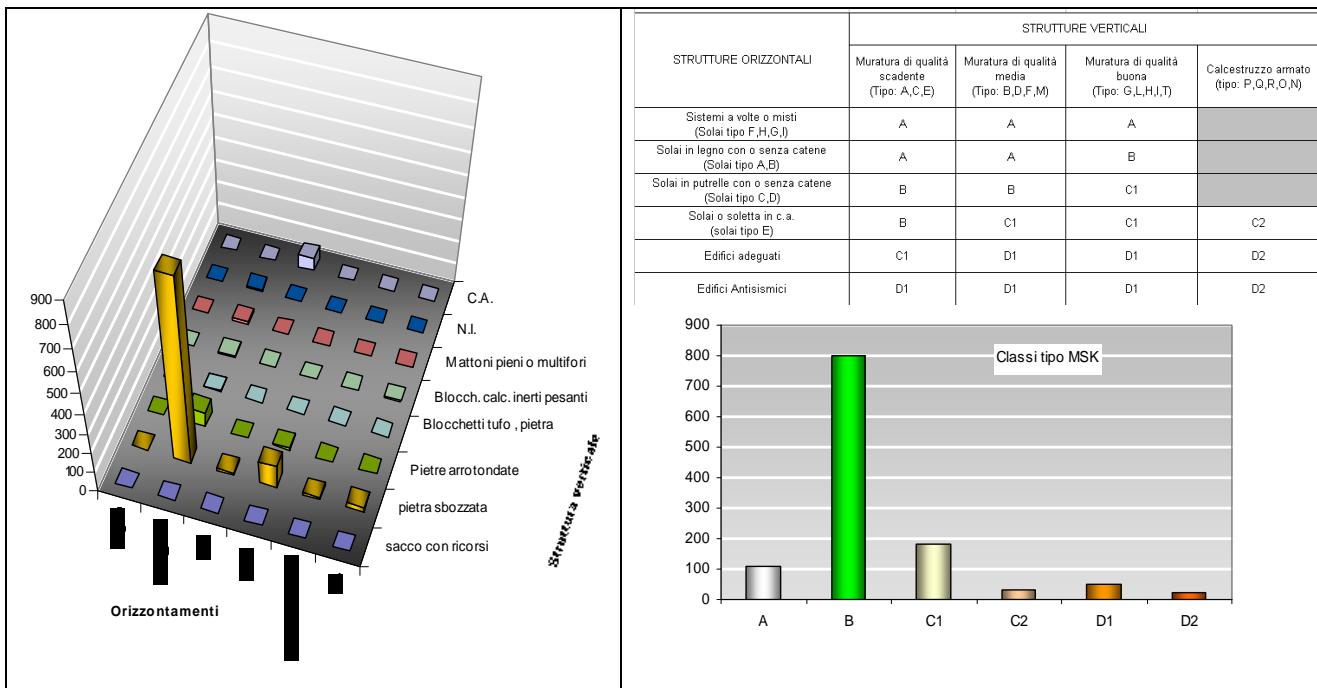
sistema di orizzontamenti misto volte-solai. In pochi casi si hanno solai di sostituzione in c.a..

Le coperture sono rappresentate per un 60% da tipologie in legno e per un 40% da coperture in c.a. I tetti realizzati in legno sono per lo più non spingenti segnale di una buona tecnica costruttiva e della già citata memoria sismica. In 191 casi abbiamo una copertura lignea poco spingente; normalmente in questa categoria vengono comprese coperture generalmente non spingente, ma che hanno elementi puntuali di spinta non contrastata. In 59 casi abbiamo un tetto giudicato spingente.

Le coperture in c.a. sono normalmente non spingenti, ma presentano notevole problematiche dovute al loro notevole peso gravante su maschi murari che come si è visto sono di scarsa qualità. Le coperture sono ad una o più falde. Pochi sono i casi di copertura piana



Tipologia e classi tipo MSK

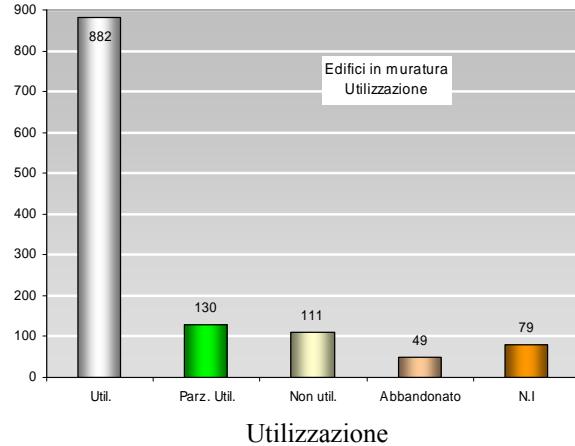
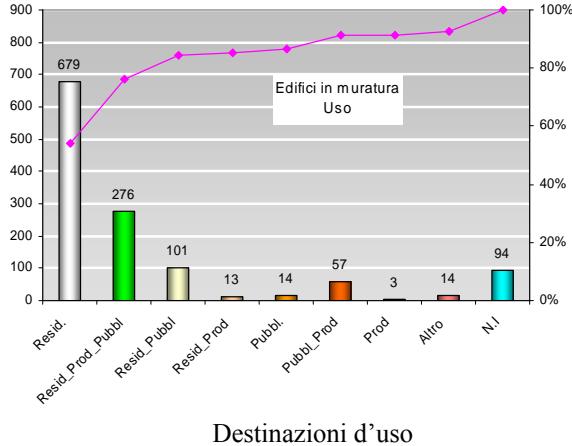
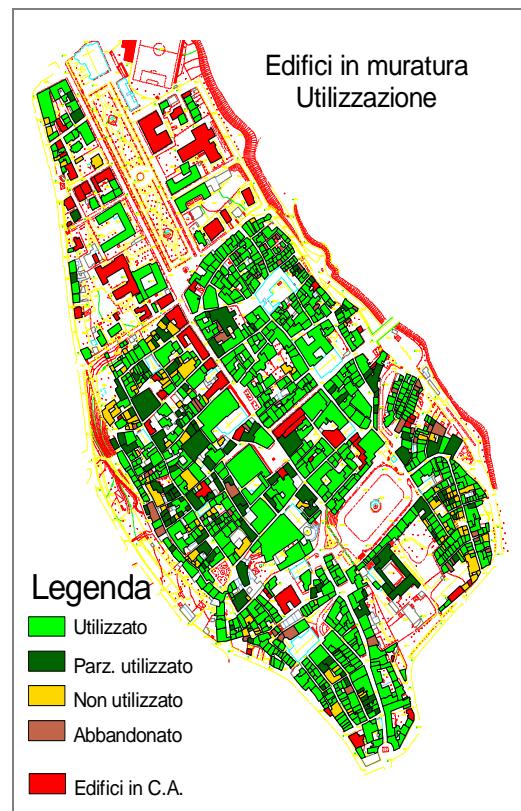
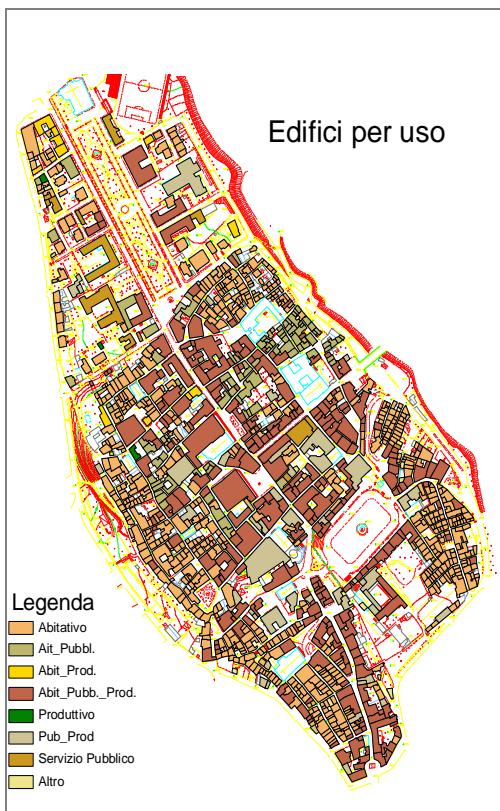


nettamente i più numerosi e costituiscono il 66% dell'intero campione La categoria C1 (5%) comprende invece le costruzioni in muratura migliori, cioè quelle realizzate con muratura di buona qualità, muratura artificiale, con solai in putrelle o c.a.. Rientrano nella C1 anche gli edifici con muratura media e solai in c.a, oppure le costruzioni con muratura scadente ma adeguati. La classe D1 comprende edifici con struttura muraria qualsiasi, purchè adeguati o nati antisismici. La classe D2 è costituita da edifici in calcestruzzo armato, realizzati seguendo la normativa o adeguati.

La tipologia costruttiva più ricorrente è rappresentata da costruzioni con struttura portante in pietra sbozzata con orizzontamenti costituiti da solai in putrelle e voltine o tabelloni generalmente come detto precedentemente muniti di efficaci collegamenti. La seconda tipologia per numero è rappresentata da costruzioni sempre in pietra sbozzata ma con orizzontamenti costituiti da volte. È presente un'altra tipologia che abbina solai in putrelle con muratura in pietra arrotondata. Praticamente trascurabili sono le altre tipologie costruttive.

In funzione delle varie tipologie costruttive gli edifici possono essere raggruppati in classi di tipo MSK. Nella classe A sono compresi edifici con orizzontamenti costituiti da volte e murature di qualsiasi tipo, oppure edifici con solai in legno e muratura di qualità scadente o media. Sono gli edifici peggiori dal punto di vista sismico e nel centro storico se ne contano 187, il 15% delle costruzioni. Nella classe B ricadono quelle costruzioni con muratura di qualità scadente o media e solai in putrelle oppure edifici con muratura di buona qualità e solai in legno. Sono compresi in questa categoria anche i fabbricati con muratura scadente ma con solai in c.a. Sono

Uso ed utilizzazione



Il centro storico è destinato ancora ad un uso prevalentemente residenziale. La pura residenza rappresenta un 54% del campione per un totale di 679 edifici. Se a questi si sommano gli edifici che oltre alla residenza sono destinati ad attività produttive (essenzialmente negozi) e ad attività pubbliche, la percentuale sale all' 85%.

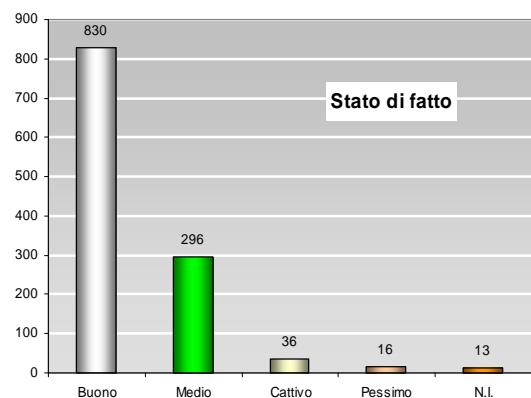
Le attività commerciali sono concentrate lungo l'asse della vecchia Statale 17, che attraversa tutto il centro e ne costituisce l'arteria principale dove si svolge gran parte della vita sociale del città. In numero molto limitato sono gli edifici destinati ad un uso produttivo esclusivo(3), mentre normalmente esse sono svolte in edifici con uso misto.

Gli edifici adibiti ad uso pubblico sono relativamente numerosi. La regione aveva promosso nei primi anni 90 una campagna di valutazione della vulnerabilità sismica degli edifici pubblici strategici e rilevanti ai fini della protezione civile, ed aveva pertanto censito gli edifici pubblici in muratura di Sulmona con la scheda GNDT di 2° livello. Recentemente questi dati sono stati

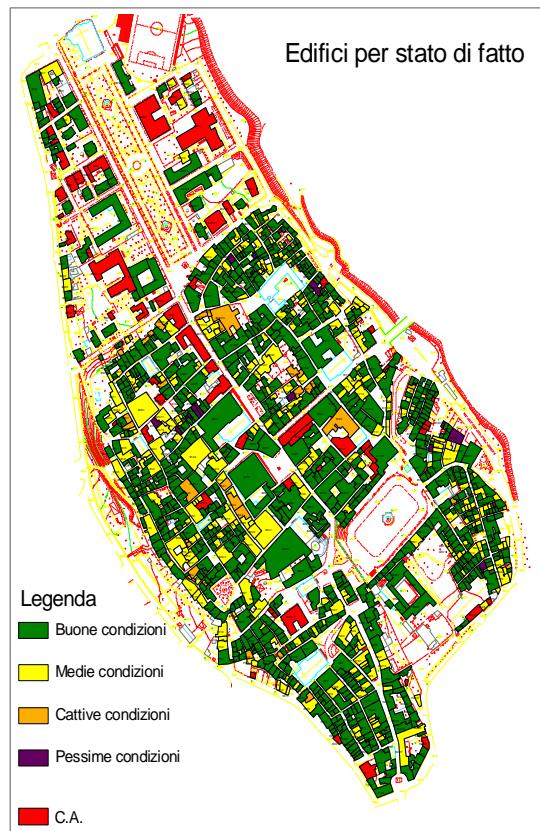
aggiornati. Pertanto si ha una corretta ed aggiornata conoscenza della vulnerabilità di questi edifici, mentre forse andrebbe condotta una specifica analisi per la valutazione della loro esposizione... .

Per quanto riguarda l'utilizzazione risulta che gli edifici sono in larga parte utilizzati (circa il 70% utilizzati e il 10% parzialmente utilizzati). Gli edifici non utilizzati sono il 9,5% mentre quelli non utilizzati ed in cattive condizioni (Abbandonati) sono il 4%. Se si confrontano questi dati con quelli del 99 si evidenzia una diminuzione degli edifici utilizzati di circa un 5%.

Condizione degli edifici in muratura

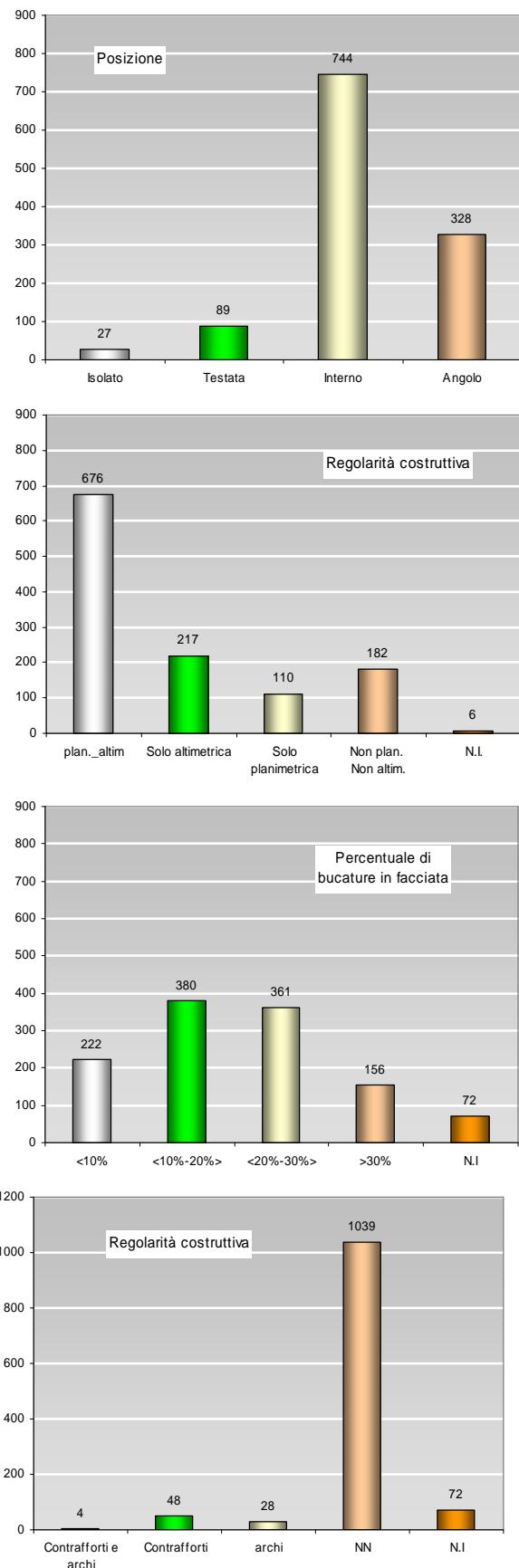


Il centro storico nel suo complesso, proprio perché utilizzato, è in accettabili condizioni d'uso. Gli edifici valutati in buone condizioni (70%) o in condizione media (25%) rappresentano la gran maggioranza dei casi. Particolare attenzione va invece posta nell'esaminare quel 5% di edifici giudicati in cattive o pessime condizioni. Solo per pochi casi non si ha l'informazione sullo stato di fatto degli edifici..



Dati costruttivi

Utili indicazioni sulla risposta sismica, che gli edifici sono in grado di fornire quando sono sottoposti ad azioni orizzontali, si possono dedurre da caratteristiche geometriche e realizzative delle costruzioni. Soprattutto per gli edifici in muratura molto influente, per gli edifici in aggregato, risulta la loro posizione all'interno dell'isolato. Le costruzioni situate all'estremità, di testata od angolo, normalmente subiscono un danno maggiore di quelli interni che invece beneficiano dell'azione di contrasto dei fabbricati adiacenti. Dalla analisi del danneggiamento degli edifici nei recenti terremoti che hanno colpito il nostro Paese, si è constatato che più la pianta degli edifici si avvicina ad una forma quadrata migliore è la loro resistenza sismica; generalmente forme allungate o alquanto irregolari comportano a parità delle altre condizioni un danno più rilevante. Analogamente una regolarità della distribuzione delle masse in elevazione migliora la capacità di resistenza dei fabbricati; nelle costruzioni in muratura, siccome la gran parte delle masse è concentrata nei maschi murari. La regolarità distributiva delle masse coincide con la regolarità geometrica. Le costruzioni presenti nel centro storico per oltre il 50% sono regolari sia come dimensioni della pianta sia nel loro sviluppo altimetrico. Il restante 50% presente invece irregolarità o in pianta o in elevazione con irregolarità planimetriche preponderanti sulle altimetriche come è ovvio in edifici in muratura. In 182 casi si hanno irregolarità sia planimetriche che altimetriche. Anche la presenza di vuoti nei maschi murari è indice di vulnerabilità. Nel censimento si sono rilevate le bucature presenti nella facciata principale, normalmente la peggiore per questo aspetto. La situazione peggiore si ha in circa 150 edifici con una concentrazione dei vuoti maggiore del 30%. La presenza di eventuali presidi antisismici, (archi, contrafforti, etc,) atti a contrastare eventuali azioni orizzontali è un dato utile per la valutazione della vulnerabilità delle costruzioni. Nella maggioranza dei casi non si ha l'informazione e non è possibile dedurre se si tratta di mancanza degli elementi di contrasto o della non informazione.



Edifici in C.A.

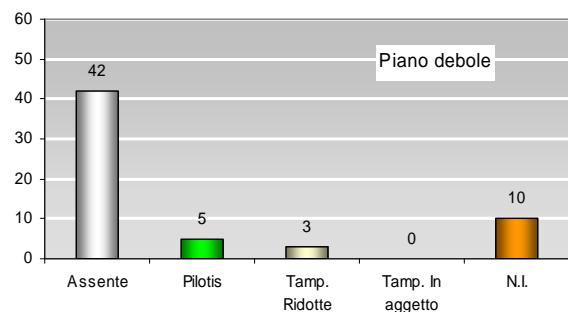
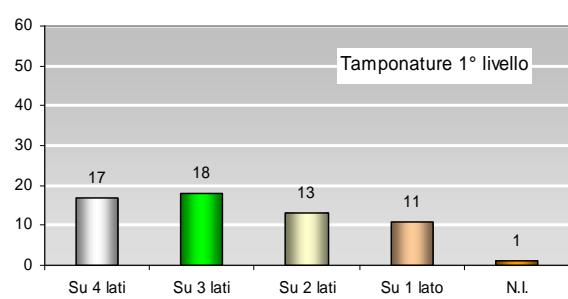
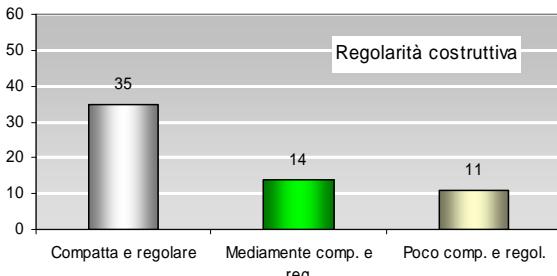
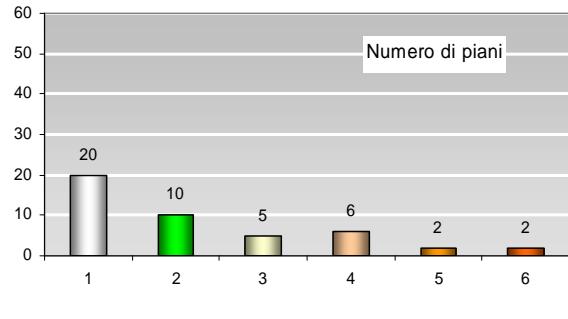
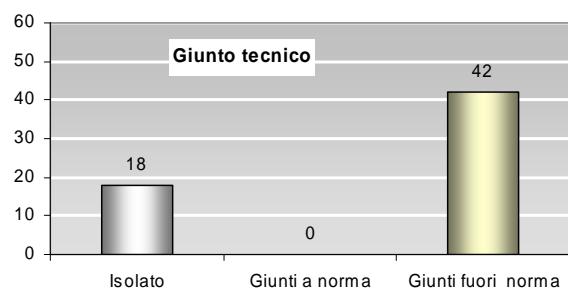
Nel centro storico come già detto sono presenti 60 edifici in calcestruzzo armato. Le caratteristiche rilevate per questi edifici sono un primo tentativo per cercare di caratterizzarli rilevando alcune caratteristiche tipologiche e geometriche.

Le costruzioni in c.a. per il loro comportamento in caso di sisma debbono essere separate dalle altre costruzioni, cioè devono avere un opportuno giunto di separazione. Come si vede dalla grafico relativo tutti gli edifici non isolati, in numero di 42 su 60, presentano un giunto non a norma.

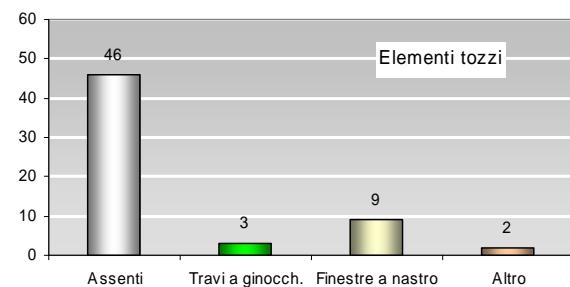
Le costruzioni hanno un numero di piani variabile da uno a sette. La classe più numerosa è quella di un piano, verosimilmente garage o piccole costruzioni a servizio delle abitazioni. Tra 2 e 5 piani abbiamo il 50% del campione mentre gli edifici più alti, 6 e 7 piani, sono in numero limitato e sono destinati principalmente a funzioni pubbliche.

Oltre all'altezza delle costruzioni, come per gli edifici in muratura, la prima cosa che si osserva è la regolarità della costruzione in quanto si è visto, in precedenti terremoti, come una irregolarità in pianta (eccentricità del centro di rigidezza) o una variazione in altezza delle masse e delle resistenze provoca una non corretta risposta sismica. La valutazione della regolarità di distribuzione delle masse, per questa tipologia di edifici, non è derivata direttamente, corrispondente alla regolarità geometrica; pertanto va valutata la presenza in pianta di eventuali corpi rigidi (vano scala e/o ascensore, etc) non centrati geometricamente, ed in elevazioni eventuali elementi di discontinuità.

La disposizione delle tamponature all'interno della maglia strutturale e la loro collaborazione alla resistenza e dissipazione delle forze orizzontali è un altro elemento essenziale per giudicare la bontà di un edificio in calcestruzzo armato. Normalmente il piano che presenta una diminuzione delle tamponature è il primo per la collocazione in esso di attività commerciali o similari che necessitano di grosse aperture verso l'esterno come ad esempio le vetrine dei negozi. Ciò potrebbe determinare la creazione del cosiddetto piano debole, piano che presenta una diminuzione di resistenza.



Oltre che per diminuzione su uno o più lati delle tamponature, il piano debole si crea anche quanto le tamponature sono poste fuori della maglia strutturale, e quindi non sono più collaboranti, o per assenza completa, normalmente al livello terra (pilotis) Negli edifici del centro storico in 42 casi non si ha presenza del piano debole, in 10 casi non si dispone dell'informazione. Abbiamo 5 casi di edifici in pilotis e 3 casi di edifici che presentano tamponature ridotte. Altro elemento critico è la presenza di elementi tozzi che provocano, in caso di sisma una concentrazione di sforzi in zone che normalmente non vengono tenuti in considerazione in fase di progetto. Gli elementi tozzi più comuni sono dovuti a travi a ginocchio o finestre a nastro. In 12 casi abbiamo la presenza di questi elementi critici per le cause su esposte. In altri 2 casi per differenti motivi costruttivi.



CAPITOLO 4

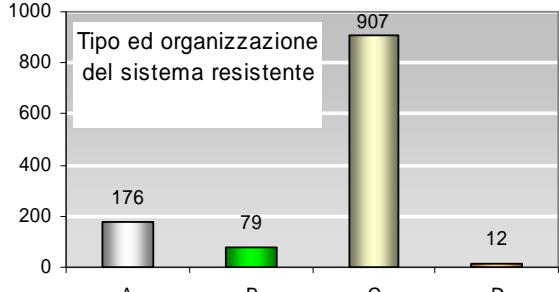
Vulnerabilità

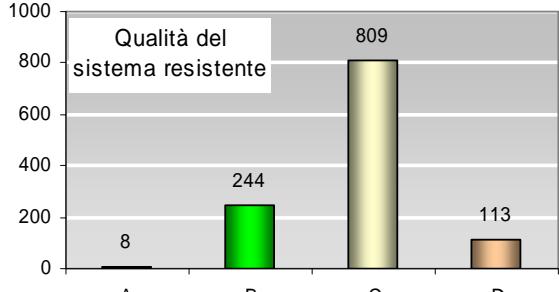
La vulnerabilità sismica di un oggetto è la sua propensione al danneggiamento in conseguenza di un terremoto di una certa intensità. Valutare la vulnerabilità sismica di una costruzione in sintesi è trovare la Legge che lega il danno con il terremoto.

Edifici in muratura

Il modello di valutazione della vulnerabilità degli edifici rilevati con la procedura speditiva è stato sviluppato, per naturale conseguenza, sul calcolo di un indice in analogia a quello GNDT per la scheda di 2° livello. Esso considera, infatti, gli stessi 11 parametri del 2° livello GNDT articolati nelle 4 classi A,B,C e D a vulnerabilità crescente e fa quindi ricorso a regole che riproducono al meglio gli stessi criteri di attribuzione.

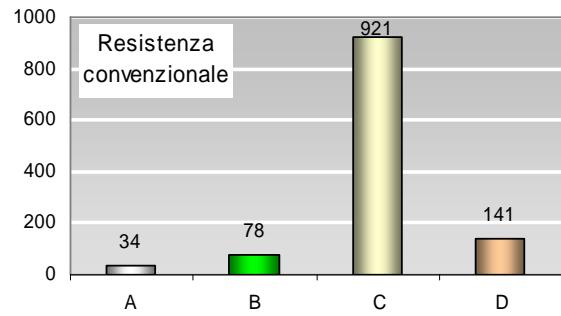
Di seguito si illustrano i criteri adottati per la determinazione delle classi dei singoli parametri e a destra viene rappresentata la distribuzione del parametro per gli edifici in muratura del centro storico di Sulmona;

Parametro 1 : Tipo e organizzazione del sistema resistente											
<p>Il parametro valuta il livello di rispondenza del sistema strutturale della costruzione a quello di tipo scatolare, caratterizzato da presenza di pareti ben distribuite nelle due direzioni ben collegate tra loro e di orizzontamenti rigidi efficacemente collegati alle pareti. Il parametro viene rilevato con modalità identiche a quelle previste nella scheda di 2° livello e pertanto la classe di vulnerabilità è assegnata secondo i criteri in essa specificati.</p>	 <table><caption>Data for Parametro 1: Tipo e organizzazione del sistema resistente</caption><thead><tr><th>Classe</th><th>Valore</th></tr></thead><tbody><tr><td>A</td><td>176</td></tr><tr><td>B</td><td>79</td></tr><tr><td>C</td><td>907</td></tr><tr><td>D</td><td>12</td></tr></tbody></table>	Classe	Valore	A	176	B	79	C	907	D	12
Classe	Valore										
A	176										
B	79										
C	907										
D	12										

Parametro 2 : Qualità del sistema resistente											
<p>Describe la qualità della muratura: qualità dei materiali (elementi e malta) e della realizzazione (tessitura e omogeneità). Essa è strettamente correlata alla descrizione della tipologia della muratura. Dipende anche dalla qualità di realizzazione e, di conseguenza, per meglio approssimarne la valutazione, e l'attribuzione della Classe di V, si considerano anche le informazioni nelle colonne relative all'età, agli interventi e allo stato di fatto. Le murature associate alla prima informazione (tipo di murature) sono in primo luogo distinte in due gruppi, uno che raggruppa le murature di <i>cattiva qualità</i>, ed una quelle di <i>buona qualità</i>. Il primo gruppo può essere ascritto ad una classe di vulnerabilità media C e con possibilità di oscillazione alla classe B o D. Il secondo appartiene alla classe B e con variabilità verso la A e la C. La variabilità di classe per i due gruppi è determinata tenendo conto delle indicazioni derivanti dall'età, degli interventi e dello stato di fatto.</p>	 <table><caption>Data for Parametro 2: Qualità del sistema resistente</caption><thead><tr><th>Classe</th><th>Valore</th></tr></thead><tbody><tr><td>A</td><td>8</td></tr><tr><td>B</td><td>244</td></tr><tr><td>C</td><td>809</td></tr><tr><td>D</td><td>113</td></tr></tbody></table>	Classe	Valore	A	8	B	244	C	809	D	113
Classe	Valore										
A	8										
B	244										
C	809										
D	113										

Parametro 3 : Resistenza convenzionale

Questo parametro rappresenta una valutazione delle capacità strutturali dell'edificio di fronteggiare le azioni sismiche, basata sul calcolo di resistenza a tali azioni condotto secondo un procedimento approssimato che assume l'ipotesi di comportamento scatolare del sistema muri-orizzontamenti. Il procedimento opera una sorta di verifica sismica, secondo le prescrizioni indicate dalla normativa nelle zone di prima categoria, considerando la situazione di resistenza minima della costruzione a quella che si determina in corrispondenza del piano e della direzione dove è minima l'area resistente dei setti di muratura presenti. La verifica è analoga a quella tipica per un pannello di muratura soggetto a forza orizzontale e carico verticale: in questo caso l'azione di verifica è data dalla forza sismica di piano della normativa e la resistenza dal taglio ultimo fornito dalla sezione resistente data dalla somma delle sezioni resistenti dei maschi murari. Il procedimento calcola in effetti il rapporto C tra azione sismica di verifica e resistenza ultima; dal confronto tra questo e quello di riferimento desunto dalla normativa in zone di prima categoria, che vale 0.4, viene stabilita l'attribuzione della classe di vulnerabilità del parametro. La procedura speditiva, escludendo, come si è detto, le misurazioni per la determinazione dell'area di minima resistenza a taglio dell'edificio, prevede comunque una stima del valore di C che si basa sulla conoscenza del numero di piani fuori terra e sull'assunzione fatta con giudizio esperto e riferito alle caratteristiche tipologiche rilevate dell'edificio, degli altri parametri necessari. In particolare i valori della resistenza a taglio t_k , i pesi specifici medi della muratura e degli orizzontamenti p_m e p_s possono essere attribuiti in relazione al tipo descritto nella scheda di rilevamento in combinazione attraverso un lavoro di analisi specifica dei materiali e delle tecnologie costruttive tipiche dell'area indagata.

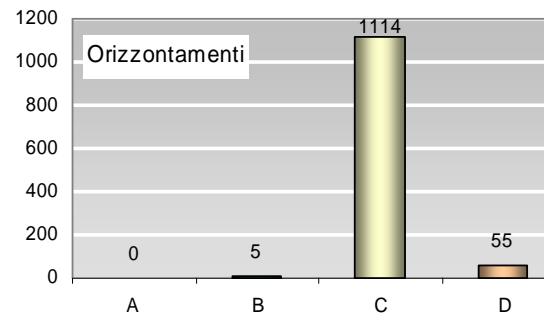


Parametro 4 : Posizione edificio e fondazioni

Non è previsto il rilievo di quegli elementi conoscitivi, relativi all'edificio, tipo di terreno coesivo o sciolto, pendenza e differenza di quota delle fondazioni, attraverso i quali viene assegnata la classe di vulnerabilità a questo parametro nel modello della scheda GNDT. Nella procedura semplificata, per la particolarità e la non facile leggibilità di questi elementi che rappresentano fattori di vulnerabilità non secondari legati al rapporto edificio terreno , si è preferito tenere separato questo problema per adottare sistemi di valutazione più o meno approfonditi compatibili con le necessità e le possibilità operative dettate dal contesto operativo. In primis si è stabilito di adottare una classe unica per questo parametro corrispondente alla classe "B". Il valore della classe potrà subire variazioni in funzione di studi più o meno approfonditi riguardanti sia le caratteristiche tipologico costruttive delle fondazioni sia quelle geologico-geotecniche dei siti (microzonazione) e quindi, in relazione alle zonazioni che ne derivano, assegnare alle costruzioni la classe di vulnerabilità del parametro in questione.

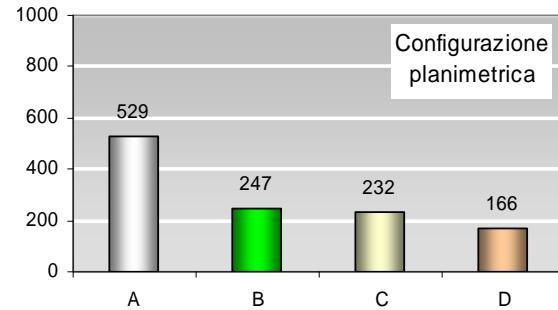
Parametro 5 : Orizzontamenti

Secondo la scheda GNDT la classe di V. ha come elementi di valutazione la rigidezza nel piano e l'efficacia dei collegamenti alle pareti; inoltre il parametro è affetto da un peso che è funzione della percentuale di orizzontamenti rigidi e ben collegati alle pareti presenti nell'edificio. Nel modello di valutazione della scheda speditiva sono utilizzate le informazioni relative ai *collegamenti strutture orizzontali* e anche al *tipo strutture orizzontali*, mentre il peso è assunto unitario



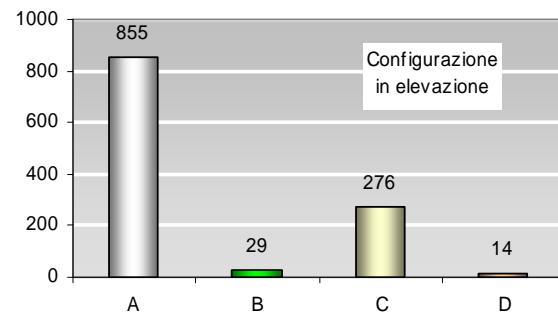
Parametro 6 : Configurazione planimetrica

L'attribuzione della classe è fatta considerando il giudizio sulla regolarità strutturale presente nella scheda, riferita all'edificio considerato come unità strutturale isolata dal contesto ed utilizzando anche la descrizione della posizione nell'ambito dell'aggregato strutturale, che consente di tenere conto, per edifici non isolati, anche degli effetti di anomalia di comportamento nella risposta sismica dovute all'interazione con il resto dell'aggregato. Diversamente dal modello della scheda GNDT, che per questo parametro utilizza dei rapporti percentuali di irregolarità nella forma in pianta, il criterio di valutazione è dipendente dal un giudizio diretto del rilevatore sugli aspetti di regolarità.



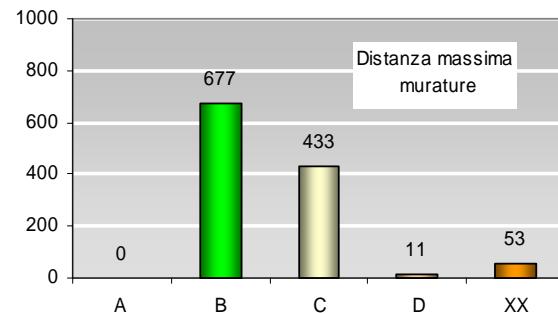
Parametro 7 : Configurazione in elevazione

Come nel caso del parametro precedente, la classe di V. discende dal giudizio sulla regolarità, utilizzando però anche l'indicazione della presenza di eventuali porticati che è uno degli elementi di valutazione della scheda GNDT



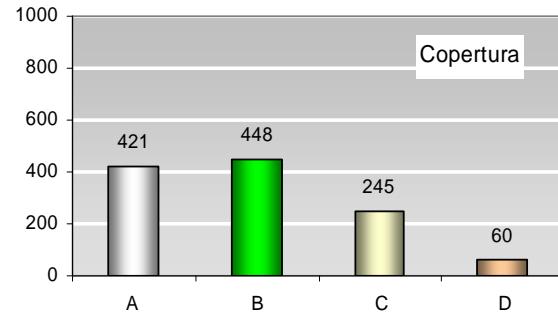
Parametro 8 : Distanza massima fra le murature

Il rapporto lunghezza libera delle pareti e spessore non è rilevato ed il criterio viene stabilito sull'informazione *tipo strutturale*, collocando in classe a bassa vulnerabilità gli edifici con muri di spina e quelli con muratura intelaiata e in classe a più alta vulnerabilità quelli con solo muri perimetrali.



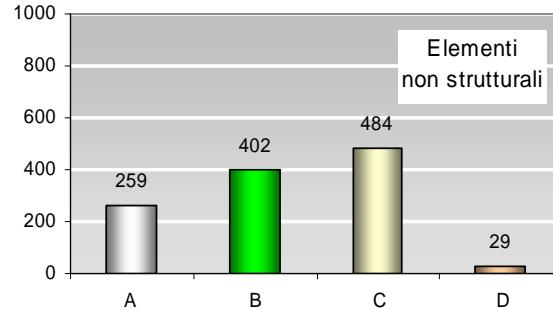
Parametro 9 : Copertura

Il criterio si basa sulla sola informazione relativo al tipo copertura. In generale, i tipi di copertura spingenti determinano un'appartenenza alla classe più vulnerabile, quelle non spingenti alla classe poco vulnerabile B. Per una attribuzione più appropriata e corrispondente a quella originaria, occorrerebbe anche l'informazione sulla presenza di cordoli e/o catene a livello della copertura. L'osservazione del danneggiamento sismico degli edifici in muratura ha evidenziato l'effetto a volte disastroso del rifacimento delle coperture in c.a. su murature di caratteristiche meccaniche scadenti. Si è ritenuto quindi opportuno adottare il seguente criterio: gli edifici con copertura in c.a. si considerano in classe A se in combinazione con un sistema resistente (parametro 2) non scadente, altrimenti vengono penalizzati in classe C



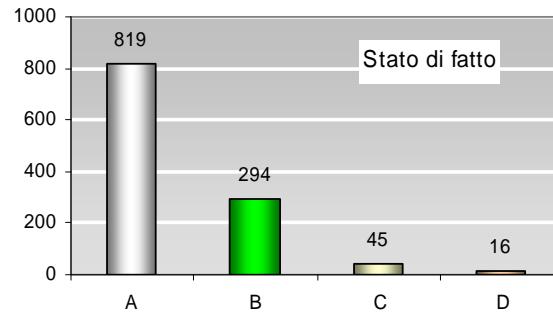
Parametro 10 : Elementi non strutturali

La classe di V. è espressamente indicata dal rilevatore, seguendo gli stessi criteri suggeriti nella scheda di 2° livello GNDT



Parametro 11: Stato di fatto

È come per il parametro precedente: la classe di V. è espressamente indicata dal rilevatore



Una volta attribuita la classe di vulnerabilità ad ogni parametro, si calcola la vulnerabilità degli edifici in muratura attribuendo per ogni singolo parametro un valore alla classe ed un peso derivante dall'importanza del parametro. Il risultato viene poi normalizzato a 100.

PARAMETRO	CLASSE CV				PESO pi	INDICE GLOBALE DI VULNERABILITÀ
	A	B	C	D		
1 Tipo ed org. del sistema res.	0	5	20	45	1.00	
2 Qualità del sistema resistente	0	5	25	45	.25	
3 Resistenza convenzionale	0	5	25	45	1.05	
4 Posizione edificio e fondaz.	0	5	15	45	.75	
5 Orizzontamenti	0	5	25	45	Variab.	
6 Configurazione planimetrica	0	5	25	45	.50	
7 Configurazione in elevazione	0	5	25	45	Variab.	Indice normalizzato
8 Distanza massima muratura	0	5	25	45	.25	$0 \leq V \leq 100$
9 Coperture	0	15	25	45	Variab.	
10 Elementi non strutturali	0	0	25	45	.25	
11 Stato di fatto	0	5	25	45	1.00	

$$V = \sum_{i=1}^{11} C_{vi} p_i$$

$$0 \leq V \leq 3825$$

Calcolo dell'indice globale di vulnerabilità V per gli edifici in muratura: somma dei prodotti dei punteggi attribuiti a ciascun parametro di valutazione in funzione dell'appartenenza ad una delle quattro classi di vulnerabilità A,B,C,D per i pesi dei parametri.

Edifici calcestruzzo armato

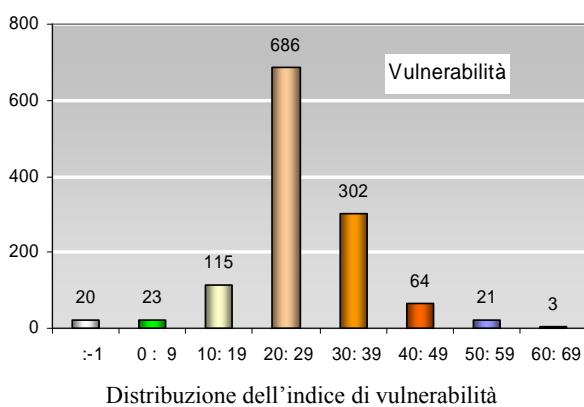
Attraverso l'osservazione di alcuni caratteristiche costruttive, la procedura di valutazione della vulnerabilità prevede il calcolo di un indice attraverso la combinazione di punteggi assegnati alle variabili significative per descrivere il comportamento sismico rilevate con la scheda speditiva. La calibrazione della stima dei valori dell'indice è stata effettuata attraverso una analisi dei dati di vulnerabilità e danno rilevati dopo il sisma dell'Irpinia del 1980, anche in maniera coerente con le

valutazioni relative ai livelli di vulnerabilità degli edifici in muratura, in modo da poter essere espressi in un'unica scala.

La vulnerabilità di ogni edificio viene stimata come sommatoria di contributi derivanti da punteggi associati alle variabili precedenti con un valore medio ($V=12$) desunto dall'analisi dei dati irpini con una variazione DV^+ e DV^- variabile tra -25 e 100, in coerenza con la scala della muratura.

Edifici del centro storico

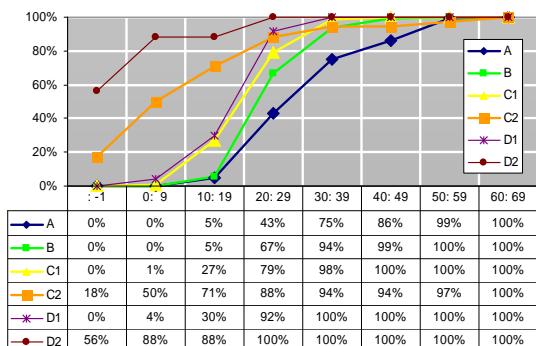
Nella tabella successiva è rappresentata la distribuzione dell'indice di vulnerabilità degli edifici ricadenti nel centro storico. Per gli edifici in muratura il valore è espresso in una scala 0 – 100. Per esprimere la vulnerabilità degli edifici in calcestruzzo armato in una scala coerente, in base alle considerazioni del capitolo precedente, l'inizio scala è stato spostato a -25. Il Valore della vulnerabilità delle costruzioni del centro storico di Sulmona varia da un valore minimo di -16,78 (edificio in c.a) ad un valore massimo di poco superiore a 60. Dall'analisi statistica dei dati si evince che il valor medio è di 26,8 con una DS di 9,3.



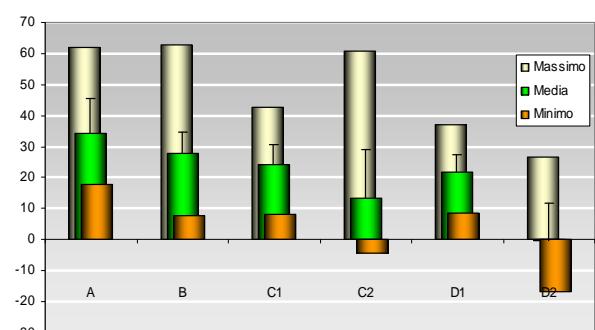
Analisi statistica dell'indice di vulnerabilità	
Media	26,8
Errore standard	0,27
Mediana	26,34
Moda	21,11
Deviazione standard	9,3
Varianza campionaria	87,34
Intervallo	79,39
Minimo	-16,78
Massimo	62,61

Analisi statistica dell'indice di vulnerabilità

Nelle figure successive viene visualizzata la distribuzione del Iv in rapporto delle classi tipo MSK attribuite ai singoli edifici. Le distribuzioni sono coerenti con le aspettative, ad eccezione della classe D1. Se andiamo ad esaminare la distribuzione degli edifici prendendo, e consideriamo quelli con un $Iv \leq 20$, essa comprende solo il 5% degli edifici della classe A e B ed appena il 27% della classe C1. Per un $Iv > 30$ abbiamo ancora un 25% della classe A, un 6% della classe B e C2.



Distribuzione di frequenza dell'indice di vulnerabilità ottenuti per le classi tipologiche MSK



Il grafico illustra i valori medi, minimi, massimi e le DS dell'indice di vulnerabilità per le classi tipologiche MSK

Nella figura di destra viene rappresentata la vulnerabilità media degli edifici ricadenti nelle classi MSK. L'andamento medio di Iv è decrescente con il decrescere della classe MSK, con una anomalia per quanto attiene la classe D1.

Meccanismo di collasso prevalente degli edifici in muratura

L'analisi dei parametri *Tipo ed Organizzazione del Sistema Resistente* (Par. 1), *Orizzontamenti* (Par. 5) ed *Coperture* (Par. 9), permette di valutare il tipo risposta sismica globale dell'edificio. Permette cioè di valutare se gli edifici presentano meccanismi di collasso prevalentemente flessionale, prevalentemente tagliante o misto a seconda della combinazione dei valori delle classi di vulnerabilità dei singoli parametri. Val la pena di ricordare che il meccanismo di collasso flessionale è molto più preoccupante di quello tagliente. Per ognuno dei meccanismi precedenti sono stati poi individuati anche dei sotto-mecchanismi corrispondenti ad alcune combinazioni delle classi di vulnerabilità dei tre parametri considerati.

MECCANISMO	PARAM 1 Pareti				PARAM 5 Orizzontamenti				PARAM 9 Copertura				DESCRIZIONE MECCANISMO
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	
1	1-1												PREVALENTEMENTE FLESSIONALE
	1-2												
	1-3												
	1-4												
	1-5												
	1-6												
2	2-1												PREVALENTEMENTE TAGLIANTE
	2-2												
	2-3												
	2-4												
	2-5												
3	3-1												MISTO TAGLIANTE FLESSIONALE
	3-2												
	3-3												

Fig A -Definizione dei meccanismi prevalenti di collasso degli edifici in muratura e dei sotto-mecchanismi in base alle combinazioni delle classi di vulnerabilità attribuite ai parametri 1, 5 e 9

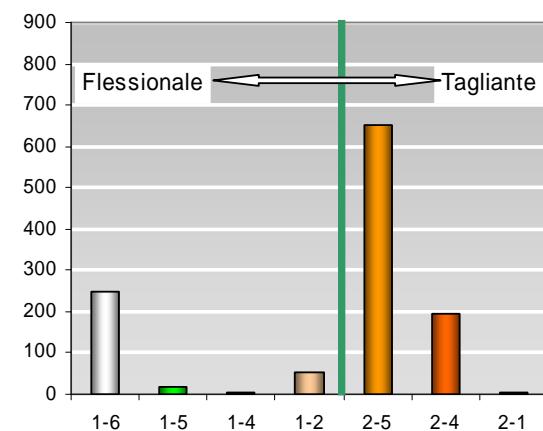


Fig. B - Distribuzione degli edifici in muratura del centro per tipo di meccanismo di collasso prevalente: quelli di tipo 1 sono caratterizzati da possibili ribaltamenti delle pareti; quelli di tipo due sono di tipo tagliente

Nella tabella di figura A sono indicate le varie combinazioni possibili del valore delle classi dei parametri 1,5 e 9 , con l'individuazione del meccanismo e del sottomeccanismo.

Nella figura B è riportata la distribuzione degli edifici del centro. La classe più numerosa è rappresentata dal sottomeccanismo 2-5 di tipo tagliente ma tendente al flessionale. La seconda classe per numero è rappresentata dal sottomeccanismo 1-6 con comportamento spiccatamente flessionale. Queste due classi rappresentano il 77% dell'intero campione delle costruzioni in muratura. Quasi un 17% degli edifici ricade nel meccanismo 2-4. Un 5% delle costruzioni in muratura, in numero di 55. presenta un meccanismo di collasso 1-2.. Incrociando i dati della vulnerabilità con quelli relativi ai sotto meccanismi si ha la situazione rappresentata in figura C.

La vulnerabilità media ha un andamento decrescente passando dagli edifici con sottomeccanismo flessionale a quelli con sottomeccanismo tagliente. Fa eccezione il gruppo di edifici ricadenti nel sottomeccanismo 1-4 per i quali si ha una vulnerabilità media superiore a 50, ma i valori medi hanno poco significato in quanto in questo gruppo sono compresi solo 3 edifici..

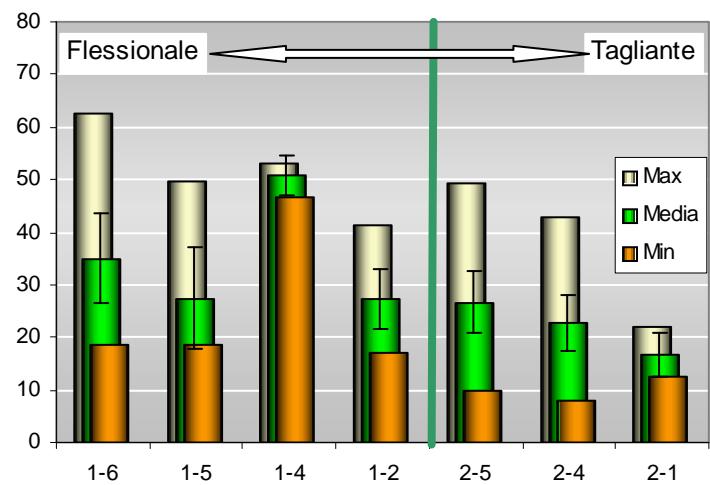
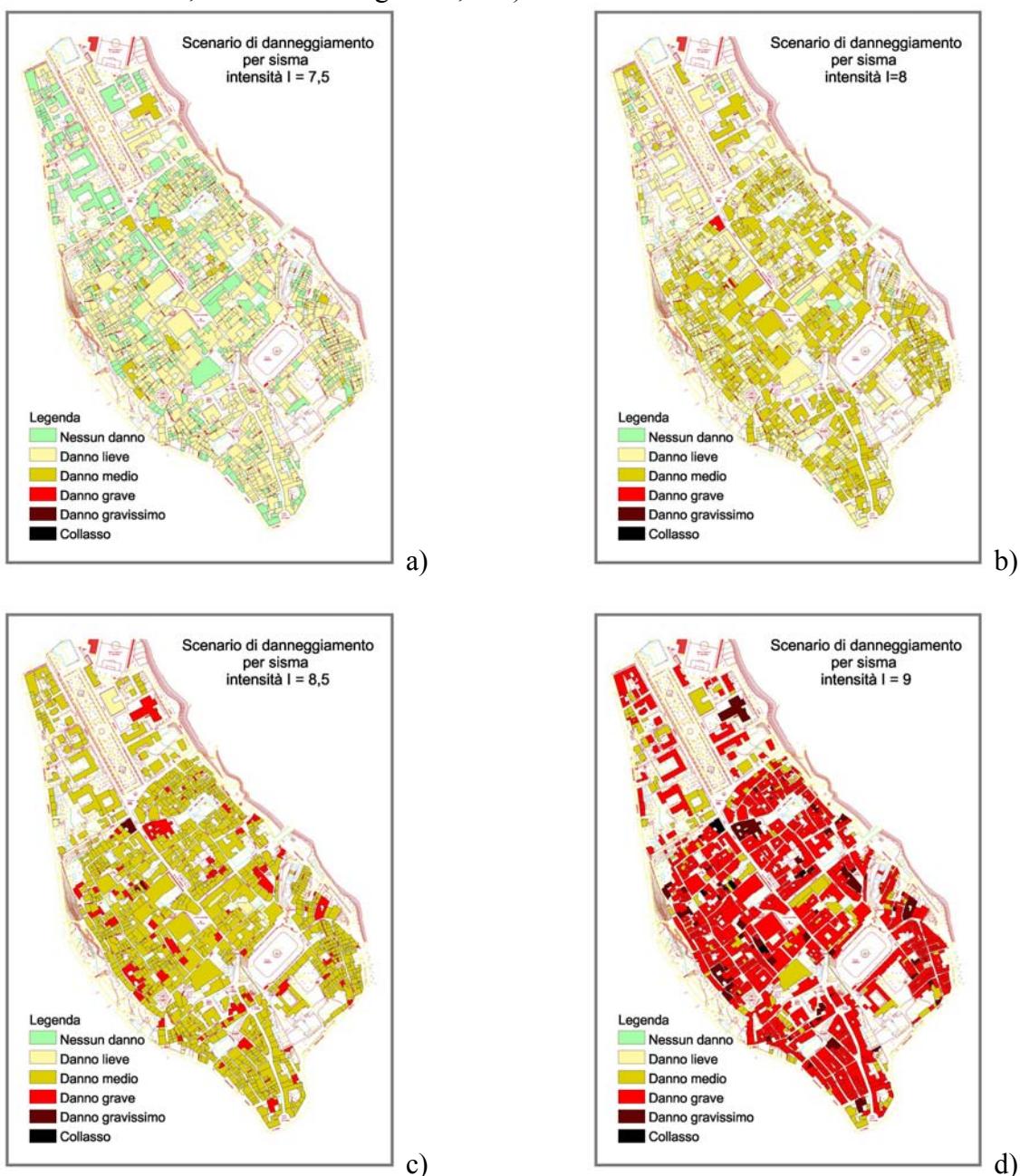


Figura C Valori medi, massimi, minimi e Deviazione Standard di Iv per gruppi di edifici secondo il meccanismo di collasso

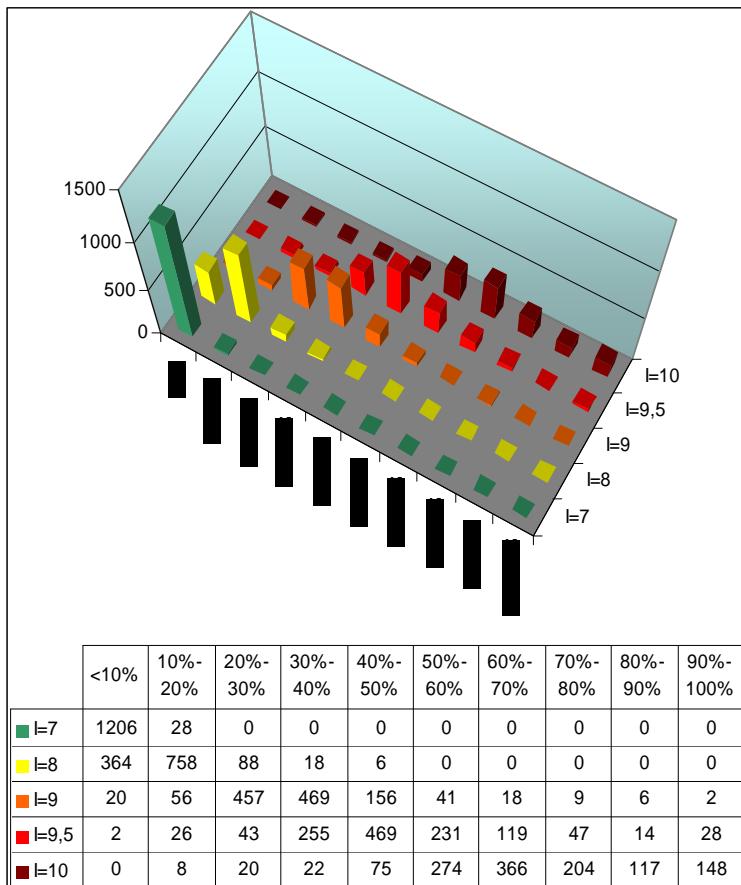
Scenari di danno

Il rilievo speditivo completo di dati anche di 2° livello dà la possibilità di utilizzare le elaborazioni previste nella procedura per la costruzione di scenari di danno. Attualmente la procedura implementa la stima del danno atteso definita in ambito GNDT che impiega curve di fragilità calibrate su dati di danneggiamento osservato in alcuni comuni italiani colpiti da eventi sismici recenti a diverso grado di intensità. Le curve forniscono in indice di danno che esprime, in una scala che va da 0-1, il grado di danneggiamento in termini di perdita percentuale del valore dell'edificio (il rapporto tra il costo necessario al ripristino rispetto al valore della nuova costruzione).

La figura che segue mostra alcuni di questi scenari valutati per intensità del terremoto atteso scelte a titolo puramente esemplificativo. Attraverso la stima degli eventi sismici realisticamente più probabili si realizzano scenari significativi al fine delle analisi delle conseguenze del danneggiamento atteso sul sistema centro storico. Essi quindi costituiscono la base per valutare le implicazioni sulle varie componenti esposte e funzionalità correlate (popolazione esposta, viabilità, interruzioni dei servizi, condizioni di agibilità, etc.)



Quattro scenari di danno sugli edifici ordinari valutati per valori dell'intensità macrosismica da 7,5 a 9,0



Nel grafico soprastante si riporta il danneggiamento degli edifici per intensità macrosismica crescente. Per I=7 si ha un danneggiamento praticamente nullo; solo in 28 edifici si riscontrano danni non molto gravi contenuti entro il 20% del valore degli edifici. Per una intensità macrosismica di ottavo grado, simile a quella riscontrata nel 1915, terremoto del Fucino, il danneggiamento ipotizzato risulta molto più diffuso raggiungendo in alcune costruzioni un danno del 50%.

La città nel 1706 ha risentito una intensità macrosismica del 9,5 MCS. In tale ipotesi il danneggiamento della città sarebbe molto intenso con oltre 200 edifici con un danno superiore al 60%, danno gravissimo o crolli.

Vulnerabilità edifici di culto.

Per il rilievo della vulnerabilità delle chiese è stata utilizzata la “*scheda chiese a 28 meccanismi*” che permette un confronto fra le vulnerabilità dei vari edifici e nello stesso tempo da una utile indicazione sui meccanismi di danno attivati o attivabili per ogni singolo edificio.

La vulnerabilità delle chiese viene determinata mediante una combinazione pesata che tiene conto dei meccanismi attivabili e dei presidi antisismici eventualmente già presenti.

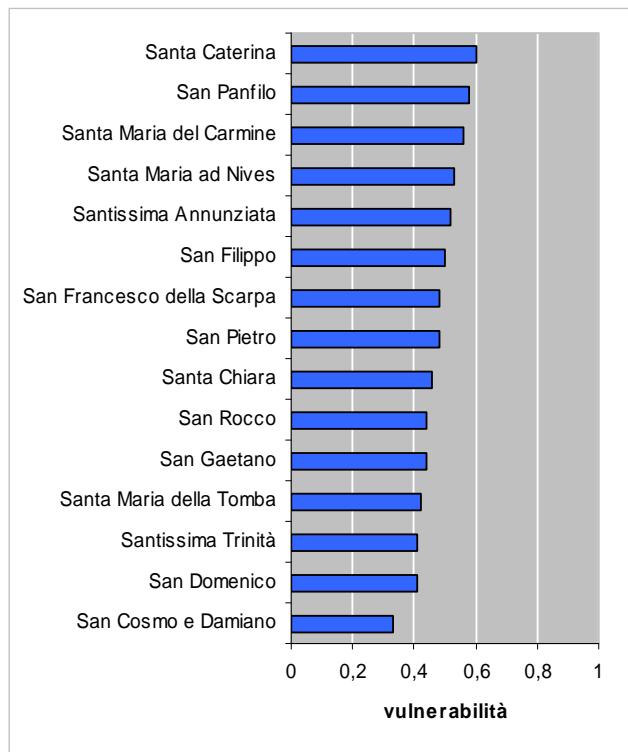
Nella figura a fianco viene riportata la distribuzione dell'indice di vulnerabilità delle chiese. Esso è valutato in una scala 0-1. Varia da un valore massimo di 0,6 per la Chiesa di Santa Caterina ad un valore minimo di circa 0,3 per la chiesa di San Cosmo e Damiano.

Gli edifici religiosi vengono esaminati in maniera dettagliata nell'allegato “B” dove per ogni edificio è viene redatta una singola scheda.

La scheda di cui si riporta un esempio, si compone di varie parti;

- A. breve informativa storica,
- B. un rilievo fotografico
 - esterno,
 - interno
 - caratteristiche della muratura.
- C. Disegni
- D. Descrizione degli indicatori di vulnerabilità rilevati (Meccanismi)
- E. Informazione tipologiche e geometriche
- F. Vulnerabilità e esposizione

Le indicazioni dei meccanismi attivabili costituiscono utili indicazione per la realizzazione di un meta-progetto per la riduzione della vulnerabilità dell'edificio.

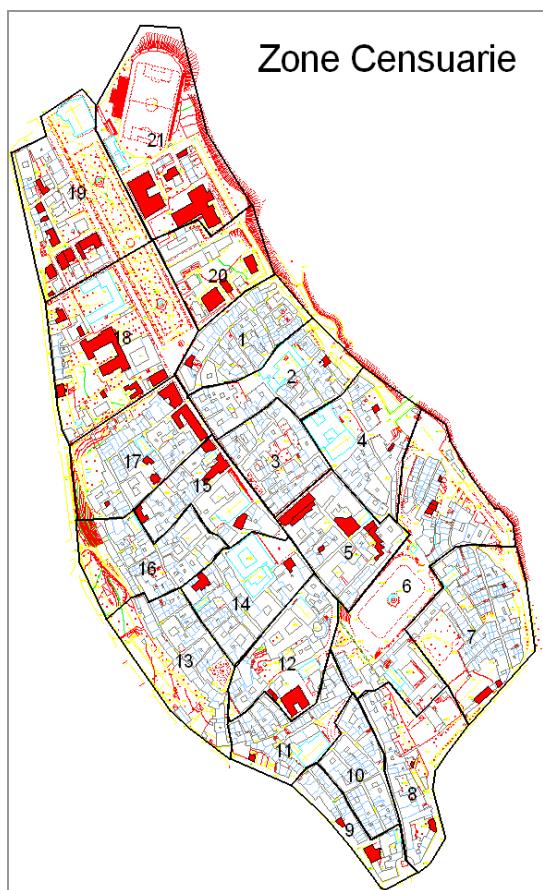


SISTEMA INTEGRATO DI PROTEZIONE CIVILE		PROGETTO S.I.S.M.A. System Integrated Security Management Activities	ITCA COMITATO NAZIONALE DELLE RICERCHE ISTITUTO PER LE TECNOLOGIE DELLA CONTRACCISIONE
Chiesa della Santissima Annunziata			
<p>Descrizione del complesso edilizio: La chiesa venne fondata nel 1320 dalla confraternita laica dei Compententi di Sulmona; all'edificio sacro venne annesso un ospedale per gli infermi e le proiette di un conservatorio. L'edificio venne completamente distrutto dal sisma del 1456. Ricostruita nei primi anni del '500, la chiesa fu nuovamente stravolta dal sisma del 1706 e definitivamente ricostruita nel 1710 dall'arch. Pietro Fantoni, senza alterare l'impianto originario. L'interno è diviso in tre navate e decorato con affreschi di Giambattista Gamba e stucchi. Sono presenti un coro ligneo del sulmonese Bartolomeo Balcone (1570 circa), palchi in legno per organo barocco attribuiti a Ferdinando Mosca, tele e arredi del '600. La chiesa ospita la salma del sulmonese Panfilo Serafini. L'architettura dell'ingresso accenna a indubbi derivazioni dal gotico spagnolo o portoghesi. La trifora presente nella facciata avanza verso il primo rinascimento. Il Campanile con i suoi 65,5 metri rappresenta la costruzione più alta della città, il progetto è del napoletano Matteo Colli. All'interno si trovano i resti di edifici romani, pavimenti a mosaico e affreschi parietali del I° secolo d.C.</p>			
RILIEVO FOTOGRAFICO			
<p>Indicatori di vulnerabilità rilevati: Presenza di elementi spingenti (puntini di copertura, volte, archi), presenza di grandi aperture nelle pareti laterali in vicinanza del cantone: meccanismo attivabile M1; presenza di grandi aperture nella sommità della facciata (rouane): meccanismo attivabile M2; presenza di lunette e volte in foglio nelle navate laterali: meccanismo attivabile M9; presenza di volte spingenti, copertura pesante: meccanismo attivabile M16; irregolarità piano altimetriche: meccanismo attivabile M25; presenza di aperture su più livelli meccanismo attivabile M27; presenza di copertura pesante e copertura spingente nella cella campanaria: meccanismo attivabile M28</p>			
<p>Tipologia pianta: tre navate Posizione chiesa: Contesto urbano Utilizzazione: Saltuario Superficie interna: mq. 569 Stato di conservazione: Buono</p> <p>Navata Centrale Lu: mt. 31,6 Navata Centrale Ls: mt. 7,4 Superficie coperta: mq. 650 Vulnerabilità: 0,52 Meccanismi Attivabili: M1- M2- M9- M16- M25- M27- M28</p>			

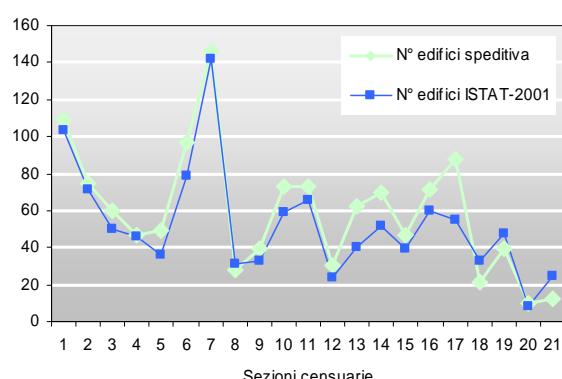
Dati ISTAT censimento 2001

Nel censimento del 2001 l'ISTAT ha predisposto in via sperimentale la redazione di un *questionario di edificio*. La scheda raccoglie informazioni semplici ma per la prima volta relative ad un singolo “edificio” o un “complesso di edifici”. Le informazioni raccolte riguardano l'utilizzazione, l'uso, la struttura verticale prevalente, l'epoca costruttiva, lo stato di conservazione il numero e la tipologia dei piani se essi sono situati in aggregato oppure sono isolati. Appare quindi di estrema utilità fare un raffronto tra i due censimenti, speditivi ed ISTAT, per in qualche modo effettuare una prima validazione e taratura dei dati ISTAT con i dati più attendibili in considerazione che essi sono disponibili per tutti i centri.

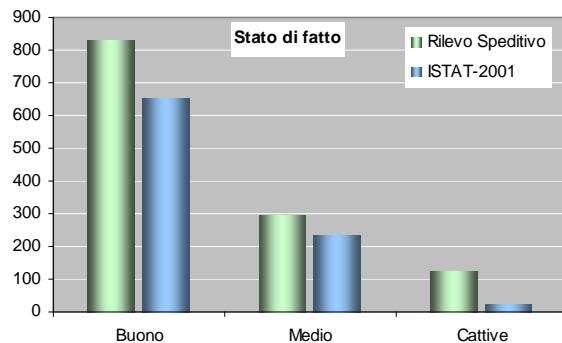
Il centro storico di Sulmona comprende 21 zone censuarie.



Mappatura delle sezioni censuarie ISTAT del centro storico di Sulmona



Confronto fra il numero di edifici per sezione censuaria risultanti dal rilevamento speditivo e dai dati del censimento ISTAT 2001



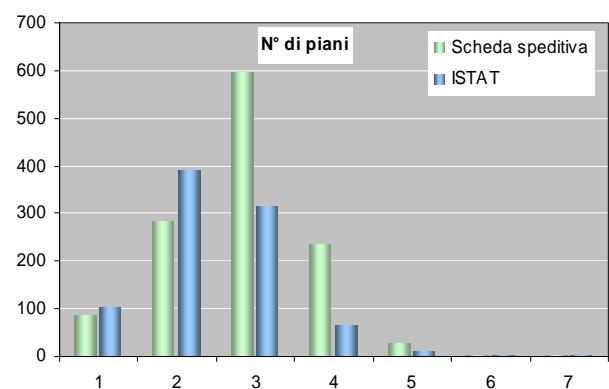
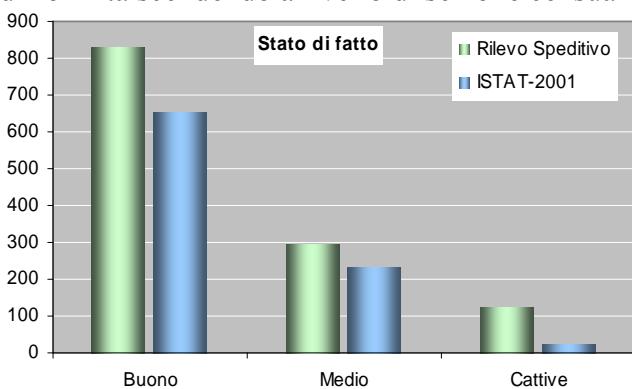
Confronto fra le distribuzione degli edifici per stato di conservazione ottenute dai dati del rilevamento speditivo e dai dati del censimento ISTAT 2001

Va premesso che le due indagini presentano una differenziazione fondamentale sul tipo dei rilevatori utilizzati; mentre l'indagine speditiva è stata realizzata con l'ausilio di tecnici, i rilevatori ISTAT raramente erano tecnici. L'individuazione dell'*oggetto edificio* può essere una operazione non difficile in zone di nuova espansione dove normalmente si è in presenza di edifici in c.a. isolati o di edifici in muratura facilmente distinguibili. In un centro storico, come quello di Sulmona, in presenza di una edilizia storizzata in cui gli edifici sono riuniti in aggregati a volte di notevole dimensione l'individuazione dell'*oggetto edificio* presenta notevoli difficoltà anche al giudizio di tecnici più o meno esperti. Presumibilmente quindi i rilevatori ISTAT hanno avuto grosse difficoltà, nonostante le istruzioni di compilazione, ad individuare, all'interno di centri storici, l'*oggetto* a cui riferire il *questionario di edificio*.

Zona Censuaria	Edifici Rilevati	Edifici ISTAT	Delta %
1	109	103	6%
2	75	71	6%
3	60	50	20%
4	47	46	2%
5	49	36	36%
6	97	79	23%
7	146	142	3%
8	28	31	-10%
9	39	33	18%
10	73	59	24%
11	73	66	11%
12	30	24	25%
13	62	40	55%
14	70	52	35%
15	47	39	21%
16	71	60	18%
17	88	55	60%
18	21	33	-36%
19	39	48	-19%
20	10	8	25%
21	12	25	-52%
Totale	1246	1100	13%

Il primo dato messo a confronto è il numero totale di edifici individuati.. Nel grafico e nella tabella successiva è riportato il confronto tra i dati rilevati con la scheda speditiva e quelli dell'ISTAT. Con la scheda speditivi sono stati individuati 1246 edifici mentre l'ISTAT ne ha individuati 1100. Il dato globale dell' ISTAT differisce di un 13% in meno. Il dato sembrerebbe accettabile e al di sopra di ogni aspettativa. Se però si va a vedere la situazione per le singole sezioni censuarie che comprendono il centro storico la situazione appare alquanto problematica. In alcune sezione la discordanza tra il numero di edifici rilevati dai tecnici che hanno effettuato il censimento speditivo ed i rilevatori dell'ISTAT è superiore al 50%, dovuto presumibilmente ad una minore "sensibilità" del rilevatore ISTAT incaricato per quella sezione censuaria. In generale vi è però una compensazione degli errori. Se le Amministrazioni comunali procedessero alla realizzazione del "Catasto aggregato-edifici"

prima del 2011, con l'ausilio di tale operazione preventiva l'ISTAT nel prossimo censimento potrebbe raccogliere informazioni che potrebbero portare a valutazioni di vulnerabilità più attendibili. Anche il riconoscimento della tipologia strutturale per rilevatori generalmente non tecnici è alquanto difficoltoso; nel centro storico sono stati individuati 23 edifici in c.a. a fronte dei 60 presenti. Analogi ragionamenti emerge nell'analizzare e confrontare le altre poche informazioni presenti nella "Scheda Edificio" dell'ISTAT. Per quanto attiene il giudizio espresso sullo stato manutenzione degli edifici globalmente il dato risulta confrontabile, anche se presenta notevoli difformità scendendo a livello di sezione censuaria.

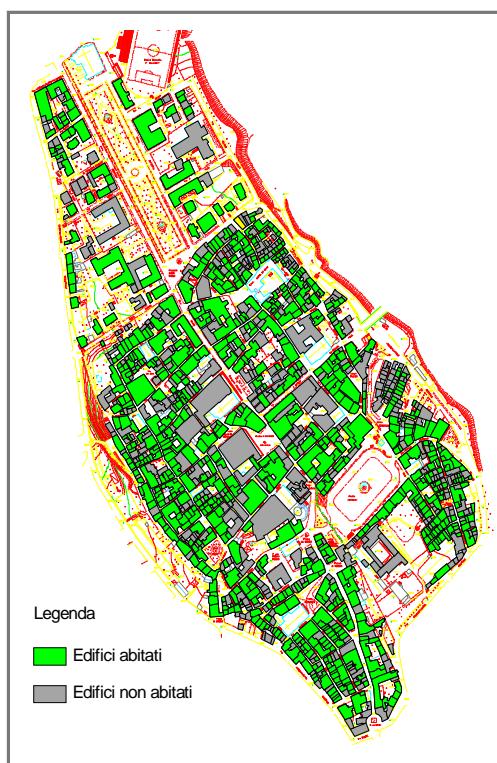


Esposizione

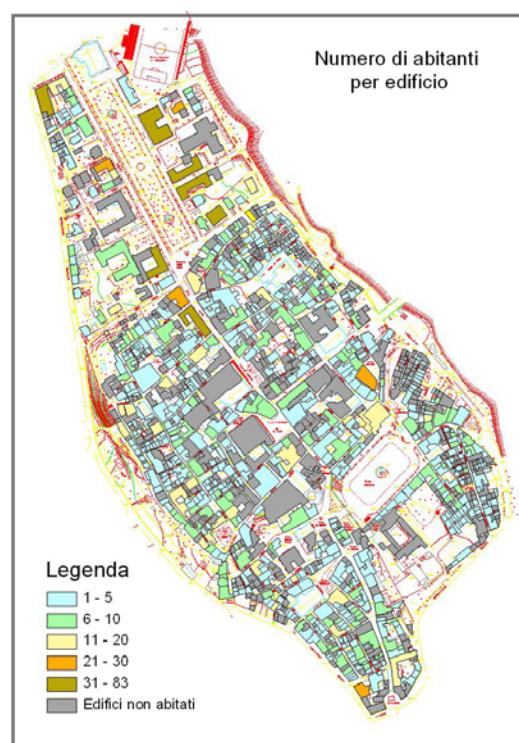
L'esposizione in termini di persone residenti è stata anche introdotta nell'archivio collegato al GIS del centro storico, georeferenziando i dati relativi al numero di residenti per via e numero civico, estratti dal data base anagrafico, grazie alla fattiva collaborazione dell'Amministrazione Comunale di Sulmona. L'operazione consente, pur con alcune incertezze, di avere quantificata e georeferenziata all'interno del centro la presenza delle persone negli edifici ordinari abitati nel centro. La mappa che segue evidenzia la presenza di un certo numero di edifici (unità strutturali) non abitati che in realtà, ad una verifica sia pure sommaria, non risultano tali e questo per la difficoltà intrinseca all'operazione di collegamento delle informazioni attraverso il numero civico, a volte non facilmente associabile alle unità strutturali. Si nota anche la presenza in grigio dei grossi contenitori che non sono destinati alla residenza ma comunque ospitano persone dedite ad attività lavorative, la cui presenza deve essere valutata per altra via.

Comunque la gestione integrata nella procedura dei dati di esposizione con modalità simili a quella sperimentata, attuata considerando anche le altre attività presenti nel centro storico, apre la strada ad una gestione più accurata degli scenari in emergenza e delle analisi di rischio.

Risulta comunque evidente come la predisposizione dell'individuazione degli aggregati e degli edifici attraverso la realizzazione del "catasto" in un sistema GIS faciliti la possibilità del collegamento di molte informazioni disponibili negli archivi comunali e non e di conseguenza consenta anche di descrivere in maniera molto più dettagliata la componente esposizione, che sarebbe di fatto aggiornata in continuo parallelamente con gli la gestione ordinaria dei data base associati alle varie attività amministrative.



Mappa degli edifici abitati e non abitati individuati in base ai dati anagrafici comunali dei residenti nel centro.



Numero di residenti negli edifici abitativi

Conclusioni

La metodologia sinteticamente presentata costituisce uno sviluppo in progress di un sistema integrato in ambiente GIS per la valutazione del rischio sismico e la costruzione di scenari di danno in ambiente urbano, basato sull'acquisizione di dati conoscitivi delle componenti di vulnerabilità ed esposizione di tipo multilivello. L'attuale realizzazione privilegia la raccolta di dati con strumenti operativi di carattere speditivo che consentono di operare con una certa facilità e rapidità in centri di dimensione medio-piccolo, come confermato dalla sua sperimentazione in diverse occasioni di studio condotti su insieme di centri abitati relativamente piccoli dell'Appennino centro meridionale, in casi limitati di maggiori dimensioni e anche di grandi dimensioni come accaduto nel caso del centro storico di Catania.

Le valutazioni di vulnerabilità e danno degli edifici ordinari possono essere condotte sia a livello di classi tipologiche di vulnerabilità con matrici di probabilità di danno che mediante indici e funzioni di danno associate. Nella procedura sono implementate in parte anche le valutazioni per le costruzioni di tipo specialistico che utilizzano strumenti di rilevo specifici.

Le rappresentazioni tematiche realizzabili soprattutto a livello più avanzato (2°) forniscono dei layer conoscitivi che facilitano le analisi delle caratteristiche dell'ambiente costruito e le individuazioni delle situazioni critiche. Gli scenari di danno rappresentato in maniera particolarmente efficace l'impatto dello scuotimento sismico sull'edificato e di conseguenza forniscono una immediata lettura delle capacità globali e locali e facilitano la valutazione delle conseguenze che la sua vulnerabilità comporta sulla funzionalità dell'intero sistema.