

Università degli Studi di Napoli Federico II

Dottorato di ricerca in Storia e Conservazione dei Beni Architettonici e del Paesaggio

Indirizzo: Conservazione dei Beni Architettonici e del Paesaggio - XXVIII ciclo
Coordinatore di indirizzo prof. ing. Aldo Aveta

Il ‘miglioramento’ sismico nel restauro dell’architettura storica.

La sperimentazione su di un aggregato in area campana.

Tutor: prof. ing. Aldo Aveta

Cotutor: prof. ing. Andrea Prota

Dottoranda: ing. Maria Pia Cibelli

Marzo 2016

INDICE

<i>Obiettivi della ricerca</i>	4
CAPITOLO I	9
L'INTERVENTO STRUTTURALE NEL RESTAURO DELL'ARCHITETTURA: EVOLUZIONE TEORICA E NORMATIVA	9
1.1 Lo sviluppo del concetto di consolidamento nella storia del Restauro	10
1.2 Il valore storico della struttura nel dibattito attuale	38
1.3 Legislazione italiana, Carte del Restauro e raccomandazioni: contenuti in evoluzione asincrona	56
CAPITOLO II	95
DALL'ARCHITETTURA AI CENTRI STORICI: VULNERABILITÀ SISMICA E PREVENZIONE	95
2.1 Centri storici in zona sismica: la conoscenza 'integrata' dell'architettura in aggregato.	96
2.2 La valutazione del rischio sismico di architetture e siti storici	114
2.3 La riduzione della vulnerabilità sismica: la prevenzione	134
CAPITOLO III	144
CONSERVAZIONE E SICUREZZA ALLA LUCE DEI RECENTI EVENTI SISMICI	144
3.1 I danni al patrimonio architettonico in Italia dai sismi recenti: l'Umbria e le Marche (1996), l'Abruzzo (2009) e l'Emilia (2012)	145
3.2 Alcune applicazioni di ricerca su aggregati urbani	211
3.3 Gli esiti in termini di restauro e di sicurezza sismica.	231
CAPITOLO IV	239
UNA ESEMPLIFICAZIONE: LA VERIFICA DELLA SICUREZZA STRUTTURALE DI UN AGGREGATO NEL CENTRO STORICO DI SOMMA VESUVIANA (NA)	239
4.1 Le motivazioni della scelta: un aggregato monumentale	240
4.2 Il percorso della conoscenza tra livelli di conoscenza, fattori di confidenza e percezione di valori	245
4.3 La verifica della sicurezza strutturale allo stato attuale: approcci a confronto	326
4.4 La verifica della sicurezza strutturale in relazione all'evoluzione storico-costruttiva dell'aggregato	376
4.5 Il progetto di miglioramento sismico preventivo: priorità e programmazione degli interventi	382
CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	392

<i>Allegati:</i>	
ALL. 1 - Rilievo Metrico: pianta pianoterra, 1:200	406
ALL. 2 - Rilievo Metrico: pianta piano primo, 1:200	407
ALL. 3 - Rilievo Metrico: pianta piano secondo, 1:200	408
ALL. 4 - Rilievo Metrico: pianta piano terzo, 1:200	409
ALL. 5 - Rilievo Metrico: pianta delle coperture, 1:200	410
ALL. 6 - Rilievo Metrico: sezioni AA' – EE', 1:200	411
ALL.7 - Rilievo Metrico: sezioni BB' – CC', 1:200	412
ALL.8 - Rilievo Metrico: sezione DD', 1:200	413
ALL.9 - Rilievo Metrico: prospetto ovest, 1:200	414
ALL.10 - Rilievo dei Materiali e delle Tecniche Costruttive: pianta piano terra, 1:200	415
ALL.11 - Rilievo dei Materiali e delle Tecniche Costruttive: pianta piano primo, 1:200	416
ALL.12 - Rilievo dei Materiali e delle Tecniche Costruttive: pianta piano secondo, 1:200	417
ALL.13 - Rilievo dei Materiali e delle Tecniche Costruttive: pianta piano terzo, 1:200	418
ALL.14 - Rilievo dei Materiali e delle Tecniche Costruttive: sezioni AA' – EE', 1:200	419
ALL.15 - Rilievo dei Materiali e delle Tecniche Costruttive: sezioni BB' – CC', 1:200	420
ALL.16 - Rilievo dei Materiali e delle Tecniche Costruttive: sezione DD', 1:200	421
ALL.17 - Rilievo dei dissesti: pianta piano terra, 1:200	422
ALL.18 - Rilievo dei dissesti: pianta piano primo, 1:200	423
ALL.19 - Rilievo dei dissesti: pianta piano secondo, 1:200	424
ALL.20 - Rilievo dei dissesti: pianta piano terzo, 1:200	425
<i>Bibliografia</i>	426

Obiettivi della ricerca

Gli eventi sismici che hanno colpito la nostra nazione pongono ciclicamente all'attenzione della comunità scientifica il problema della 'difesa' del patrimonio architettonico e, dunque, della sua conservazione. Nelle zone sismiche il tema degli interventi strutturali sul patrimonio di architettura storica assume un ruolo determinante in quanto garante della stabilità dei manufatti e dei rischi per i suoi fruitori.

Obiettivo primario della ricerca è stato analizzare gli approcci metodologici ed operativi che caratterizzano gli interventi di consolidamento e rafforzamento del costruito storico oggi, individuandone aspetti positivi e criticità, in relazione alle acquisizioni disciplinari e alle recenti disposizioni normative.

In secondo luogo, si è cercato di compiere una valutazione delle prospettive teoriche ed operative riguardo al tema del miglioramento sismico del patrimonio architettonico dall'angolo visuale del Restauro architettonico e della Conservazione, affinché si tenga conto in maniera concreta, in fase operativa, di principi e fondamenti disciplinari.

La ricerca ha previsto una prima fase di ricognizione storica del ruolo e delle modalità con cui l'intervento strutturale si è inserito nel più generale intervento di restauro, attraverso le specifiche considerazioni dei principali esponenti della Cultura della Conservazione, non trascurando la posizione di alcune personalità del XX secolo che hanno fornito un contributo importante sul significato del restauro strutturale e, dunque, delle modalità di attuazione dell'intervento. Sono stati, altresì, presi in considerazione i principali documenti di riferimento, quali Carte e Raccomandazioni, nonché l'evoluzione del quadro normativo in Italia.

In tal senso, è ben noto che il riferimento normativo fondamentale è il D.P.C.M del 09/02/2011 - *Valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008*. Proprio le "Norme Tecniche per le Costruzioni" (NTC) del 2008 hanno abbandonato esplicitamente il carattere prescrittivo delle vecchie regole a favore di una impostazione di tipo "prestazionale" che, data una maggiore responsabilità e libertà operativa ai progettisti, induce ad una maggiore consapevolezza nella definizione degli interventi, ora proposti e non più imposti. Le richiamate NTC riguardano però l'edilizia ordinaria¹ e il Legislatore², consapevole che l'intervento sul patrimonio culturale richiede un'attenzione specifica, ha

¹ In particolare il riferimento è al Cap. 8 Edifici esistenti.

² Ministero per i Beni e le Attività culturali in collaborazione con il Dipartimento della Protezione Civile.

emanato nel 2011 le suddette Linee Guida, con l'intento di rendere possibile l'attività di prevenzione, in particolar modo per ciò che riguarda la tutela del patrimonio architettonico dal rischio sismico. Si riconosce nel testo legislativo l'importanza fondamentale che assume il "percorso di conoscenza" dell'architettura storica per comprenderne ed interpretarne l'evoluzione costruttiva, che consente di progettare gli interventi effettivamente necessari e, soprattutto, ispirati al miglioramento strutturale.

È chiaro che l'intento del D.P.C.M del 09/02/2011 di ottenere «*apprezzabili valori di sicurezza per il patrimonio culturale*» attraverso l'intervento di miglioramento sismico comporta la necessità di riflettere sul rapporto conservazione – sicurezza, in particolare in seguito agli esiti operativi seguenti i tragici eventi sismici di Umbria e Marche (1996), dell'Abruzzo (2009) e dell'Emilia (2012).

È opinione diffusamente condivisa che gli interventi di conservazione dei manufatti storici debbano confrontarsi dialetticamente con l'esigenza della sicurezza sismica. Un intervento di consolidamento è rispettoso delle istanze della conservazione solo quando è capace – oltre che di garantire la sicurezza strutturale – di non snaturare lo schema statico del manufatto da considerare valore storico, anch'esso espressione di cultura materiale, da preservare. Il calcolo e l'analisi strutturale, utili nel valutare la sicurezza della struttura, sono spesso fondati su ipotesi poco veritiere, causate da dati conoscitivi approssimati. Solo attraverso un processo di sintesi, attribuendo un diverso peso alle informazioni, è possibile pervenire ad un giudizio significativo e scientificamente corretto. Il giudizio sulla sicurezza è un'operazione alquanto delicata che richiede una solida base scientifica, combinata con intuizione ed acutezza di osservazione. Pertanto, è utile, in ogni fase dello studio, evidenziare le approssimazioni in modo da poter associare al giudizio stesso anche un'indicazione della sua attendibilità.

Per quanto riguarda il patrimonio vincolato la norma prevede la possibilità dell'intervento locale e del miglioramento sismico. È utile ricordare che il concetto di "miglioramento sismico" è stato introdotto per la prima volta dal D.M. 24 gennaio 1986 al punto C. 9.1.2, il quale «*definisce intervento di miglioramento l'esecuzione di una o più opere riguardanti i singoli elementi strutturali dell'edificio con lo scopo di conseguire un maggior grado di sicurezza senza peraltro modificarne in maniera sostanziale il comportamento globale. È fatto obbligo di eseguire interventi di miglioramento a chiunque intenda effettuare interventi locali volti a rinnovare o sostituire elementi strutturali dell'edificio*». Tale tipo di approccio

fu fortemente richiesto dagli esperti di restauro e, tra questi, svolse un ruolo determinante Roberto Di Stefano, preoccupato dei danni inferti al patrimonio architettonico dagli interventi di adeguamento sismico di cui alla L.219/81. È importante anche sottolineare che, nel corso di questi trent'anni il concetto di 'miglioramento' ha subito una forte evoluzione, per cui, oggi, la distinzione tra l'azione di miglioramento e quella di adeguamento non è in relazione al tipo di intervento ma in relazione alla mancanza del raggiungimento di un prescritto livello di sicurezza.

Alle tematiche suesposte se ne devono aggiungere altre che aprono nuovi scenari.

Si è parlato sin qui di 'patrimonio di architettura storica' e di miglioramento sismico, associando implicitamente tale approccio strutturale al manufatto architettonico inteso come edificio 'singolo'. Le esperienze abruzzesi e emiliane hanno indotto gli esperti – soprattutto di strutture – ad estendere il ragionamento alla scala urbana, facendo emergere così un concetto nuovo, quello di 'aggregato urbano': si è configurata la necessità di un approccio multilivello che, a partire dalla scala architettonica, consideri il manufatto inserito nel proprio contesto, che a sua volta può presentare una o più parti vincolate, o una o più parti costituite da tipologie costruttive e morfologiche diverse che, dunque, rispondono a logiche comportamentali di tipo statico completamente differenti. Il problema è estremamente complesso poiché un intervento di questo tipo – che tiene conto di tipologie strutturali, costruttive, morfologiche e di vincolo di edifici diversi ma contigui – richiede il coinvolgimento di competenze tecniche altamente specializzate nei diversi campi e, allo stesso tempo, la presenza di una figura in grado di coordinarne tutti gli apporti.

Proprio per tali motivi emerge l'esigenza di una conservazione che non può riferirsi al manufatto architettonico inteso come edificio singolo, ma che deve riguardare l'originario tessuto degli insediamenti storici e, la necessità di conseguire, anche in tali ambiti, adeguati livelli di sicurezza nei confronti delle azioni sismiche.

Ricerche recenti³ sono finalizzate a promuovere e stimolare una 'politica di prevenzione sismica attiva' a livello di insediamenti storici, intesi nel loro insieme morfologico e funzionale come componente vitale dei centri urbani. Questa impostazione in termini globali della problematica sismica è fortemente innovativa ed è coerente con le strategie definite dalla raccomandazione dell'UNESCO adottata il 27.05.2011 sul "Paesaggio storico

³ Gruppo di lavoro istituito con nota del Presidente del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici n°7547 del 06.09.2010, *Studio propedeutico all'elaborazione di strumenti di indirizzo per l'applicazione della normativa sismica agli insediamenti storici*, 20.04.2012.

urbano”⁴ che ha introdotto un nuovo approccio alla “conservazione urbana”: il paesaggio storico urbano è inteso come risultato di una stratificazione storica di valori e caratteri culturali e naturali che vanno al di là della nozione di “centro storico”.

Un altro aspetto interessante, già indicato, è quello della prevenzione, la cui esigenza è desunta dai recenti e sempre più frequenti eventi sismici: la valutazione del rischio del patrimonio architettonico ai fini della salvaguardia si imposta su un progetto di conoscenza multidisciplinare teso a individuare priorità e azioni programmatiche.

Di conseguenza, il ragionamento, ora esteso alla scala urbana, comporta l’elaborazione del concetto di “vulnerabilità sismica urbana” – intesa come la suscettività al danneggiamento fisico e alla perdita di organizzazione e di funzionalità a causa del sisma.

Le valutazioni di vulnerabilità non definiscono valori assoluti, ma relativi e di carattere qualitativo. Queste valutazioni, applicate ai centri storici, presuppongono la classificazione dei tessuti secondo parametri morfologici, tipologici, strutturali e funzionali. Esse risultano estremamente utili per individuare le parti (isolati o loro insiemi) caratterizzate da maggiori criticità e quindi più a rischio, per le quali, eventualmente, attivare approfondite indagini di carattere strutturale, non dissimili da quelle svolte per i singoli edifici, con la differenza, sostanziale, della necessità di tener conto dell’aggregato edilizio (o dell’isolato) di cui esse fanno parte. Da quanto sin qui segnalato emerge che si rende indispensabile il passaggio dalla lettura dei tessuti edilizi per singoli edifici alla lettura in chiave ‘urbanistico-strutturale’ del centro storico con finalità di prevenzione sismica; l’analisi dei singoli aggregati costituisce quindi lo strumento tecnico per compiere l’analisi dell’intero insediamento storico.

La ricerca ha inteso approfondire operativamente con la verifica della sicurezza strutturale di un aggregato di un centro storico campano alcune riflessioni sviluppate nelle fasi precedenti del lavoro di ricerca, al fine di formulare un giudizio complessivo che non trascuri le ragioni della conservazione accanto alle esigenze della sicurezza.

⁴ UNESCO, Fifteenth General Assembly of states parties to the convention concerning the protection of the World Cultural and Natural Heritage, Paris, UNESCO Headquarters, Room IV, 10-11 October 2005: «*The historic urban landscape, building on the 1976 “UNESCO Recommendation concerning the Safeguarding and Contemporary Role of Historic Areas”, refers to ensembles of any group of buildings, structures and open spaces, in their natural and ecological context, including archaeological and palaeontological sites, constituting human settlements in an urban environment over a relevant period of time, the cohesion and value of which are recognized from the archaeological, architectural, prehistoric, historic, scientific, aesthetic, socio-cultural or ecological point of view. This landscape has shaped modern society and has great value for our understanding of how we live today*».

L'obiettivo della ricerca, dunque, è stato approfondire il rapporto tra l'esigenza della conservazione degli insediamenti e dei manufatti storici, nella loro irriproducibilità morfologica e materica e, la necessità di conseguire, alla scala delle architetture (e dei complessi architettonici), adeguati livelli di sicurezza in relazione al rischio sismico, attraverso un'attività basata sulla prevenzione quale strumento per la conservazione del costruito storico.

La ricerca intende in questo modo offrire un contributo scientifico che possa essere utile nella prassi operativa in tema di riqualificazione e messa in sicurezza in vista di un possibile evento dannoso; l'auspicio è quello di trasferire all'interno delle politiche integrate di rigenerazione urbana la categoria della 'prevenzione' sismica per garantire un concreto equilibrio tra le ragioni della conservazione e le esigenze della sicurezza.

CAPITOLO I

L'INTERVENTO STRUTTURALE NEL RESTAURO

DELL'ARCHITETTURA: EVOLUZIONE TEORICA E NORMATIVA

Il secolo scorso è stato caratterizzato in Italia da grandi distruzioni sismiche, a partire dal terribile terremoto di Messina del 28 dicembre 1908 che ha provocato oltre 100.000 morti; sono stati però i terremoti della seconda metà del XX secolo (Belice, Friuli, Irpinia, Umbria e Marche) ad avviare importanti dibattiti scientifici e normativi i cui risultati sono maturati in anni recenti.

Il Capitolo introduce il tema del miglioramento sismico a partire dall'evoluzione storica delle modalità d'intervento strutturale nell'ambito della disciplina del Restauro architettonico. Nella prima parte, con riferimento ai secoli XVIII – XIX e fino alla prima metà del XX, l'interesse si concentra sul pensiero e sull'opera dei fondatori della disciplina del Restauro: in particolare, si sottolineano l'impostazione metodologica e le questioni inerenti l'utilizzo dei nuovi materiali nell'operato di Viollet-le-Duc. C'è da osservare che, nel corso di questa evoluzione, lo studio delle strutture in muratura, con l'avvento del cemento armato e lo sviluppo della moderna Scienza delle Costruzioni, è stato progressivamente abbandonato. È solo a partire dagli anni '60 del secolo scorso che si registra una ripresa degli studi, giocando un ruolo importante le operazioni di recupero degli edifici dei centri storici effettuate in assenza di una normativa adeguata e di consapevolezza culturale nella prassi. Poi, il sopravvenire degli eventi sismici agli inizi degli anni '80 ha dato il via ad una nuova stagione di ricerca che ha affrontato concretamente il problema delle strutture in muratura. Fino a quel momento, la legislazione italiana si era posta poco il problema dell'intervento sul patrimonio storico-architettonico. In sostanza, il dibattito sui temi del consolidamento si è fortemente sviluppato nell'ultimo trentennio per contrastare i devastanti risultati di direttive e normative conseguenti ai danni arrecati alle fabbriche storiche dagli eventi sismici. In particolare i docenti di Restauro hanno approfondito molto il tema: basti pensare all'azione di Roberto Di Stefano che ha delineato il reale rapporto tra restauro e consolidamento, favorendo l'approfondimento degli studi con esperti di scienza e tecnica delle costruzioni – Salvatore Di Pasquale, Edoardo Benvenuto e Renato Sparacio – insieme al contributo operativo di Antonino Giuffrè. Le acquisizioni culturali sul finire del XX secolo da parte dei teorici della Conservazione emergono nella direttiva per i BB.CC. del 9 febbraio 2011 che sancisce la definitiva acquisizione sotto il profilo normativo dello spirito che deve guidare l'intervento strutturale sul patrimonio architettonico.

1.1 Lo sviluppo del concetto di consolidamento nella storia del Restauro

Memoria sismica e interventi sulle costruzioni: alcuni cenni dalle origini al XVIII secolo

Gli edifici sono un vero e proprio archivio delle vicende storiche che li hanno coinvolti; in essi è possibile rintracciare i segni sia del sisma che degli eventuali provvedimenti adottati per riparare o contrastare i suoi effetti⁵. L'arte del costruire, fin dalle origini, ha progredito riparando gli errori; il fallimento è stato il motore del progresso tecnologico nell'edilizia: gli eventuali accorgimenti messi in opera per opporsi alle sollecitazioni sismiche erano verificati solo al terremoto successivo, quando magari si era perduta perfino la memoria del provvedimento adottato; ma ogni intervento di riparazione dei danni costituiva anche un atto di prevenzione per il terremoto successivo e, in tal senso, un provvedimento antisismico. In altri termini, la frequenza e la pericolosità dei terremoti ha spinto le popolazioni locali ad adottare determinati accorgimenti costruttivi rivelatisi nel tempo efficaci in caso di scosse sismiche⁶.

Già nel corso dell'antichità sono documentate conoscenze empiriche di sismologia, come la classificazione tipologica dei terremoti e il concetto di 'zona sismica'⁷. In merito alle modalità di salvaguardia dell'edilizia dagli eventi sismici si espressero Talete, Democrito, Aristotele ed Epicuro, con osservazioni caratterizzate dal comune buon senso: mantenere gli edifici bassi, usare materiali leggeri come l'impasto con pietre pomice, realizzare coperture lignee. Le costruzioni romane adottarono diversi accorgimenti antisismici. Il trattato di Adam⁸ ne evidenzia molti: i blocchi di pietra squadrati usati nelle murature erano spesso resi solidali con grappe di legno o di metallo che assicuravano il collegamento orizzontale; per i collegamenti verticali dei rocchi di colonna si usavano perni metallici; in alcuni casi si imperniavano anche le chiavi di volta. Connesso ai perni e alle grappe era l'uso del piombo.

⁵ C. F. GIULIANI, *Provvedimenti antisismici nell'antichità*, in «Journal of Ancient Topography», Atti del VII congresso di Tipografia Antica Ricerche di Topografia Antica: bilanci critici e prospettive, XXI, Mario Congedo Editore, 2011, pp.25-52.

⁶ F. LA GRECA, *I terremoti in Campania in età romana e medioevale. Sismologia e sismografia storica*, in «Annali storici di principato citra», V, n.1, gennaio-giugno 2007, pp.5-6.

⁷ Non c'è stato filosofo della natura che non abbia esposto le proprie teorie sul terremoto, da Aristotele a Kant; ad esempio: Seneca, *Naturalis questione*, VI, 1, 10: «*Quegli abitanti della Campania che erano fuggiti altrove dopo il terremoto del 62 d.C. dovevano ritenere possibili nuove scosse, e quindi pericoloso restare nella regione*»; Strabone VIII, 5, 7: «*La Laconia è soggetta ai terremoti, e si ricorda il crollo di alcune cime del monte Taigeto*». Apuleio, *De mundo*: «*La terra, al suo interno, non solo possiede delle sorgenti d'acqua, ma è feconda di aria e di fuoco. Infatti al di sotto di alcune regioni vi sono venti nascosti che eruttano fiamme e vapori, come a Lipari, come sull'Etna, e come è solito fare anche il nostro Vesuvio. [...] Spesso accade che i venti sotterranei, vagando attraverso le parti vuote della terra, scuotano anche le sue parti più solide, e spesso accade che un soffio, crescendo di forza, e insinuandosi nei luoghi più angusti della terra senza trovare qualche uscita, susciti un terremoto*»; vedi F. LA GRECA, *I terremoti in Campania in età romana e medioevale. Sismologia e sismografia storica*, in «Annali storici. Di principato citra», V, n.1, gennaio-giugno 2007, p.10.

⁸ J. P. ADAM, *L'arte di costruire presso i romani: materiali e tecniche*, Longanesi & C., Milano, 1989, pp.



Fig. 1 – Imperniamento di una colonna in muratura a mezzo di una colata di piombo visibile all'altezza della scozia. Grande Palestra di Pompei dopo il terremoto del 62 d.C. (da J.P. Adam, *L'arte di costruire presso i romani. Materiali e tecniche*, Longanesi, 1989, p.166).

Questo metallo fu molto adoperato nell'antichità per la riparazione dei danni da terremoto: si pensi al rinalzo delle colonne in muratura della grande palestra di Pompei dopo il terremoto del 62 d.C.⁹. Per consolidare gli edifici pericolanti, invece, si fece uso di tiranti e catene metalliche e, allo scopo di rendere solidi gli edifici pubblici, si abbondò nel dimensionamento delle fondazioni, molto più ampie della struttura sovrastante.

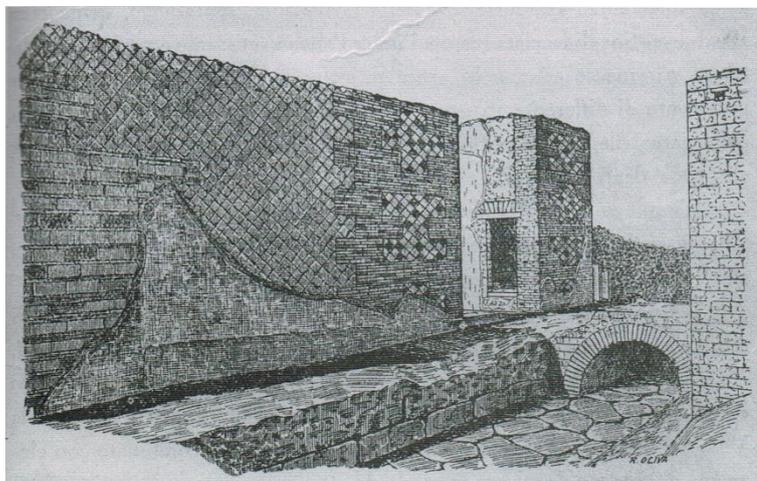


Fig. 2 - Pompei, Casa del grande atrio dipinto. La muratura esterna è interessata da numerosi interventi di consolidamento (da A. Maiuri in S. CASIELLO (a cura di) *Verso una storia del restauro. Dall'età classica al primo Ottocento*, Alinea Editrice, marzo 2012, p.27)

L'utilizzo di tecniche antisismiche non è specificamente attestato nel trattato di Vitruvio;

⁹ Nell'impernatura dei blocchi o dei rocchi di colonna normalmente l'estremità inferiore del perno era affogata in una quantità di piombo maggiore che non nell'estremità opposta; è probabile che questo sistema abbia avuto un ruolo nella presunta funzione antisismica e che, in qualche caso, sia stato adoperato anche come ammortizzatore tra elementi con caratteristiche meccaniche differenti come la pietra e il metallo, di durezza e fragilità differenti. Anche la tecnica di inserire un foglio di piombo tra la base e il fusto delle colonne potrebbe avere lo stesso fine, sebbene questa pratica sia stata normalmente interpretata come un espediente per far meglio aderire i due elementi senza la necessità di lavorarli con troppa accuratezza. Alcuni studiosi ritengono che forse questa tecnica sia utilizzata con la volontà di consentire ai due elementi di marmo un certo grado di movimento in occasione di scosse telluriche, ritardando la formazione del punto di cerniera sul bordo dell'imoscapo e il progredire del suo spostamento all'interno con il conseguente ribaltamento della colonna; vedi C. F. GIULIANI, *Provvedimenti antisismici nell'antichità*, in «JAT», XXI, 2011, p.42-46.

tuttavia, egli illustra diverse tecniche atte a rendere gli edifici resistenti e duraturi: raccomanda fondazioni ampie e spesse, mura con archi di scarico al loro interno, pilastri angolari esterni più larghi e più solidi, speroni o contrafforti di rinforzo per le sostruzioni¹⁰. Anche gli studi di Jean Pierre Adam¹¹ e di Amedeo Maiuri¹², condotti intorno alla metà del Novecento per le città di Ercolano e Pompei sugli interventi edilizi post-terremoto, permettono osservazioni interessanti: questi rilevano che i cosiddetti “edifici a schiera”, ovvero quegli edifici che hanno inglobato e concatenato più abitazioni in tempi successivi, soffrirono meno il sisma, bilanciandone le spinte.

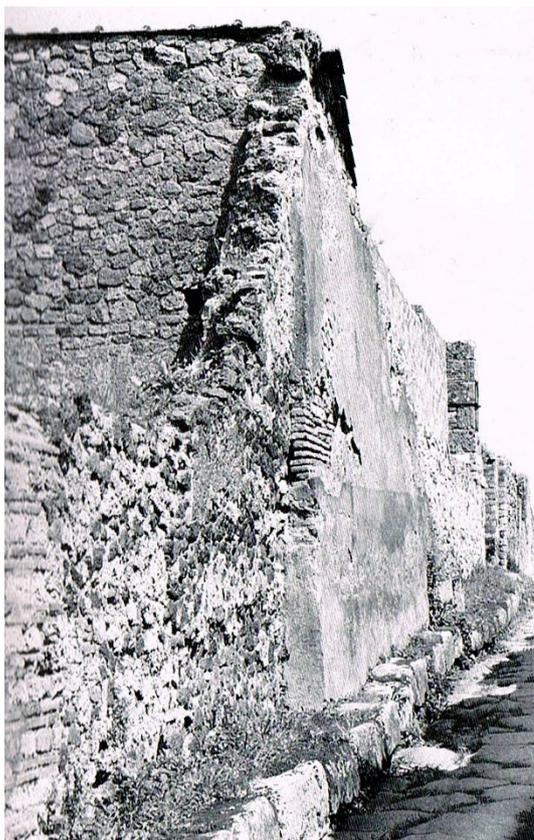


Fig. 3 – Muro di rinforzo in mattoni e pietre addossato a un muro danneggiato dal terremoto, Pompei ((da J.P. Adam, *L'arte di costruire presso i romani. Materiali e tecniche*, Longanesi, gennaio 1989, p.165).

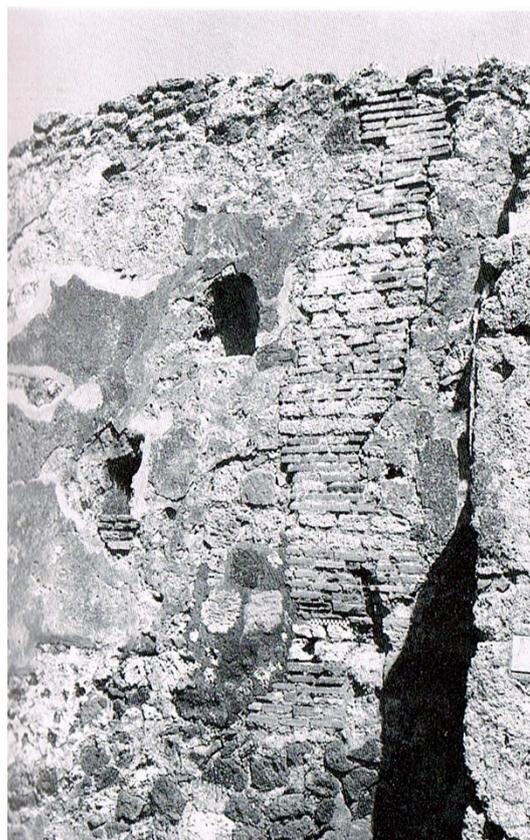


Fig. 4 – Intervento successivo al terremoto del 62. Un muro in opera quadrata di calcare della prima età sannitica (IV-III secolo a.C.) è stato restaurato con blocchetti e mattoni (da J.P. Adam, *L'arte di costruire presso i romani. Materiali e tecniche*, Longanesi, gennaio 1989, p.166).

In generale, interventi particolarmente efficaci furono le ricostruzioni angolari in *opus mixtum*, i contrafforti in mattoni sia interni che esterni rispetto alle pareti danneggiate, la

¹⁰ Cfr. R. IENTILE, M. NARETTO, *Patrimonio architettonico e rischio sismico. Un percorso tra conoscenza e obiettivi di conservazione*, Celid, luglio 2013, pp.11-12; C. F. GIULIANI, *Provvedimenti antisismici nell'antichità*, in «JAT», XXI, 2011, p.47.

¹¹ J. P. ADAM, *L'arte di costruire presso i romani: materiali e tecniche*, Longanesi & C., Milano, 1989, pp.

¹² A. MAIURI, *Pompei*, Istituto Geografico DeAgostini, 1956, pp.; A. MAIURI, *Ercolano*, Istituto Poligrafico di Stato, 1959, pp.; A. MAIURI, *Pompei e Ercolano, fra case e abitanti*, Aldo Martello Editore, Milano, 1964, pp. A. MAIURI, *Ercolano, Pompei e stili pompeiani*, Istituto della Enciclopedia Italiana, 1965, pp.

muratura di porte e finestre per rinforzare le pareti, la ricostruzione di muri mediante 'opera a telaio', il rinforzo delle volte mediante archi su contrafforti costituiti da colonne di mattoni, il rifacimento ed il rinforzo delle facciate con pilastri e semicolonne in mattoni, il fissaggio alla base delle colonne di marmo mediante il piombo. Questi accorgimenti strutturali, messi in luce dagli scavi di Pompei ed Ercolano danneggiate dal terremoto del 62, hanno resistito alle forti scosse che precedettero immediatamente l'eruzione del 79¹³.

Il primo documento della cultura occidentale che parla esplicitamente delle cause e degli effetti dei terremoti, nonché di accorgimenti costruttivi destinati a ridurre l'impatto del terremoto sugli edifici, è la *Naturalis Historia* di Plinio. Plinio introduce un primo sistema di isolamento degli edifici che consiste nel costruire su terreni omogenei sabbiosi interponendo tra le fondazioni e il terreno uno strato di lana o carbone¹⁴. Anche i templi di Paestum vennero costruiti su strati di sabbia che sono stati interpretati come una platea capace di attutire la scossa sulla quale l'edificio potesse slittare senza spezzarsi¹⁵. Plinio sottolinea che le pareti di mattoni subiscono meno danni, e che i punti più sicuri e resistenti di un edificio sono gli archi, le volte, gli angoli formati dai muri e le porte, perché qui le spinte contrapposte si bilanciano. Dal testo di Plinio emergono anche conoscenze

¹³ Le strutture ancora esistenti dimostrano che la città di Pompei era un 'cantiere aperto' in cui si cercava di consolidare gli edifici danneggiati. Dopo il sisma del 62 d.C., nella piazza principale, si stava sostituendo l'antico portico colonnato sperimentando una «soluzione eccellente nei riguardi della resistenza, ma che avrebbe reso la costruzione molto più vulnerabile alle azioni sismiche». La formazione di giunti strutturali nella trabeazione del colonnato evidenzia lo sforzo da parte dei costruttori romani di trovare soluzioni di consolidamento ottimali, pur non potendo prevedere gli effetti devastanti di un terremoto che sarebbero derivati dall'aver sostituito ad una costruzione solidale un sistema costruttivo con una serie di 'sconnessioni'. Per approfondimenti sulle tecniche di consolidamento impiegate a Pompei Cfr E. ROMEO, *Interventi sulle fabbriche antiche dall'età classica alla tarda età imperiale*, in S. CASIELLO (a cura di), *Verso una storia del restauro. Dall'età classica al primo Ottocento*, Alinea Editrice, 2012 (1ed. 2008), pp.13-30, in particolare pp.25-28; S. DI PASQUALE, *L'arte del costruire. Tra conoscenza e scienza*, Marsilio editore, 1996 (ed. consultata X, Venezia 2003), p. 155.

¹⁴I 'cuscinetti' di terra molle o sabbia erano spesso utilizzati sotto le antiche costruzioni; il sistema descritto era infatti stato impiegato per il tempio di Artemide a Efeso: «è cosa degna di ammirazione per la magnificenza greca il tempio di Diana che ancora esiste a Efeso, la cui costruzione impegnò tutta l'Asia minore per 120 anni. Lo eressero in una zona palustre, perché non dovesse subire terremoti o temere spaccature del suolo scivoloso e instabile, si pose al di sotto di esse uno strato di frammenti di carbone e un altro di velli di lana», il passo è tratto da P. PORTOGHESI, Editoriale, in «Materia», nn.75-76, giugno 2013.

¹⁵ Le fondazioni dei templi di Paestum, molto profonde, poggiano su un cuscino di sabbia che le separa dal fondo roccioso, e consentono di mantenere basso il baricentro degli edifici, con una vulnerabilità sismica ampiamente nei limiti di sicurezza, secondo recenti misurazioni strumentali e calcoli strutturali. I templi possono essere intesi come strutture scatolari non rigide, ma snodabili, sostenute dal loro peso ma nello stesso tempo elastiche e tali da assorbire le scosse, anche in considerazione delle poderose fondamenta. Anche le mura di Troia si avvalevano di questo stratagemma, mentre sono frequenti edifici romani la cui struttura muraria sembra concepita in funzione del terremoto con rinforzi angolari di varia entità. Un esempio significativo è l'edificio chiamato 'Mura di S. Stefano' nei pressi del lago di Bracciano, appartenente probabilmente alla villa di Calo Cecilio, rilevato da Palladio e dal Ligorio, composto di nove ambienti quadrati della stessa dimensione, con volte a crociera e pilastri di rinforzo collocati in corrispondenza degli angoli. Vedi M. CIPRIANI, *Il restauro dei Templi di Poseidonia. Un intervento di conservazione e valorizzazione*, Catalogo della mostra, Salerno, Segno Associati, 2004; P. PORTOGHESI, Editoriale, in «Materia per L'Emilia», n.75/76, giugno 2013, pp.24-26.

scientifiche che relazionano la tipologia del terremoto con le caratteristiche degli edifici: egli, infatti, distingue i terremoti in vibranti e sussultori e chiarisce che, i primi, con movimenti alternati verso l'alto e verso il basso, sono meno pericolosi per gli edifici, mentre, i secondi, sono più dannosi per le "inclinazioni fluttuanti". Questa ed altre poche testimonianze sono i brandelli di una scienza sismologica antica, che però ha dato valida prova di sé nell'arte delle costruzioni.

Un passo in avanti rispetto agli accorgimenti intuitivi che dall'antichità si erano diffusi in Europa è il *Libro di diversi terremoti* di Pirro Ligorio, scritto dopo il celebre terremoto di Ferrara che si manifestò dal 1571 al 1574.

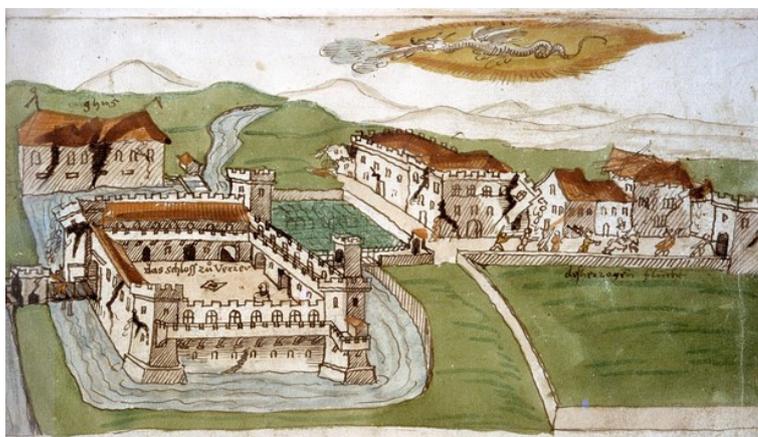


Fig. 5- Terremoto del 17 novembre 1570 a Ferrara. Cartolina illustrata con cui un militare svizzero informa la famiglia sui rilevanti danni del terremoto che aveva visto di personalmente¹⁶.

Nel trattato è descritta la casa antisismica: un piccolo edificio di forme monumentali, dotato di pilastri angolari, che esibisce, al disopra delle finestre e della porta, un triplo sistema di archi e piattabande. L'arco di scarico, presente in molti edifici romani, è realizzato in mattoni come le due piattabande inferiori, mentre quattro pilastri angolari di pietra irrobustiscono il volume compatto dell'edificio¹⁷.

I trattatisti del Quattrocento evidenziano nei loro scritti le cause dei dissesti delle costruzioni in tempi molto lontani da ogni moderno procedimento di valutazione basato su modelli di

¹⁶ Tratta da Zentralbibliothek Zurich, E. Guidoboni e J. Ebel, 2009, sito: http://www.nationalgeographic.it/ambiente/disastri-naturali/2014/09/25/foto/cento_citt_mille_ricostruzioni-2307768/5/#media

¹⁷ «Conviene fare delle fortezze sopra de' vani - riassume Ligorio - et nelle cantonate [...]. I muri è di necessità ligarli con possenti ferri acciò che non squassano et, sebene tremano tutti insieme, si sostentano [...]. Per tanto tutti li muri grossi, et con honesta sostanza, et ben legati insieme nelle cantonate o con opera di muro, con chiavi di marmo o di ferro, tutti sono immovibili. Tutti li muri qual si vogliono che sono fatti senza difesa nelle cantonate, tutti si sciolgono et fanno separationi o per solutione o per rotture. Tutto l'intento deve havere l'artefice di fare i muri con legamenti, legare essi colle pietre, legare le cantonate colle grossezze et colle chiavi di ferro o di gran sassi per che queste sono le retine che mantengono le cantonate; per ciò che tutti li cantoni, che hanno li loro debiti ripieni o li suoi ferri ascosi dentro, possono chiamarsi sicuri: per questo gli antichi facevano doppie le cantonate in questa guisa che sono disegnate queste stanze per dimostrazione». Il passo riportato è tratto da P. PORTOGHESI, Editoriale, in «Materia», n. 75/76, giugno 2013, pp. 26.

calcolo e criteri di verifica¹⁸; il concetto della *firmitas* vitruviana, di validità universale, è ben assimilato, per cui dalla lettura dei Trattati, fino a quelli seicenteschi, il terremoto è descritto come un fenomeno che può turbare l'equilibrio della costruzione ma senza che da questa eventualità si traggano specifiche norme, poiché, se l'edificio è costruito secondo le buone regole non c'è motivo di temerlo¹⁹. In particolare, Leon Battista Alberti pone particolare rilievo alla 'regola dell'arte' sostenendo che solo il profondo conoscitore di questa è in grado di portare a compimento l'opera e, quindi, ad imprimere con essa un possibile modo all'edificio di essere in equilibrio. Per questa ragione, Alberti incita a conoscere e studiare l'edificio²⁰, importantissima e unica fonte di archivio 'materiale'²¹.

Successivamente, Francesco Milizia si sofferma sul concetto di stabilità delle costruzioni, anch'egli sostiene l'importanza dell' 'arte' di saper costruire: «*Solida è una fabbrica, [...] esente per lunghissimo tempo dal pericolo di rovinare, o di deteriorare. Or siccome il caldo, il freddo, l'aria, l'umidità, il proprio peso, l'uso stesso, le scosse, e gli urti ordinari e accidentali si oppongono a questa stabilità, convien perciò aver riguardo a tutte queste cose; [...]. Qualunque edificio deve considerarsi come un tutto composto di varie parti unite insieme e collegate. Queste parti chiamansi volgarmente materiali; e sono pietre, mattoni, calce, arena, legnami, metalli, ecc. la fortezza della fabbrica dipenderà dalla particolar fortezza di ciascuna, e dalla unione di tutte insieme suddette parti componenti: onde la solidità e durata di qualunque edificio dipenderà da due riguardi: 1. Dalla scelta opportuna*

¹⁸ R. IENTILE, *Le Raccomandazioni e la riduzione del rischio sismico nel patrimonio culturale*, in *Patrimonio architettonico e rischio sismico. Un percorso tra conoscenza e obiettivi di conservazione*, Celid, luglio 2013, p. 151.

¹⁹ S. DI PASQUALE, *Architettura e terremoti*, p.224.

²⁰ L. B. ALBERTI, *De re aedificatoria*, libro VI, 1, p. 442: «*tutti gli edifici dell'antichità che potessero avere importanza pe qualche rispetto, io li ho esaminati, per poterne ricavare elementi utili. Incessantemente ho rovistato, scrutato, misurato, rappresentato con schizzi tutto quello che ho potuto, per potermi impadronire e servire di tutti i contributi possibili che l'ingegno e la laboriosità umana mi offrivano*»²⁰. E, a confermare il concetto, scrive ancora: «*Parimenti l'architetti, dovunque si trovino opere universalmente stimate e ammirate, tutte le esaminerà con la massima cura, ne farà il disegno, ne misurerà le proporzioni, se ne costruirà dei modelli per tenerseli appresso, e così le studierà, comprenderà l'ordinamento, la collocazione, i generi e le proporzioni delle singole parti [...]. Quali siano dunque le caratteristiche [...] in dipendenza della loro propria natura e della loro ubicazione, si potrà conoscere ottimamente in base alla diretta esperienza. Si potrà cioè apprendere dall'osservazione degli antichi edifici, quali siano le caratteristiche e i pregi di questa o quella pietra meglio che dagli scritti o dalle memorie dei filosofi [...]. A questo proposito ho osservato che in molti monumenti dell'antichità [...] si trovano diversi tipi di mattoni, di dimensioni grandi e piccole, utilizzati in modi svariati*». Il passo appena riportato è contenuto in R. IENTILE, *L'archivio materiale e la regola dell'arte*, in *Patrimonio architettonico e rischio sismico. Un percorso tra conoscenza e obiettivi di conservazione*, Celid, luglio 2013, pp. 11-12.

²¹ R. IENTILE, *Ascoltare l'edificio. La conoscenza attraverso l'archivio materiale*, in R. IENTILE, E. ROMEO (a cura di), *La conservazione dell'architettura e del suo contesto. Protocollo per la valutazione integrata del patrimonio di Pinerolo*, Celid, Torino 2009, pp. 15-28: «*noi dobbiamo imparare a osservar [e la fabbrica] e interrogarla [...] la interrogheremo secondo la nostra sensibilità mirando precipuamente ad alcune sue esclusività. Poi ascolteremo la fabbrica nella sua narrazione [...] il costruito storico. [...]. Ed anzi il documento materiale è un modello in scala reale sul quale riusciamo ad approfondire tanti problemi come quelli legati al comportamento complessivo della struttura e, ancor di più, quelli relativi a specifici dettagli strutturali difficilmente indagabili con l'ausilio della teoria pura*».

de' materiali, 2. Dal loro convenevole impiego, cioè dalla unione e combinazione delle parti [...]»²².

In sostanza, lo studio del comportamento sismico delle costruzioni in muratura e delle conseguenti modalità d'intervento ha origini antiche ma, solo a partire dal Settecento, il problema viene posto in maniera scientifica. Prima di allora si ritrovano numerose esperienze in cui sono riscontrabili modalità costruttive attente al problema sismico: un famoso esempio è la casa a graticcio ercolanese che costituirà il riferimento principale per la 'gaiola pombalina' e per la 'casa baraccata', tipologie costruttive che avranno largo impiego nella ricostruzione seguita ai terremoti di Lisbona del 1755 e di Reggio Calabria del 1783²³.

A lezione di metodo: l'azione di Viollet Le Duc

L'idea di 'consolidare' nasce con l'idea stessa della 'conservazione' del patrimonio architettonico e, dunque, con il restauro. Un concetto che certo non era presente ai tempi degli interventi sulle fabbriche di Pompei tra il 62 e il 79; come è noto, l'esigenza di conservare nasce e si sviluppa solo quando – con la rivoluzione francese, da una parte, e quella industriale, dall'altra – più estesa e sistematica diventa la distruzione delle preesistenze nelle città. Il problema dell'intervento strutturale sul costruito storico è stato trattato secondo diversi punti di vista che riflettono fedelmente gli orientamenti più generali di tempo in tempo proposti nel modo di operare sulle testimonianze del passato²⁴.

²² F. MILIZIA, *Principj di Architettura civile, Architettura civile. Parte Terza. Della solidità delle fabbriche, Co' tipi di Vincenzo Ferrario, Milano MNCCCXXXII, pp. 468-469. Il passo è tratto da R. IENTILE, L'archivio materiale e la regola dell'arte, in Patrimonio architettonico e rischio sismico. Un percorso tra conoscenza e obiettivi di conservazione, Celid, luglio 2013, p. 11.*

²³ R. IENTILE, *Le Raccomandazioni e la riduzione del rischio sismico nel patrimonio culturale, in Patrimonio architettonico e rischio sismico. Un percorso tra conoscenza e obiettivi di conservazione, Celid, luglio 2013, pp. 151-152. Per approfondimenti Cfr. C. BARUCCI, La casa antisismica: prototipi e brevetti. Materiali per una storia delle tecniche e del cantiere, Gangemi, 1990; G. VIVENZIO, Istoria de' tremuoti avvenuti nella provincia della Calabria Ulteriore e nella città di Messina nell'anno 1783 e di quanto nella Calabria fu fatto per lo suo risorgimento fino al 1787, Mario Giuditta Editore, Casoria, 1993 (1 ed. 1787)*

Nel 1787 Giovanni Vivenzio pubblica un libro sui terremoti della Calabria di grande interesse per le considerazioni relative alla prevenzione antisismica, sia a scala del territorio che urbana e del singolo edificio. Francesco Pignatelli fu il luogotenente generale inviato da Ferdinando IV in Calabria per redigere un rilevamento della situazione prima e dopo il terremoto del 1783. L'accurato resoconto di Vivenzio, insieme alle norme emanate da Francesco Pignatelli e al progetto di un edificio antisismico, «simmetrico in piata [...] e prospetti limitati a due piani fuori terra [...] ossatura lignea munita di montanti e traversi – travi longitudinali e trasversali – con diagonali e controdiagonali», evidenziano alcuni principi che, alla luce delle moderne teorie sulla sismicità appaiono comunque fondati su importanti giudizi, divenendo premesse logiche e determinanti per gli studiosi seguenti. Si può parlare di primo regolamento antisismico della storia. Cfr. S. DI PASQUALE, *Architettura e Terremoto*, in «Restauro», 1982, nn.59/60/61, pp.9-10.

²⁴ «La questione del restauro pone, quando si ritiene possibile, avendo come finalità la ricerca del vero storico, la ricostituzione di un assetto antico andato perduto o alterato nel tempo per le più svariate ragioni. L'obiettivo non è quello della verità testimoniata dalla presenza materiale, dall'autenticità della materia, ma il ricostituirsi di una forma ideale o storicamente data, rappresentativa di valori esemplari», A. BELLINI, *L'intervento strutturale nel restauro come stratificazione di 'rilevante interesse storico'*, in atti del convegno *Restauro consolidamento dei beni architettonici e ambientali. Problematiche attuali*, Napoli, 31 marzo -1

Le modalità con cui realizzare l'intervento strutturale non dovrebbero essere altro che l'atto finale di un percorso metodologico – operativo chiaro e codificato. Il metodo con cui procedere è quello indicato da Viollet Le Duc che, con l'esempio della sua personalità e della sua esperienza, definisce, per la prima volta, la figura culturale del professionista responsabile del restauro e determina i caratteri della pratica del restauro dei monumenti, insegnando che la strada maestra per individuare gli schemi strutturali è la Storia, in particolare la Storia della costruzione e dell'architettura²⁵.

A tal proposito, esemplare è il rapporto che trasmette alla Commissione dei Monumenti Storici nel 1840 «*sullo stato attuale e antico della chiesa della Madeleine di Vézelay e sulle riparazioni da farsi a questo edificio*»²⁶, a cui seguirà il primo «*Parere generale estimativo dei lavori da farsi*» corredato dai disegni descrittivi dello stato attuale della chiesa e della proposta progettuale.

Nel suo rapporto Viollet-le-Duc esamina con cura il monumento descrivendo i materiali costitutivi e il loro stato di conservazione; ipotizzando le cause dei dissesti presenti e dei processi di degrado in atto; indicando le opere provvisoriale e gli interventi più urgenti da realizzare; in altre parole, delinea il quadro complessivo dei lavori²⁷. Né mancano, in esso, riferimenti alla vicenda storica della Madéleine, quasi sempre volti a definire e comprendere i sistemi costruttivi e i metodi di lavorazione della costruzione primitiva e dei successivi interventi. Ripercorrere e comprendere la vicenda storica della Madeleine è un compito che Viollet-le-Duc segue in ogni fase della progettazione²⁸.

aprile 2003, a cura di A. AVETA, S. CASIELLO, F. LA REGINA, R. PICONE, Mancosu Editore, Roma 2005, pp. 13-18.

²⁵ Il riferimento è E.E. VIOLLET LE DUC, *Dictionnaire raisonné de l'architecture française du XI siècle*, Parigi 1854-68, vol. VIII, contenuto nelle pagine introduttive di chiarimento sul senso del consolidamento nel progetto di restauro di R. DI STEFANO, *Il consolidamento strutturale nel restauro architettonico*, Edizioni Scientifiche Italiane, Napoli 1990, pp.11-12.

²⁶ Il Consiglio Generale del Dipartimento della Yonne, nella sessione del 1834, insieme con Merimée, ispettore generale della Commissione dei Monumenti Storici, aveva rilevato lo stato di degrado in cui versava la chiesa della Madeleine di Vézelay, classificata come monumento degno di essere conservato e chiede al governo centrale francese di stanziare una somma per il suo restauro. Nonostante l'acquisita disponibilità finanziaria, l'architetto Leblanc, incaricato di redigere un generale progetto di restauro per la Chiesa, non consegna alcun elaborato; di conseguenza, la Commissione dei Monumenti Storici, il 13 febbraio 1840, conferisce a Eugène Emmanuelle Viollet-le-Duc l'incarico di stendere una relazione sullo stato attuale della Madeleine e di redigere un progetto generale di restauro completo del relativo preventivo di spesa. Il 3 marzo 1840 Viollet giunge a Vézelay e inizia il suo lavoro per la Madeleine. Viollet-le-Duc aveva solo 26 anni e questo è il suo primo impegno nel campo del restauro; un restauro che seguirà quasi per intero e ininterrottamente per 20 anni. Per un racconto dettagliato della vicenda vedi E. VASSALLO, *Il progetto di Viollet-le-Duc per il restauro della Madeleine di Vézelay*, in G. FIENGO., A. BELLINI., S. DELLA TORRE, *la parabola del restauro stilistico*, milano, guerini editore, 1994, pp49-80.

²⁷ Già dal titolo che dà alla sua relazione «*Rapporto sullo stato attuale ed antico della chiesa della Madeleine di Vézelay e sulle riparazioni da fare a questo edificio*» appare ben evidenziato il suo intento e il suo programma.

²⁸ Nel 1873 pubblicherà una monografia sulla Chiesa.

Il rapporto di Viollet-le-Duc è articolato in vari paragrafi, organizzati in tre capitoli: il primo è dedicato alla analisi dello stato attuale della costruzione; il secondo si concentra sull'individuazione e descrizione degli interventi urgenti da realizzare; il terzo, infine, elabora le indicazioni complessive per il progetto di restauro.

Nei singoli paragrafi di ogni capitolo vengono passate in rassegna le varie parti della Chiesa in modo da rendere chiara la corrispondenza tra lo stato di fatto e le relative proposte di intervento. Nel primo capitolo Viollet-le-Duc "scompone" strumentalmente la chiesa per procedere alla sua analisi: vestibolo, navata, transetto, coro, facciata, torri, grandi sottotetti sono i principali elementi; di ciascuna parte indica i materiali da costruzione con cui è realizzata, le tecniche costruttive, lo stato di conservazione, gli interventi proposti. Dei materiali fornisce le caratteristiche tecniche e formali, indica il colore, ne giudica la qualità, ne valuta la capacità di resistenza, ne descrive il modo con il quale è stato lavorato e posto in opera, indica lo stato di conservazione e, in presenza di fenomeni di degrado, ne valuta l'entità, ne addita le cause, designando gli interventi da realizzare che distingue tra quelli più urgenti, per limitare i danni, e quelli successivi, per recuperare sulle alterazioni subite e restituire dignità e decoro al monumento.

Il secondo capitolo del rapporto, invece, è dedicato alle «riparazioni urgenti»; in esso vengono rivisitate tutte le parti della chiesa descritte in precedenza, quasi nello stesso ordine, e per ognuna vengono indicati i lavori più urgenti da realizzare.

Il terzo capitolo del programma, infine, comprende quelli che definisce i lavori di restauro, cioè quei lavori atti a restituire al monumento il suo aspetto «severo e grandioso».

Il «Rapporto» viene trasmesso a Parigi per l'esame e l'approvazione senza disegni²⁹. Nella lettera di trasmissione Viollet-le-Duc precisa che sta redigendo i disegni con i quali illustrare lo stato di fatto e le scelte progettuali; egli ha anticipato l'invio della relazione perché ritiene indispensabile procedere alla realizzazione delle puntellature. Le linee di intervento descritte da Viollet-le-Duc nel rapporto rimarranno praticamente inalterate fino al termine dei lavori; tutti i preventivi di spesa che redigerà confermeranno nella sostanza l'ipotesi iniziale.

In soli due mesi di lavoro, Viollet-le-Duc elabora una grande quantità di disegni dai quali è possibile ricostruire il percorso progettuale messo a punto e con cui descrive così un modo nuovo e del tutto originale di affrontare la progettazione del restauro³⁰.

²⁹ La Commissione dei Monumenti Storici esamina e approva il rapporto di Viollet-le-Duc nella seduta del 29 marzo 1840.

³⁰ L'esperienza della Madeleine per la complessità e l'articolazione dei temi affrontati, per le condizioni al contorno, per il fatto d'essere la prima completa esperienza progettuale inciderà molto sulla sua attività futura, infatti, quando redigerà il suo Dizionario citerà più volte e a proposito dei temi più diversi il monumento francese i problemi relativi al suo restauro.

La prima fase “grafica” del lavoro progettuale svolto da Viollet-le-Duc è costituita da una serie di schizzi di parti interne ed esterne della chiesa con cui Viollet-le-Duc avvia il processo conoscitivo fissando le sue prime impressioni. Questi disegni sono stati eseguiti secondo una successione che va dal generale al particolare, sia in senso dimensionale che informativo. Viollet compie lo stesso percorso per ogni elemento: dalle fondazioni ai contrafforti, dalle murature alle coperture. Materiali, degrado, dissesti, interventi sono comunque delineati in modo sintetico; egli riconosce un'importanza fondamentale alla conoscenza del monumento sul quale deve operare: un'importanza che affermerà esplicitamente e confermerà in tutte le fasi di questo progetto.

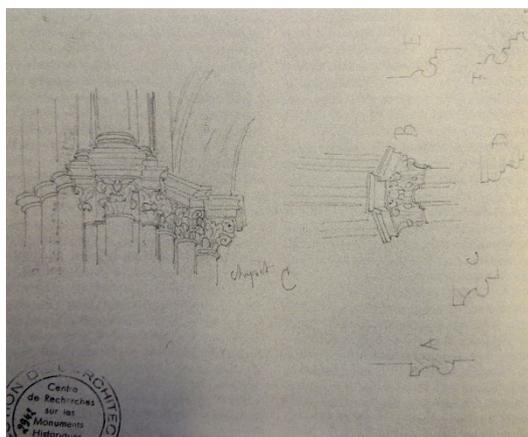


Fig. 6 -E.E. Viollet-Le-Duc, particolare di alcuni capitelli della Chiesa della Madeleine di Vézelay (da E. VASSALLO, *Il progetto di Viollet-le-Duc per il restauro della Madeleine di Vézelay*, in G FIENGO., A BELLINI., S. DELLA TORRE, *la parabola del restauro stilistico*, Milano, Guerini editore, 1994, p.54).

In particolare, negli schizzi che riguardano gli elementi strutturali è teso a conoscere il funzionamento di ogni singola parte e il ruolo che questa svolge nell'ambito dell'intero organismo. Se nell'analisi formale Viollet-le-Duc vuole stabilire ritmi, invarianti, appartenenze, similitudini, in quella degli elementi strutturali l'obiettivo sembra opposto, ovvero comprendere l'individualità del monumento sul quale è chiamato a operare, particolarmente in relazione al suo stato di conservazione e ai materiali dei quali è composto. È la storia che suggerirà a Viollet-le-Duc la scelta progettuale da adottare con riferimento all'esito che vuole perseguire.

Al rapporto segue il primo parere che contiene il progetto generale completo di disegni e corredato dal primo preventivo di spesa con la descrizione delle opere da realizzare, l'elenco dei materiali da impiegare e l'analisi dei costi. I lavori comprendevano le puntellature, le centinature delle volte e di quegli archi rampanti che rischiavano di crollare; la demolizione, la ricostruzione e il consolidamento dei contrafforti³¹.

³¹ Seguono il 19 marzo del 1841 e il 15 febbraio 1842 un secondo e un terzo Parere generale estimativo dei lavori da farsi; in seguito redigerà altri preventivi di spesa che in qualche caso contengono anche varianti rispetto al progetto originario, ma il più delle volte sono relative a elementi particolari o al verificarsi di

Negli elaborati delle ipotesi d'intervento sono distinguibili tre fasi successive: lo studio della soluzione progettuale; l'illustrazione della soluzione progettuale adottata e la descrizione per il cantiere delle modalità con le quali realizzare la scelta compiuta. Un dato interessante di questa fase della elaborazione progettuale è la corrispondenza tra l'analisi dell'esistente e la proposta d'intervento.

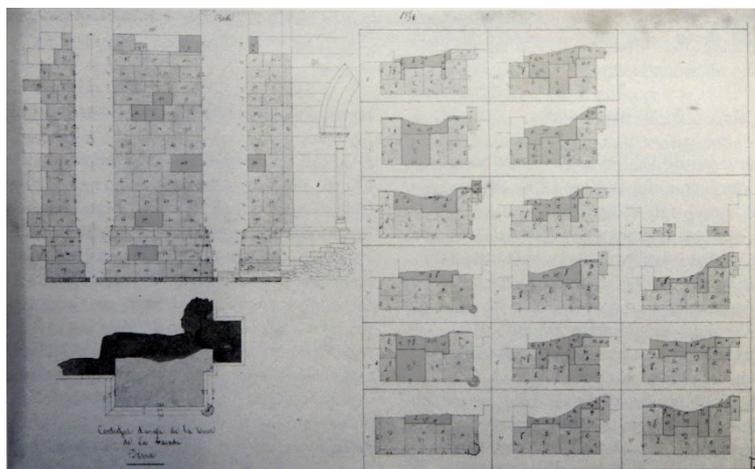


Fig. 7 - E.E. Viollet-Le-Duc, progetto di restauro della Chiesa della Madeleine di Vézelay; pianta prospetto e sezione a varie quote del contrafforte d'angolo della torre della facciata con l'indicazione della tessitura muraria e degli interventi (da E. VASSALLO, *Il progetto di Viollet-le-Duc per il restauro della Madeleine di Vézelay*, in G. FIENGO., A. BELLINI., S. DELLA TORRE, *la parabola del restauro stilistico*, Milano, Guerini editore, 1994, p.72).

Per le fondazioni come per gli archi rampanti, per i contrafforti come per le volte, Viollet-le-Duc non elabora una soluzione progettuale esemplificativa alla quale ricondurre tutti gli elementi dello stesso tipo; piuttosto, avendo analizzato perfettamente ciascun elemento, per ognuno di essi studia la soluzione più calzante e descrive minutamente le operazioni da compiere. Nel Dizionario preciserà che prima di ogni lavoro di riparazione è essenziale constatare esattamente l'epoca ed il carattere di ogni parte, redigerne una sorta di processo verbale appoggiato su documenti sicuri, con note scritte e con rilievi grafici.

Lo scopo di qualunque rappresentazione grafica non è solo analizzare lo stato attuale del monumento ma anche comprendere i processi che hanno determinato le condizioni di degrado e di dissesto presenti e, ancora prima, le tecniche di realizzazione dell'opera³².

Secondo Viollet, l'elaborazione progettuale non può essere illustrata con rappresentazioni tipo ma, pur perseguendo l'unitarietà dello stile, la compiutezza e la omogeneità della

situazioni impreviste. Il quadro generale dei lavori indicato nel primo Rapporto non subirà variazioni fino a tutto il 1850. Per approfondimenti vedi E. VASSALLO, *Il progetto di Viollet-le-Duc per il restauro della Madeleine di Vézelay*, in G. FIENGO., A. BELLINI., S. DELLA TORRE, *la parabola del restauro stilistico*, Milano, Guerini editore, 1994, pp.49-80.

³²«È necessario - osserverà qualche anno dopo - che l'architetto incaricato del restauro abbia compreso tutte le parti di questa struttura come se avesse lui stesso diretto i lavori e che una volta acquisita tale conoscenza, abbia a disposizione parecchi mezzi per intraprendere un lavoro di ripresa. Se uno di questi mezzi viene meno un secondo, un terzo deve essere subito pronto»

immagine, deve essere sempre verificata per ogni elemento in relazione al suo particolare stato di conservazione³³.

L'elemento di maggiore interesse è lo stretto legame che stabilisce tra la fase più propriamente progettuale e quella di conduzione del cantiere. Le operazioni da svolgere, infatti, devono essere sostenute per Viollet-le-Duc da un elaborato grafico e descrittivo definito preventivamente. Nel capitolato, forse più che negli altri elaborati descrittivi, è inoltre evidente l'attenzione per le antiche tecniche di costruzione e la conoscenza che di queste ha già maturato; appare così un aspetto significativo del modo con il quale ritiene ci si debba rivolgere all'architettura del passato per trarre da essa indicazioni pratiche valide alla contemporanea azione operativa.

La chiara impostazione del programma operativo consente a Viollet-le-Duc di svolgere senza intralci significativi il lavoro di restauro della Madeleine; Viollet-Le-Duc assume il corretto atteggiamento verso il problema strutturale perché questo è (ancora) un problema di restauro³⁴.

Come chiarito da Roberto Di Stefano nel riconoscimento del fondamentale contributo di Viollet-Le-Duc, la strada maestra per individuare gli schemi strutturali è la Storia, in particolare, la storia della tecnica della costruzione e dell'architettura: *«emerge la necessità di ottenere che il tecnico del restauro, prima ancora di accingersi a calcoli e verifiche, conosca intimamente la storia dell'edificio da consolidare»*³⁵, e continua: *«Tuttavia, la conoscenza storica se è necessaria non è certo sufficiente; occorre che ad essa si affianchi una conoscenza tecnica»*; in questo procedere l'aspetto tecnologico assume una funzione subordinata, nel senso che i modi d'intervento sono semplicemente mezzi per raggiungere

³³ Viollet-le-Duc intuisce che durante l'esecuzione delle opere non c'è tempo, non deve essere lasciato spazio alle improvvisazioni; tutto, al più e al meglio possibile, deve essere previsto, avendo anche pronte eventuali soluzioni alternative.

³⁴ A proposito degli edifici medievali infatti scrive: *«Non ci stancheremo mai di ripeterlo: i monumenti del medio-evo sono calcolati sapientemente (...). Niente di troppo nelle costruzioni, niente di inutile. Se voi mutate una delle condizioni di questo organismo, modificate tutte le altre»*, ed ancora rispetto al problema dell'apparente sovradimensionamento delle sezioni murarie: *«Nella struttura del medioevo ogni parte dell'opera adempie ad una funzione ed esercita un'azione. Prima di intraprendere qualunque cosa l'architetto deve applicarsi e conoscere il valore dell'una o dell'altra»*; e precisa: *«Innanzitutto, prima di essere archeologo l'architetto incaricato di un restauro deve essere costruttore abile e dotato di esperienza, non solo dal punto di vista generale, ma anche da un punto di vista particolare; egli deve, cioè, conoscere i provvedimenti costruttivi in uso nelle diverse epoche nella nostra arte e nelle diverse Scuole»*. Sulla fondamentale importanza della conoscenza tecnica insiste ripetutamente: *«Se l'architetto incaricato del restauro di un edificio deve conoscere le forme, gli stili ... egli ancor più, se è possibile, conoscere la struttura, l'anatomia, il temperamento, perché, innanzi tutto bisogna che egli lo faccia vivere»*. I passi riportati sono in R. DI STEFANO, *Il consolidamento strutturale nel restauro architettonico*, Edizioni Scientifiche Italiane, Napoli 1990, p.31.

³⁵ R. DI STEFANO, *Il consolidamento strutturale nel restauro architettonico*, Edizioni Scientifiche Italiane, Napoli 1990, p.16.

un fine determinato attraverso valutazioni che quasi sempre prescindono da quanto è materialmente necessario per realizzarli; nessuna autonomia è riconosciuta alla scelta delle tecniche da impiegare, puri strumenti subordinati agli obiettivi di natura storica o estetica³⁶.

L'impiego di 'nuovi' materiali: problemi tecnici e formali

La cultura architettonica tra il XVIII ed il XIX secolo è anche espressione dell'incontro della tradizione con le nuove tecniche e i nuovi prodotti che il progresso scientifico metteva a disposizione nel campo dell'edilizia. Tra questi, il ferro occupa una posizione particolare, attraversando un periodo di impiego differente rispetto al passato per la nuova applicazione scientifica: da una parte, dunque, il lavoro ingegneristico per quanto riguarda il dimensionamento ed il calcolo dei profilati, dall'altra, l'avvento delle questioni estetiche nell'elaborazione stilistica dei *revivals*. Anche l'azione di Viollet-Le-Duc si intreccia con la questione dell'uso dell'acciaio e della ghisa: il suo impiego nel campo del restauro pose il problema dell'uso e del comportamento di materiali differenti, suscitando le perplessità dello stesso Viollet-Le-Duc, attese le scarse conoscenze a disposizione: «*Il problema è perfezionare il sistema di equilibrio dei maestri del medioevo, con l'aiuto del ferro, ma tenendo conto delle qualità di questo materiale, ed evitando un accoppiamento troppo intimo della muratura e del metallo: poiché questo ultimo diverrebbe non solo causa di deterioramento della pietra, ma si altererebbe velocemente se non è lasciato libero (...)*»³⁷. Il ferro, e con esso la ghisa, hanno avuto una limitata applicazione nel restauro: essi sono stati impiegati soprattutto come elementi di rinforzo interni alla compagine strutturale già esistente. L'uso di elementi e/o strutture metalliche nelle operazioni di restauro, al di là del rinforzo statico, vede un breve momento di incontro con le istanze restaurative nelle

³⁶ Basti ricordare quanto teorizzava Viollet-Le-Duc sulla possibilità o necessità di sostituire il materiale che nel tempo si fosse rivelato insufficiente a compiere le proprie, preferibilmente usandone uno simile ma, se necessario, anche molto diverso e, tuttavia, tecnicamente più resistente. «*Nell'apprezzamento della storicità dell'architettura, la qualità del materiale ottiene una propria considerazione soltanto come strumento di individuazione della forma, in grado di adempiere ad una funzione che può essere assolta da qualsiasi altra materia, sostituibile quindi da ciò che può assumersi lo stesso compito, anzi ottenendo un "miglioramento"; naturalmente diverse le considerazioni quando la materia abbia tracce di lavoro artistico o artigianale che le assegnano un carattere di individualità. Emerge una "funzione" espressiva non sostituibile. In sostanza laddove si ammetta una sostituzione di materiale il problema strutturale diviene sostanzialmente poco rilevante: si tratterà infatti di un semplice rifacimento che anziché riguardare soltanto le superfici dell'edificio investe alcuni elementi costitutivi, più o meno ampi, senza tuttavia che ciò determini una sostanziale variazione di metodi*». Cfr. pure A. BELLINI, *L'intervento strutturale nel restauro come stratificazione di 'rilevante interesse storico'*, in atti del convegno *Restauro consolidamento dei beni architettonici e ambientali. Problematiche attuali*, Napoli, 31 marzo -1 aprile 2003, a cura di A. AVETA, S. CASIELLO, F. LA REGINA, R. PICONE, Mancosu Editore, Roma 2005, pp. 13-18.

³⁷ Il passo di Viollet-Le-Duc è tratto da L.M. MONACO, *Considerazioni sull'intervento di consolidamento*, in «*Restauro*», n.122, 1992, pp. 147-150.

operazioni di rifacimento delle *fleches* delle cattedrali parigine³⁸. La polemica che viene portata avanti si lega all'incompatibilità tecnica del materiale metallico con la pietra che, avendo coefficiente di dilatazione diverso e il difetto dell'ossidazione, avrebbe comportato il danneggiamento della muratura piuttosto che il suo rafforzamento. L'uso del materiale, dunque, che trovava spazio nella realizzazione della nuova architettura, si dimostra inadeguato per conseguire l'obiettivo del restauro dei monumenti, cioè quello della restituzione di un'immagine che, nella sua conformità all'originale, rafforzava non solo e non tanto la compagine strutturale, quanto piuttosto il significato simbolico.

La considerazione del ferro in campo edilizio vede un periodo di grande riabilitazione quando Blondel nel suo *Cours d'architecture* e Rondelet nel suo *Traité*, stimano utile il ferro sotto forma di rinforzo della struttura, attraverso catene, tiranti e relativi ancoraggi. Si sovrappongono usi del ferro come strumento preventivo e previsto nel corso della costruzione e, al contempo, come espediente di consolidamento in seguito a eventi di dissesto sopravvenuti; in sostanza, si ha un impiego nascosto del materiale che non possiede, al momento, un'autonomia estetica.

L'utilizzo del ferro nel campo del restauro ha, in questo momento storico, un orientamento preciso, indicativo del rapporto che i restauratori instaurano con le nuove tecnologie: nel caso della conservazione dell'architettura gotica, la nuova tecnologia produttiva e scientifica metteva a disposizione una tecnica che consentiva di parlare con lo stesso codice linguistico del manufatto da restaurare, senza incorrere nei difetti del magistero in pietra o in legno e con i vantaggi dell'estrema versatilità anche a livello di cantiere, dell'economicità e delle caratteristiche meccaniche che il ferro ed i suoi derivati potevano presentare;³⁹ in altre parole, si verifica un incontro fortunato nel momento in cui le esigenze di ordine economico e tecnico trovano un punto di congiunzione nella capacità del ferro stesso di essere sagomato secondo quella figuratività che fa collimare l'andamento delle linee di forza con quello della forma.

È un momento breve, in cui l'ingegneria e l'architettura godono di una possibilità di sintesi; sarà lo stesso Viollet-le-Duc a giudicare negative le operazioni di consolidamento con

³⁸ Per approfondimenti sulle vicende consulta B.G. MARINO, *Cupole e restauro. Il Panthéon di Parigi tra scienza, architettura e conservazione*, Edizioni Scientifiche Italiane, 2012, pp.72-74 e, in generale sul rapporto del restauro con i nuovi materiali ID, pp. 71-93.

³⁹ L'applicazione maggiore e che esprime in modo migliore il rapporto tra la prassi restaurativa e l'impiego di tecniche avanzate come quella delle strutture in ferro è la sostituzione delle carpenterie lignee relative alle coperture; ad esempio, nel 1827 il tetto in legno della cattedrale di Chartres, distrutto da un incendio, viene rimpiazzato da una struttura metallica frutto di un concorso. Per approfondimenti sulle vicende consulta B.G. MARINO, *Cupole e restauro. Il Panthéon di Parigi tra scienza, architettura e conservazione*, Edizioni Scientifiche Italiane, 2012, pp.78-79.

elementi metallici per ragioni di tipo tecnico e storico: i tiranti in ferro sono incompatibili con la muratura provocandone con l'ossidazione la rottura; inoltre, l'elemento metallico usato nell'architettura medioevale non fa parte della concezione stilistica e costruttiva del manufatto, bensì è un espediente di cantiere utilizzato fino al momento in cui la muratura non avesse fatto presa.⁴⁰

Attraverso l'uso del ferro nella pratica del restauro è possibile notare un differente significato della pratica stessa della conservazione. Il classicismo, anche se tende ad una figuratività idealizzata, conserva il reperto anche con le sue mutilazioni, in quanto subentra la percezione del documento storico. Il gotico, invece, pur essendo cresciuto ed alimentato dalla cultura del pittoresco, ha come epilogo il rifacimento e la riproposizione di un'immagine completa e lontana da quella percezione estetica dalla quale era partito. In altre parole, prende forma un'idea di restauro corrispondente alla restituzione di un'immagine precisa ma anche di una tradizione costruttiva di cui si cercava di carpire modalità e significati. È per questo che si preferisce la pietra e, poi, anche se con significati diversi, il cemento armato: sono materiali che soddisfano esigenze di ordine estetico⁴¹.

La cultura italiana del 'saper fare' nei secoli XVIII-XIX

Anche in Italia, a partire dalla seconda metà del Settecento, si registra una rilevante attenzione sul tema della riparazione degli edifici dissestati; quando il fare edilizio era ancora legato alle 'regole dell'arte' esisteva una naturale convergenza fra costruito e riflessione sulle tecniche d'intervento, essenzialmente fondata sull'uso dei medesimi materiali e sulle intuizioni degli architetti. Due personaggi, per la loro opera, meritano un cenno di attenzione ai fini di questo lavoro; si tratta dell'opera di Luigi Vanvitelli in riferimento all'intervento sulla Cupola di San Pietro e dell'azione di Giuseppe Valadier sul Colosseo a Roma.

Luigi Vanvitelli, ingegnere – restauratore, si distinse, nel corso della sua carriera, tanto per le capacità tecniche che per le interessanti elaborazioni architettoniche. Appena ventiseienne, già collaborava sulla Fabbrica di San Pietro, sulla quale, a distanza di pochi

⁴⁰ In particolare, viene asserito che proprio nel caso delle volte in muratura la funzione del ferro è quella dei tiranti, laddove non si ricorra ad archi rampanti o contrafforti, mentre si dovrebbe superare il tipo di impiego che ne hanno fatto gli architetti italiani della rinascenza i quali, a detta di Viollet, utilizzando la tecnica costruttiva romana si sono limitati a contenere le spinte attraverso l'inserimento di barre in ferro. Viollet-le-Duc intravede le innumerevoli occasioni in cui sia possibile impiegare il ferro e la pietra, tutte soluzioni da riferirsi alla costruzione del nuovo. In ogni caso, il restauro, oltre al ferro nelle sue diverse forge, si avvaleva dei ritrovati che la moderna tecnologia dei materiali poteva mettere a punto e lo stesso rapporto dei restauratori con la tecnica è, chiaramente, in un primo momento improntato ad una sperimentazione piuttosto approssimata se non, in alcuni casi, azzardata. Per approfondimenti sulle vicende consulta B.G. MARINO, *Cupole e restauro. Il Panthéon di Parigi tra scienza, architettura e conservazione*, Edizioni Scientifiche Italiane, 2012, pp.71-93.

⁴¹ B.G. MARINO, *Cupole e restauro. Il Panthéon di Parigi tra scienza, architettura e conservazione*, Edizioni Scientifiche Italiane, 2012, p.81.

decenni dall'ultimazione della cupola di San Pietro⁴² si manifestarono alcune lesioni che indussero i pontefici, nel corso dei secoli XVII e XVIII, a richiedere il parere di architetti, ingegneri e matematici del tempo⁴³. Nella vicenda Vanvitelli rivestì il ruolo di 'direttore dei lavori' per conto del progettista Poleni. Giovanni Poleni, giunto a Roma nel marzo del 1743 per volere di Benedetto XIV, ebbe l'incarico di elaborare la storia dei dissesti della cupola, di esaminare e annotare i vecchi dissesti e gli interventi di restauro effettuati in passato, di analizzare e sintetizzare i pareri che erano stati forniti dai vari tecnici e, infine, elaborare il progetto degli interventi che Luigi Vanvitelli avrebbe poi dovuto seguire.

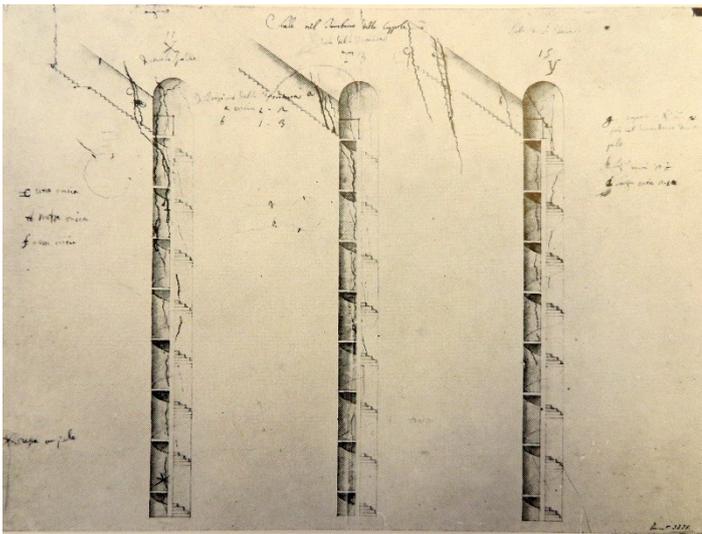


Fig. 8 - Disegno di sezione di Vanvitelli di tre scale a lumaca nel tamburo della cupola della basilica vaticana con rappresentazione delle lesioni esistenti nel XVIII secolo (da R. DI STEFANO, *La cupola di San Pietro*, Edizioni Scientifiche Italiane, 1980).

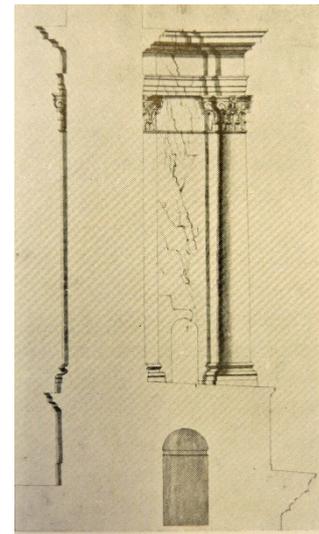


Fig. 9 - Disegno di Vanvitelli di un contrafforte esterno della basilica vaticana con le lesioni evidenti del XVIII secolo (da R. DI STEFANO, *La cupola di San Pietro*, Edizioni Scientifiche Italiane, 1980).

Vanvitelli, che diede prova di una grande abilità analitica e grafica sul rilievo accurato delle lesioni nelle sezioni interessate, propone inizialmente un progetto che prevedeva la costruzione di quattro grossi speroni di sostegno posti sui piloni, mentre sui contrafforti si sarebbero dovute collocare mensole rovesce con statue. L'allarmismo generale aveva spinto Vanvitelli verso proposte sovradimensionate. Il progetto finale, però, costituito essenzialmente nella apposizione di cerchiature metalliche, ha previsto opere di carattere "tradizionale" e alleggerite dei particolari che avrebbero stravolto le caratteristiche

⁴² Per approfondire le principali fasi costruttive della cupola di San Pietro consulta R. DI STEFANO, *La cupola di San Pietro*, Edizioni Scientifiche Italiane, Napoli 1980, pp.1-22.

⁴³ Per approfondimenti sui dettagli della vicenda si rimanda a R. DI STEFANO, *La cupola di San Pietro*, Edizioni Scientifiche Italiane, Napoli 1980.

architettoniche dell'opera di Michelangelo⁴⁴.

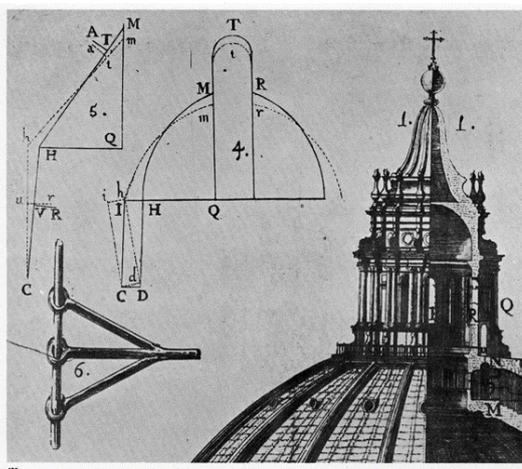


Fig. – Particolare del tirante ‘a tre occhi’ per il consolidamento dei contrafforti da incatenare al tamburo da R. DI STEFANO, *Luigi Vanvitelli ingegnere e restauratore*, in *Luigi Vanvitelli*, Edizioni Scientifiche Italiane, Napoli 1973).

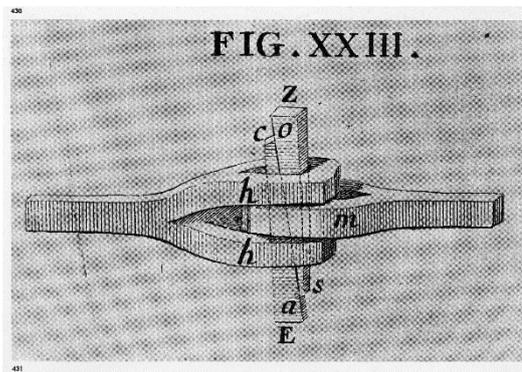


Fig. - Il sistema escogitato da Vanvitelli per serrare i cerchi metallici con due cunei contrastanti riportato da Poleni nelle sue *Memorie Storiche* (da R. DI STEFANO, *Luigi Vanvitelli ingegnere e restauratore*, in *Luigi Vanvitelli*, Edizioni Scientifiche Italiane, Napoli 1973).

Anche Giuseppe Valadier affronta con proprietà il tema delle tecniche d'intervento sui monumenti, vantando una buona esperienza dovuta sia alla sua attività di architetto camerale inviato in Romagna a riparare gli edifici dissestati a seguito del sisma del 1786 che al fatto di essere uno dei maggiori protagonisti dei restauri promossi da Pio VII Chiaramonti nei primi venti anni dell'Ottocento su monumenti d'età classica a Roma. Egli prima analizza le cause che concorrono alle differenti forme di degrado, poi predispone significative tavole tecniche d'intervento, disegnate accuratamente e corredate di approfonditi commenti e informazioni. Nella sua opera, *L'architettura pratica*⁴⁵, egli dedica numerose pagine all'intervento sul costruito, anche se lo scopo più generale del manuale è quello di registrare il sapere pratico della sfera costruttiva, storicamente affidato alle corporazioni dei mestieri. Nella cultura tecnica francese i manuali erano divenuti uno strumento indispensabile di conoscenza per costruire con consapevolezza e capacità critica; Valadier, in linea con questi, fissa le regole d'arte che fino ad allora avevano garantito la stabilità e la durata delle costruzioni in assenza di strumenti di calcolo. In particolare, mette in luce un principio fondamentale, ossia la necessità di osservare per comprendere e, quindi, la consapevolezza

⁴⁴ Cfr. pure G. DE MARTINO, *Aspetti della cultura del restauro nel secondo settecento nell'opera di Luigi Vanvitelli*, in S. CASIELLO (a cura di), *Verso una storia del restauro. Dall'età classica al primo Ottocento*, Alinea Editrice, marzo 2012 (1ed. aprile 2008), pp.239-246.

⁴⁵ In particolare, le sezioni XX - *Della maniera di osservare le lesioni negli edifizj, e metodo per rilevarne le cause, e delle cautele per le riparazioni* - e XXI - *Del modo di risarcire gli edifizj danneggiati dalla cessione dei fondamenti, e del metodo di accavallare, e puntellare l'edifizio durante la riparazione* - del quarto volume de *L'architettura pratica* (Valadier 1828-1839) sono dedicate al tema dell'analisi del degrado e agli interventi di riparazione.

che per agire è necessaria la conoscenza del manufatto e della forma di degrado e, nell'esame degli interventi, precisa che essi devono essere tali da «non fare un maggior pregiudizio alla fabbrica coll'adoperare de' mezzi che non convengano alle circostanze»⁴⁶.

Questo modo di agire sugli edifici esistenti costituisce un'importante presa di coscienza ma appare anche come una conseguenza logica in un'epoca in cui gli strumenti di riferimento per la progettazione erano le sole 'regole dell'arte'. Questo perché i materiali moderni e gli strumenti di calcolo matematico appartengono, rispettivamente, allo sviluppo della produzione industriale e dello studio della scienza delle costruzioni che trovano un terreno fertile in Francia, a partire dagli stessi decenni dell'Ottocento. In questo contesto storico Rondelet, nel corso dei suoi studi, con grande acume aveva già intuito le regole che guidano il ribaltamento di un muro soggetto a forze orizzontali, determinando che, se la sicurezza dello stesso è affidata al solo peso proprio del muro, essa è indipendente dall'altezza e inversamente proporzionale alla forza ribaltante⁴⁷.

Dal punto di vista squisitamente operativo, l'azione di Valadier si esplicita nell'intervento sul Colosseo nel 1826, dopo il precedente intervento di Raffaele Stern sul fronte opposto, verso il Laterano del 1806.

Dal XV al XVIII secolo il Colosseo fu considerato una cava di travertino e di marmo per costruire la Roma moderna e, dunque, all'inizio dell'Ottocento, versava in stato di totale abbandono, nonostante meta privilegiata dai viaggiatori stranieri. Per questa ragione, Pio VII nomina una commissione composta dall'architetto pontificio Giuseppe Palazzi, dall'architetto accademico Giuseppe Camporesi e dall'architetto camerale Raffaele Stern. I tre, opponendosi alla soluzione avanzata di demolire la parte pericolante, proposero, nel 1806, di costruire un grosso sperone in laterizio con i conci decadenti di alcune arcate fissati nella loro posizione allo scopo di ottenere l'effetto di un monumento decadente, rispondente al gusto romantico del rudere. Stern, principale protagonista della vicenda, riteneva di aver realizzato un'opera indispensabile per arrestare la distruzione del monumento, che rispondeva a ragioni di tipo economico e che fosse, allo stesso tempo, degna di essere ammirata⁴⁸.

⁴⁶ G. VALADIER, *L'architettura pratica*, Sapere 2000, Roma, 1996, (1 ed. 1828-1839).

⁴⁷ C. GALLI, *Precedenti storici e orientamenti della normativa sismica dei beni culturali. Regole dell'arte, intuizione e calcolo numerico*, in Atti del convegno ANIDIS 2013, L'ingegneria sismica in Italia, Padova, centro culturale Altinate/San Gaetano, 30 giugno – 4 luglio 2013, sessione P, P7.

⁴⁸ Paolo Marconi osserva, a proposito della tamponatura degli archi realizzata lasciando i conci in chiave nella posizione che avevano assunto a seguito del sisma del 1806, che: «*Quel compiacersi di eternare le crepe paurose e gli slittamenti dei conci di chiave in un contesto pittoresco, depone a favore di un gusto preciso, certo memore di pippeschi e berniniani divertissements ma purtuttavia rispettoso del contesto antico, fino a negarsi qualsiasi forma di anastilosi, anche parziale*», P. MARCONI, *Roma 1806 – 1829*,



Fig. 10 - Particolare dello sperone in laterizi realizzato da Raffael Stern nel 1807. Foto di G. Ferrara, 2015.

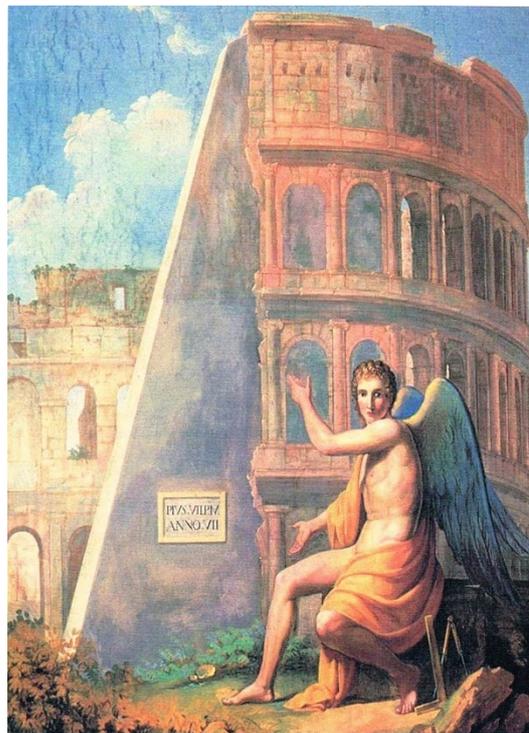


Fig. 11 - Il Colosseo in un affresco conservato nella Galleria Clementina del Vaticano. Nella rappresentazione lo sperone e le tamponature realizzate dallo Stern nel 1807, e che oggi sono in mattoni a vista, risultano intonacate (da S. CASIELLO (a cura di), *Verso una storia del restauro. Dall'età classica al primo Ottocento*, Alinea Editrice, marzo 2012 (prima ristampa), p.293).

L'intervento di Stern non fu apprezzato da Gisors, Ispettore generale degli edifici civili del governo francese a Roma che formulò nuovi principi sui quali basare gli interventi. Siamo nella Roma francese del periodo compreso tra il 1809 e il 1814. Il governo francese, preso atto della situazione di degrado in cui versavano i monumenti antichi, emanò le linee d'indirizzo di una politica di tutela che tendeva a dettare norme di carattere generale alle quali si dovevano attenere i progettisti. Secondo Gisors occorreva «*conciliare efficacemente il gusto, la solidità e il rispetto*», principi che non avevano ispirato l'intervento sul Colosseo,

momento critico per la formazione della metodologia del restauro architettonico. Il passaggio riportato è in S. CASIELLO, *Conservazione e restauro nei primi decenni dell'Ottocento a Roma*, in S. CASIELLO (a cura di), *Verso una storia del restauro. Dall'età classica al primo Ottocento*, Alinea Editrice, marzo 2012 (1ed. aprile 2008), pp.267-310. Anche Antonino Giuffrè nel corso di un intervento in un convegno dedicato ai problemi del restauro nel 1986, cita l'intervento di Stern sul Colosseo in quanto l'architetto romano aveva compreso il punto di debolezza della fabbrica e, in coerenza con la cultura settecentesca, aveva proposto un intervento che contribuì non solo a contenere l'apertura della cinta esterna determinata dal terremoto del 1349, ma anche a rendere la fabbrica capace di resistere al sisma di Avezzano del 1915. Si introduce così secondo Giuffrè il tema della vulnerabilità sismica dei monumenti che è un'analisi di previsione, ovvero una stima della probabilità con cui si ritiene che un edificio o un aggregato urbano possano subire danni rispetto ad un certo evento sismico. **Cfr.** A. GIUFFRÈ, 1988, *Valutazione della vulnerabilità sismica dei monumenti antichi: metodi di verifica e tecniche di intervento*, pp. 39-45.

per cui, questo, seppur valido sotto il profilo statico, non aveva soddisfatto le esigenze di tipo estetico. Gisors si preoccupava del fatto che, con la realizzazione dello sperone sul Colosseo, si sarebbero realizzate ancora costruzioni ausiliarie sui monumenti antichi, in netto contrasto con l'opera esistente. Per Gisors, l'attività di consolidamento delle rovine antiche così praticata non si preoccupava di allontanarsi dallo scopo, ovvero trasferire «*alle posterità le forme, le proporzioni dei begli edifici e dei monumenti*» e, dunque, riteneva preferibile un'integrazione tale da restituire l'aspetto d'insieme pur senza dare alla figura «*il primitivo merito*». È evidente che i successivi interventi, non solo sul Colosseo, ma anche sull'Arco di Tito, da parte degli stessi Stern e Valadier, risentirono delle indicazioni fornite dall'ispettore Gisors. E infatti, circa venti anni dopo il restauro dello Stern, nel 1826, interverrà, sul lato opposto del Colosseo, il Valadier con criteri del tutto diversi.

Il monumento presentava gravi dissesti da attribuirsi alla presenza delle acque non irreggimentate che versavano all'interno dell'anfiteatro. Nel 1823 Valadier realizza delle arcate in numero decrescente a partire dal basso, con un barbacane terminale per ciascun ordine: «*Il nuovo lavoro, per procurare la possibile economia, ha di travertino soltanto la metà dell'altezza dei primi piloni, le imposte degli archi, le basi delle colonne e i rispettivi capitelli, e l'ultima membratura dei cornicioni, perché siano più stabili. Tutto il resto è di mattoni, con i quali si sono fedelmente imitate le antiche scorniciature, ed avendovi data una patina a fresco generale, imitante l'antico, sembra di travertino intieramente*»⁴⁹.

Il restauro fu ultimato nel 1826, sotto il pontificato di Leone XII. L'intervento del Valadier nasce da esigenze di ordine statico ma persegue l'obiettivo di rispettare il valore estetico del monumento.⁵⁰

⁴⁹ G. VALADIER, *Opere di Architettura e di Ornamento*, Roma 1833, p.17, tav. III. Il riferimento è in S. CASIELLO, *Conservazione e restauro nei primi decenni dell'ottocento a Roma*, in *Verso una storia del restauro. Dall'età classica al primo Ottocento*, a cura di S. CASIELLO, Alinea Editrice, marzo 2012, (1ed aprile 2008), p.298.

⁵⁰ Tuttavia, secondo quanto sostiene Paolo Marconi, al confronto con quello dello Stern, il restauro del Valadier «*ha un sapore pedantesco che risente di certo dei vent'anni trascorsi nel campo del restauro [...]. E chi ci assicura che tanta bella regolarità nel passaggio dall'apparecchio murario classico in travertino alla sobria parafrasi di esso in mattoni non sia costata l'allontanamento dal cantiere di qualche concio irregolarmente spezzato?*», P. MARCONI, *Roma 1806 – 1829, momento critico per la formazione della metodologia del restauro architettonico*, p.64. Il riferimento è in S. CASIELLO, *Conservazione e restauro nei primi decenni dell'ottocento a Roma*, in *Verso una storia del restauro. Dall'età classica al primo Ottocento*, a cura di S. CASIELLO, Alinea Editrice, marzo 2012, (1ed aprile 2008), pp.267-310.



Fig. 12 - il lato del Colosseo a Roma restaurato da G. Valadier.

Sul finire del XIX secolo, Camillo Boito, interprete italiano delle tendenze europee che in Inghilterra e in Francia si erano opposte alla manipolazione dell'antico, sostiene l'opportunità di far prevalere il comportamento conservativo sul restauro, ossia preferisce mantenere l'edificio nello stato di fatto in cui si trova piuttosto che modificarne l'assetto strutturale e distributivo. Boito riconosce l'importanza della manutenzione costante per garantire la corretta conservazione del manufatto e limita il campo delle opere di consolidamento: *«Nei monumenti che traggono la bellezza, la singolarità, la poesia del loro aspetto dalla varietà dei marmi, dei mosaici, dei dipinti, oppure dal colore della loro vecchiezza o dalle circostanze pittoresche in cui si trovano, o persino dallo stato rovinoso in cui giacciono, le opere di consolidamento, ridotte allo stretto indispensabile, non dovranno scemare, possibilmente in nulla, coteste ragioni intrinseche ed estrinseche di allettamento artistico»*. Nel 1884, rivolgendosi *«non ai conservatori, uomini necessari e benemeriti, bensì ai restauratori, uomini quasi sempre superflui e pericolosi»* affermava *«... che non può chiamarsi restauro quella operazione qualsiasi, la quale, non impacciandosi affatto di ciò che è arte nell'opera antica o vecchia, intenda solo una sua materiale conservazione»*, per poi continuare più avanti: *«L'enorme barbacane fatto erigere dal Papa nel 1805 a rinforzo del Colosseo non è un restauro, ma un benefico provvedimento, in grazia del quale i resti dell'anfiteatro [...] non rovinarono a terra[...]»*⁵¹. Boito distingue chiaramente l'operazione di consolidamento dall'attività del restauro; il concetto è espresso

⁵¹ C. BOITO, *I restauratori*, Firenze 1884, p.11. Il riferimento è contenuto in R. DI STEFANO, *Il consolidamento strutturale nel restauro architettonico*, edizioni scientifiche italiane, 1990.

con le medesime parole riprese degli scritti di Quatremère de Quincy: meglio riparare che consolidare, meglio consolidare che restaurare.

La rivoluzione culturale del cemento armato

Analogamente a quanto accaduto nel corso dell'Ottocento sull'utilizzo dell'acciaio negli interventi di restauro, seguono nel Novecento le dispute relative all'impiego di un altro materiale, il cemento armato, che ebbe tra i sostenitori del suo uso nel campo del restauro anche Gustavo Giovannoni.

In Italia, le prime applicazioni nel campo del restauro risalgono alla seconda metà dell'Ottocento e riguardano l'impiego del Cemento Portland, sperimentato nelle iniezioni per il consolidamento delle murature con boiaccia a base cementizia. È in occasione del terremoto del 1908 di Messina che si diffonde rapidamente l'uso del 'nuovo' materiale⁵².

In un primo momento della sua riflessione, Giovannoni considera fondamentale la conservazione 'fisica' delle componenti murarie, spostando l'attenzione sulla natura materiale delle testimonianze storiche. L'interesse di storico di Giovannoni verso il procedimento seguito nel progetto e nell'esecuzione dell'apparato fisico del monumento – il materiale lavorato, la struttura e il tipo adottati in rapporto all'uso – prevale sulla visibile forma espressiva; del 'documento' rimarca così il significato di depositario di memorie e tradizioni⁵³. Nel suo *Restauro dei monumenti*⁵⁴, introduce la categoria dei restauri di consolidamento⁵⁵, ovvero di quell'insieme di «[...]provvedimenti tecnici affini ai lavori di manutenzione e di riparazione, [che] rappresentano lo stadio più umile dei restauri, che non accende la fantasia, ma che appunto per questo è il più utile e dovrebbe essere oggetto delle massime cure. [...]»; chiarisce che l'obiettivo in questo tipo di restauro è «la ricerca di salvare l'autenticità delle strutture anche dove le ragioni dell'efficienza e della economia consiglierebbero di rimuoverle» e prosegue precisando che si devono «limitare i lavori di rinforzo al minimo necessario» per «utilizzare gli schemi di risorsa formati nella statica dell'edificio senza alterarli»⁵⁶ poiché applicare all'antico i «calcoli della scienza delle

⁵² V. infra pp.21-23; C. GALLI, *Precedenti storici e orientamenti della normativa sismica dei beni culturali. Regole dell'arte, intuizione e calcolo numerico*, in Atti del convegno ANIDIS 2013, L'ingegneria sismica in Italia, Padova, centro culturale Altinate/San Gaetano, 30 giugno – 4 luglio 2013, sessione P, P7.

⁵³ G. MEZZANOTTE, *La trasmissione delle architetture antiche in Italia, in Consolidamento degli edifici storici* di E. GIURIANI, collana a cura di G. CARBONARA, UTET scienze tecniche, 2012, pp.4.

⁵⁴ 1913

⁵⁵ Già nel 1903, durante il Congresso Internazionale di Scienze Storiche tenutosi a Roma il 6 aprile, aveva definito i 'tipi' di restauri che si possono compiere su di un monumento – di riparazione, di sostituzione di alcuni elementi, di completamento e di rinnovamento – secondo una classificazione che egli stesso definisce scolastica, ma indispensabile per mettere in luce le categorie che hanno per lo più portata tecnica da quelle su cui importa fissare l'attenzione per l'importanza artistica e storica.

⁵⁶ G. GIOVANNONI, *Il restauro dei monumenti*, Cremonese

costruzioni come se si trattasse di una fabbrica nuova vuol dire non comprendere il presupposto di tali calcoli e non tener conto del collaudo compiuto dal tempo»⁵⁷. Emerge, quindi, tutta la perplessità sulle modifiche degli schemi statici connesse con l'impiego delle tecniche del cemento armato che andava rapidamente diffondendosi⁵⁸.

Al discorso tecnico si affiancano, come era accaduto nel corso dell'Ottocento con l'uso di ghisa e acciaio, gli aspetti di interpretazione estetica del nuovo materiale⁵⁹. La preoccupazione principale verte proprio sulla mancanza di espressività che, per sua natura è affidata ad un rivestimento, il quale, assume un ruolo pressoché autonomo rispetto al telaio portante, indirizzando da subito una prassi che postula l'assoluta distinzione tra "struttura" e "aspetto": la capacità del cemento di retrocedere da un punto di vista figurativo sarà la peculiarità che ne favorirà l'impiego in aggiunta alle membrature antiche esistenti, relegandolo a rinforzo invisibile che non deve interferire con l'immagine dell'architettura. È la posizione ultima a cui giunge pure Giovannoni che, rispetto le prudenti posizioni iniziali, concluderà, qualche anno più tardi, sull'opportunità di realizzare schemi resistenti ma nascosti, in modo da assumere solidità senza modificare il carattere dell'opera⁶⁰. Giovannoni sottolinea che le due importanti per questo tema sono quelle della semplicità

⁵⁷ G. GIOVANNONI, *Il restauro dei monumenti*, Cremonese

⁵⁸ «Occorre allora ben stabilire che i provvedimenti da seguirsi non debbono proporsi di rinnovare l'edificio secondo moderni criteri, ma anzitutto verificare se i suoi perturbamenti statici hanno carattere progressivo, e poi provvedere mantenendo il suo sistema d'equilibrio ed aiutandolo, non riportandolo al nostro, il che vorrebbe dire la distruzione» A conferma di ciò, egli afferma che l'applicazione delle teorie di resistenza agli antichi edifici è incongrua e insufficiente, e che «la stabilità degli antichi edifici è spesso anche da riferire non a semplici rapporti resistivo-dimensionali, ma a specifiche qualità costruttive, costituenti ulteriore garanzia di stabilità». Proprio in questo scritto, ribadisce la necessità del minimo intervento e, contemporaneamente, quella di dichiarare onestamente le aggiunte facendo esplicito riferimento a quegli elementi di rinforzo come i contrafforti esterni e le catene. Cfr. G. GIOVANNONI, *Questioni di architettura nella storia e nella vita*, Biblioteca d'Arte Editrice, Roma 1925, II ed. 1929, pp. 133-145.

⁵⁹ In occasione del IX Congresso Internazionale degli Architetti, tenutosi a Roma nel 1911, emergono contributi che mettono in evidenza, insieme ai vantaggi offerti dalla tecnologia, la difficoltà di interpretazione estetica del nuovo materiale

⁶⁰ «Le difficoltà che per qualche tempo hanno ostacolato l'impiego di tali mezzi nei problemi dei restauri (ed è forse bene che sia avvenuto così per consentire a detti mezzi di perfezionarsi ed alla nuova coscienza tecnica di maturare) sono state essenzialmente di ordine teorico. È noto infatti che le varie teorie che si contrastano tra loro nei riguardi dei principi del restauro si riflettono anche nei quesiti attinenti alla ossatura costruttiva.», Cfr. G. GIOVANNONI, *Su l'applicazione dei mezzi costruttivi moderni ed in particolare del cemento armato nel restauro dei monumenti*, in «L'industria italiana delle costruzioni», n.12, dicembre 1931. Fino a quel momento l'ostacolo nell'impiego delle nuove tecniche era stato essenzialmente teorico. Per Giovannoni le teorie che guidano le modalità d'intervento sono essenzialmente due: quelle che fanno capo alla scuola di Viollet-le-Duc - che vorrebbero che la struttura rinnovata seguisse lo stesso schema della primitiva o di quella che si suppone esserlo e si componesse di materiali analoghi posti in opera con analoghi procedimenti in maniera tale da seguire uno stile simile nei riguardi costruttivi come nei riguardi artistici- , e poi ci sono quelle facenti capo alle teorie ruskiniane, che pretendono di esprimere chiaramente nelle eventuali aggiunte non solo l'Architettura, ma anche gli schemi del nostro tempo. Ovviamente, secondo Giovannoni, la teoria del Viollet le Due ha come grave conseguenza la falsificazione, nonché la difficoltà di riprendere metodi costruttivi ormai sorpassati; mentre le teorie ruskiniane urtano contro il concetto della integrità architettonica, da non confondersi con l'unità stilistica.

ottenuta con effetti di massa anziché di ornato (il che permette di armonizzare con l'Architettura esistente per sintesi e non per falsificazioni di particolari), e del costruttivismo, cioè della rispondenza piena alla struttura.⁶¹ Infine, essendo fatto obbligo nei procedimenti di restauro di documentare severamente tutte le opere nuove in modo da non creare dubbio nel pubblico, deduce che *«non è invece affatto indispensabile che siano evidentemente palesi sì da prendere posto nella esterna forma, gli espedienti costruttivi usati per raggiungere il nuovo equilibrio o per realizzare la ricomposizione (anastilosi) degli elementi sporadici sopravvissuti»*⁶². Egli continua precisando che, *«Mentre che negli schemi strutturali affini a quelli delle costruzioni originarie la esterna espressione diretta rappresenta la norma migliore, pei mezzi nuovi completamente diversi ciò è possibile ed opportuno in elementi che non entrino nell'aspetto generale dell'edificio antico, mentre che nelle provvidenze riguardanti lo stesso organismo può prevalere il concetto dello schema nascosto, [...]»*.⁶³ Egli conclude con la proposta di una serie di esempi a supporto della sua tesi, a partire proprio dal rinforzo delle arcate del Colosseo ad opera di Stern e Valadier⁶⁴.

Si tratta di considerazioni che rispecchiano il dibattito culturale dell'epoca, proprio in riferimento alle peculiarità tecniche dei primi impieghi del cemento, sempre visti con un misto di prudenza ed entusiasmo. Il cambio di registro di Giovannoni risale al 1931, in occasione del Congresso mondiale di archeologia, quando condivise fortemente l'uso del cemento nel restauro purché celato alla vista, in maniera da assicurare la solidità senza modificare il carattere dell'opera, rimanendo così asetticamente neutro.⁶⁵ La neutralità è la

⁶¹ *«In Italia infatti, ove è quasi ovunque intensissimo il carattere ambientale rappresentato dai monumenti, avviene che le espressioni architettoniche moderne progrediscono con rapidità ma senza distaccarsi completamente dalla tradizione e dal sentimento nazionale e locale, e mantengono ai nuovi schemi costruttivi il valore di mezzo di raggiungere finalità pratiche, più che di risultato diretto»*. Di conseguenza *«occorre accettare in pieno tutti i mezzi costruttivi di cui la moderna tecnica dispone e valersene sia agli scopi del consolidamento che della reintegrazione e considerarli anzi come ausili provvidenziali per realizzare stabilmente schemi che non sarebbe più possibile ottenere coi normali mezzi primitivi»*. Cfr. G. GIOVANNONI, *Su l'applicazione dei mezzi costruttivi moderni ed in particolare del cemento armato nel restauro dei monumenti*, in «L'industria italiana delle costruzioni», n.12, dicembre 1931.

⁶² G. GIOVANNONI, *Su l'applicazione dei mezzi costruttivi moderni ed in particolare del cemento armato nel restauro dei monumenti*, in «L'industria italiana delle costruzioni», n.12, dicembre 1931.

⁶³ G. GIOVANNONI, *Su l'applicazione dei mezzi costruttivi moderni ed in particolare del cemento armato nel restauro dei monumenti*, in «L'industria italiana delle costruzioni», n.12, dicembre 1931.

⁶⁴ *«Se invece di quegli speroni in muratura di mattoni, ben distinta da quella del travertino, ma analoga nello schema massivo, si fossero adottate armature reticolari di ferro e di cemento armato si sarebbe avuto un contrasto grave ed inarmonico di masse e di linee, una difficoltà di intuizione statica per l'osservatore, e quindi un disagio, elemento fisiologico della non felice impressione estetica»*; Cfr. G. GIOVANNONI, *Su l'applicazione dei mezzi costruttivi moderni ed in particolare del cemento armato nel restauro dei monumenti*, in «L'industria italiana delle costruzioni», n.12, dicembre 1931.

⁶⁵ Sul mito della posizione neutrale si veda F.LA REGINA, in G. CARBONARA, G. VILLETTI (a cura di), *Saggi in onore di Renato Bonelli...*, cit., pp. 997-1006, in particolare p. 1000: *«La non-neutralità della tecnica gode di una documentazione più che probante, soprattutto in riferimento all'area disciplinare del restauro architettonico. L'articolo di Giovannoni dal titolo: Sull'applicazione dei mezzi costruttivi moderni ed in particolare del cemento armato nel restauro dei monumenti, viene pubblicato nello stesso anno che vede*

condizione indispensabile affinché il mezzo tecnico si possa affiancare all'architettura antica. Le potenzialità maggiormente apprezzate risiedono essenzialmente nella capacità di consentire la permanenza di un'immagine attraverso la sopravvivenza delle proprie forme. In questa nuova ottica, Giovannoni rinuncia all'univocità di quegli aspetti che in precedenza aveva difeso - legati all'evoluzione costruttiva e tecnologica del manufatto architettonico - a favore di una volontà legata alla possibilità di eliminare cattive abitudini della prassi restaurativa, quali lo smontaggio e il rimontaggio dei monumenti. La tecnica deve porsi in secondo piano, garantendo la possibilità di rimanere invisibile⁶⁶.

Purtroppo l'abuso nell'utilizzo dei materiali moderni determinerà molti risultati negativi proprio perché l'impiego delle tecniche innovative sarà anch'esso praticato non in modo "giudizioso" ma separando erroneamente l'azione del consolidamento da quella del restauro, senza la consapevolezza del significato storico-costruttivo del manufatto. Nonostante le riflessioni di Gustavo Giovannoni, da un lato, e l'affermarsi di una 'teoria' della meccanica delle lesioni degli edifici in muratura per opera di Sisto Mastrodicasa dall'altro, bisognerà attendere molti decenni ancora perché si diffonda una corretta modalità progettuale nel consolidamento delle costruzioni storiche in muratura⁶⁷.

Sul fronte tecnico del restauro un lungo percorso di ricerca ha condotto a definire i problemi statici del restauro in modo sempre più indipendente dalle logiche delle strutture elastiche legate allo sviluppo della produzione industriale. Gli studi di Cristoforo Russo⁶⁸ prima e, successivamente, quelli di Sisto Mastrodicasa⁶⁹ avevano ampliato il raggio d'azione circa le strutture storiche ad ossatura muraria introducendo la verifica matematica nello studio dei

l'approvazione della Carta internazionale del restauro di Atene. (...) In quella stessa occasione il Giovannoni, (...) [di] fronte alla possibilità/necessità di un accostamento fra ossature costruttive antiche e moderne, rifiuta la soluzione che definisce «costruttivista», fatta di identità tecnologiche e culturali nettamente distinguibili e rispettose soprattutto per il loro carattere di reciproca opposizione, di contrasto creativo. (...) Il ricorso ai mezzi moderni da costruzione è inteso come «espressione generica e sintetica delle possibilità particolari dei nuovi materiali e dei nuovi procedimenti», come subordinazione assoluta del nuovo rispetto all'antico, come dissimulazione e affogamento delle strutture metalliche e cementizie nelle opere lapidee e murarie».

⁶⁶ Sono queste essenzialmente le medesime posizioni espresse dalla Conferenza di Atene (1931), ove la tecnica innovativa dell'epoca, il calcestruzzo armato, viene considerata assai positivamente come mezzo per evitare smontaggi ed altre operazioni rischiose: posizione ripresa nella Carta Italiana del Restauro. Per approfondimenti sul tema dell'evoluzione dell'intervento di consolidamento in carte e raccomandazioni v. infra Cap. 1.3 – *La legislazione italiana, Carte del Restauro e raccomandazioni: contenuti in evoluzione asincrona*, pp. 57-96.

⁶⁷ C. GALLI, *Precedenti storici e orientamenti della normativa sismica dei beni culturali. Regole dell'arte, intuizione e calcolo numerico*, in Atti del convegno ANIDIS 2013, L'ingegneria sismica in Italia, Padova, centro culturale Altinate/San Gaetano, 30 giugno – 4 luglio 2013, sessione P, P7.

⁶⁸ C. RUSSO, *Le lesioni dei fabbricati*, Unione Tipografico-Editrice Torinese, quinta edizione, 1936.

⁶⁹ S. MASTRODICASA, *Dissesti statici delle strutture edilizie. Diagnosi e consolidamento*, Editore Ulrico Hoepli Milano, terza edizione, 1957.

tipi di lesioni. Il primo si avvale ancora del metodo induttivo, fondato cioè sulla base di osservazioni che provengono da un'ampia e documentata casistica, con l'obiettivo di mantenere un costante riferimento con la realtà per dare sistematicità, seppure schematica, al maggior numero di fenomeni osservati e sperimentati nella prassi operativa. Un contributo fortemente innovativo viene invece da Sisto Mastrodicasa il cui testo *Dissesti statici delle strutture edilizie. Diagnosi-consolidamento, istituzioni teoriche* si propone come la necessaria estensione dell'apparato teoretico della tecnica delle costruzioni per i nuovi edifici al campo del consolidamento di edifici storici. Il merito di quest'ultimo studioso è stato quello di aver dato veste disciplinare e base teorica alla diagnosi delle lesioni e al problema del consolidamento delle costruzioni dissestate. Studiando lo stato interno di tensione e la deformazione dei solidi sottoposti a diverse condizioni di sollecitazione egli ha prodotto la definizione meccanica e matematica della direttrice fessurativa individuando la natura del dissesto statico, le cause perturbatrici e i rimedi opportuni, intesi quale tecnica dell'intervento per eliminare le cause dei dissesti stessi. Fra tipo di lesione caratteristica e tipo di dissesto intercorre una corrispondenza biunivoca, più complessa è l'individuazione delle cause perturbatrici che hanno prodotto il dissesto, le quali possono essere diverse e molteplici⁷⁰.

Negli anni immediatamente successivi il Secondo conflitto mondiale le Soprintendenze elaborano gli elenchi e gli inventari dei danni, nonostante le enormi difficoltà. Il consolidamento è inteso come intervento risolutivo per la struttura, anche se non mancano gli interventi a carattere puntuale. Il contesto storico condiziona molto la prassi, costituita da continue azioni ripristinatorie; sebbene le Soprintendenze dichiarano di fare riferimento alle indicazioni delle Carte si opera dalla ricostruzione di singoli elementi strutturali, alla sovrapposizione di intere orditure intelaiate con cui si trasferisce globalmente la funzioni portante ad un'altra struttura. A partire dall'introduzione del calcestruzzo armato, si assiste, costantemente, al mancato rispetto del comportamento statico originario. La volontà è di ricondurre la complessità della realtà costruttiva a schemi di calcolo semplificati, grazie ai quali è possibile procedere con l'analisi delle sollecitazioni, prima, e con il confronto dello stato tensionale con quello ammissibile, poi. Per quanto attiene la pratica delle ricostruzioni puntuali, sono numerosi i casi di sostituzione di singole parti distrutte che però influenzano

⁷⁰ C. GALLI, *Precedenti storici e orientamenti della normativa sismica dei beni culturali. Regole dell'arte, intuizione e calcolo numerico*, in Atti del convegno ANIDIS 2013, L'ingegneria sismica in Italia, Padova, Centro culturale Altinate/San Gaetano, 30 giugno – 4 luglio 2013, sessione P, P7.

globalmente la statica dell'edificio. Ad esempio, le coperture lignee sono spesso sostituite da una nuova struttura, in genere cementizia, che incrementa i carichi verticali a cui la compagine muraria deve far fronte, rendendo necessari ulteriori interventi, di entità notevole, che si traducono nell'inserzione di una struttura intelaiata sostitutiva. In questo contesto si prediligono soluzioni estetiche che non tengono in nessuna considerazione il funzionamento caratteristico dei nuovi materiali e dei criteri di dimensionamento ad essi spettanti.⁷¹

Infine, un intervento più recente e significativo è il consolidamento dell'ala nord dell'arena di Verona condotta nel 1952 dall'ing. Riccardo Morandi. L'ala nord dell'Arena di Verona presentava uno strapiombo verso l'esterno, tale che la struttura non avrebbe potuto sopportare rilevanti azioni orizzontali indotte da venti forti, o da moti sismici o da spostamenti d'aria per esplosione di bombe. Fin dal 1939, a cura del Municipio di Verona, era stata studiata l'eventualità dello smontaggio di tutto l'ordine superiore, il successivo rimontaggio e la ricostruzione, all'altezza del secondo ordine, di una volta simile a quella superstite del primo ordine che collegasse l'Ala con il corpo dell'Arena. Sopraggiunta la guerra, il progetto fu accantonato e, l'arena, nell'eventualità di bombardamenti, fu munita provvisoriamente di speroni in muratura. Nel 1952 la Sovrintendenza decise di rinunciare alla soluzione prospettata nel 1939 per non alterare l'aspetto del monumento e per la notevole spesa che l'operazione di smontaggio e rimontaggio dell'ultimo ordine avrebbe comportato. Morandi suggerì l'idea di rafforzare l'ala mediante la perforazione in sito dei pilastri e l'introduzione, nei vari fori, di un'anima metallica, ricorrendo alla tecnica, molto moderna, della precompressione. Morandi elabora il progetto consistente nell'eliminazione degli speroni di muratura e rinforza l'ala senza alcuna operazione di smontaggio, restituendole quel margine di sicurezza necessario per eventuali azioni orizzontali future. Il progetto di rafforzamento è stato redatto considerando di sottoporre ciascun piedritto ad un ulteriore sforzo longitudinale di valore e di posizione tale per cui, in ogni sezione, la risultante del peso e di detto sforzo risultasse il più vicino possibile al baricentro geometrico. L'Arena di Verona costituisce un esempio di consolidamento effettuato trasferendo sul materiale lapideo una tecnica usata nella precompressione del calcestruzzo: nei blocchi di pietra, forati verticalmente e con continuità, si introdussero cavi di acciaio, poi tesi, trattenuti

⁷¹ Cfr. F. MARMO, *L'innovazione nel consolidamento: indagini e verifiche per la conservazione del patrimonio architettonico*, Gangemi editore, Roma, 2007, pp. Francesca Marmo fa notare che si registrano alcuni casi virtuosi, seppur pochi, che, pur allineandosi alle scelte generali della ricostruzione, se ne separano in qualche modo, come è accaduto nella Chiesa degli Eremitani a Padova e nel palazzo dei Trecento a Treviso ad opera di F. Forlati, dove l'architetto punta a recuperare l'integrità perduta attraverso impegnative operazioni di cantiere atte a raddrizzare i muri fuori piombo, nel tentativo di evitare con tutti i mezzi quelle operazioni di smontaggio e rimontaggio.

superiormente da piastre di ancoraggio ed inferiormente, all'altezza delle volte del primo ordine dell'edificio, da una trave in c.a. ed infine cementati a pressione. Si evitò in tal modo il proposto smontaggio totale dell'antica struttura a blocchi⁷².

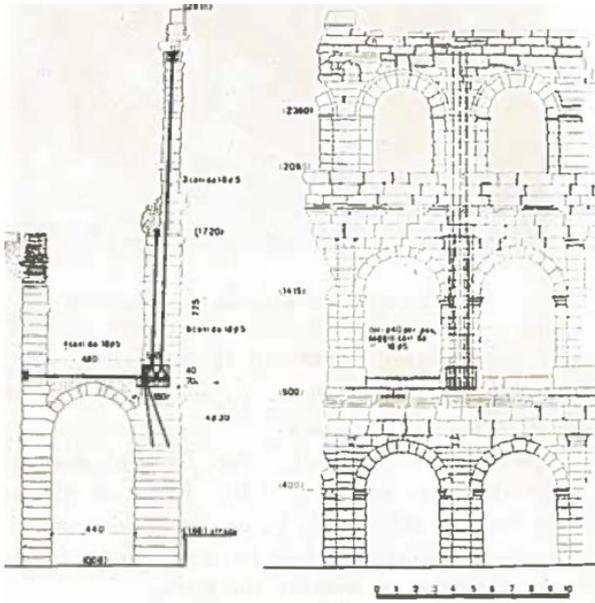


Fig. 13 - Schema del rafforzamento dell'ala mediante cavi pretesi (da R. MORANDI, *Il rafforzamento dell'ala dell'arena di Verona mediante la precompressione*, in «Industria Italiana del Cemento», 1956, p.39),

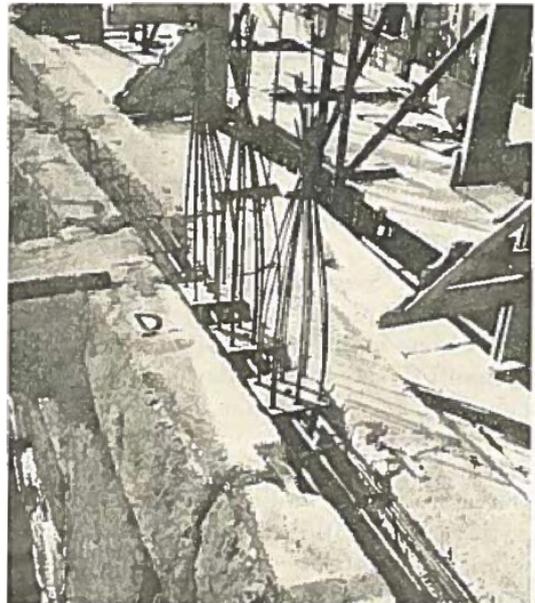


Fig. 14- I terminali superiori dell'operazione a quota 26,90 (da R. MORANDI, *Il rafforzamento dell'ala dell'arena di Verona mediante la precompressione*, in «Industria Italiana del Cemento», 1956, p.41).

⁷² G. CARBONARA, *Il cemento nel restauro dei monumenti*, «Industria Italiana del Cemento», n.11/1980, p. 1110; R. MORANDI, *Il rafforzamento dell'ala dell'arena di Verona mediante la precompressione*, in «Industria Italiana del Cemento», 1956, pp.39-41.

1.2 Il valore storico della struttura nel dibattito attuale

Un valore aggiunto: l'autenticità del comportamento strutturale

Nel restauro critico lo scopo del restauratore è esclusivamente quello di reintegrare l'immagine o di inserire il frammento sopravvissuto dell'opera antica in una nuova; di conseguenza, l'intervento strutturale assume una funzione rilevante solo nella ricostruzione di un'opera che abbia un carattere unitario, per raggiungere il fine della realizzazione di un'opera d'architettura. Amedeo Bellini specifica che si tratta del caso particolare di dover operare in uno stretto rapporto con l'antico⁷³.

Cesare Brandi distingue la materia dell'opera in rapporto alla funzione svolta: una parte di essa costituirebbe il "supporto", un'altra l'"epifania dell'immagine", ovvero il dato attraverso il quale si apprezzano le qualità specifiche della singola opera d'arte. Egli, dopo avere ricordato che l'intervento del restauratore non può riguardare l'epifania dell'immagine, in sé stessa valore spirituale, ma la materia di cui è composta, afferma la sostituibilità di questa quando essa sia supporto all'immagine; l'esigenza della totale autenticità quando invece sia epifania dell'immagine. Questa distinzione, nonostante le difficoltà, appare facilmente comprensibile per le applicazioni relative ad un quadro; ma non è facilmente utilizzabile in architettura dove gli aspetti strutturali e le modalità di connessione della materia hanno nella concezione generale dell'opera e del suo apprezzamento un significato che non possiamo distinguere dalla forma. Secondo Amedeo Bellini la tesi di Brandi orienta verso un intervento strutturale del tutto nascosto che deve risultare indifferente per la percettibilità dell'opera. D'altra parte, nell'architettura storica gli aspetti strutturali manifestano i modi di concezione generale dell'opera, della sua particolare realizzazione in determinate e singolari circostanze storiche: la struttura realizza in termini per niente secondari il valore dell'immagine che con essa è connaturato⁷⁴. Di conseguenza, la materia della struttura assume essa stessa un valore, innanzitutto storico, che l'intervento deve garantire di conservare e non modificare. Se l'intervento altera il comportamento strutturale interviene sulla stessa epifania dell'immagine che, nel caso dell'architettura storica in muratura coincide con il supporto.

⁷³ A. BELLINI, *L'intervento strutturale nel restauro come stratificazione di 'rilevante interesse storico'*, in atti del convegno *Restauro consolidamento dei beni architettonici e ambientali. Problematiche attuali*, Napoli, 31 marzo -1 aprile 2003, a cura di A. AVETA, S. CASIELLO, F. LA REGINA, R. PICONE, Mancosu Editore, Roma 2005, pp. 13-18.

⁷⁴ A. BELLINI, *L'intervento strutturale nel restauro come stratificazione di 'rilevante interesse storico'*, in atti del convegno *Restauro consolidamento dei beni architettonici e ambientali. Problematiche attuali*, Napoli, 31 marzo -1 aprile 2003, a cura di A. AVETA, S. CASIELLO, F. LA REGINA, R. PICONE, Mancosu Editore, Roma 2005, pp. 13-18.

Nella seconda metà del secolo scorso la consuetudine diffusa è stata quella d'intervenire sugli edifici storici con opere rivelatesi in seguito improprie, confidando acriticamente nei nuovi materiali e adottando in modo pedissequo gli strumenti di calcolo matematico messi a punto per le strutture elastiche, trascurando del tutto la conoscenza della fabbrica antica, considerata, a priori, incapace di resistere alle sollecitazioni agenti su di essa. In buona sostanza, il problema del consolidamento è stato considerato in maniera indipendente dalla conoscenza della reale natura della fabbrica. Questo è accaduto anche in conseguenza del fatto che le ricerche universitarie di Scienza e Tecnica delle costruzioni si concentrarono quasi esclusivamente sulle strutture elastiche e si era persa quella saggezza costruttiva fondata sul rispetto delle 'regole dell'arte' che garantiva il buon funzionamento strutturale dell'opera, ponendosi come l'equivalente del consueto apparato matematico di verifica delle moderne costruzioni: negli anni Sessanta il cemento non aveva ancora dimostrato tutta la sua inefficacia nelle questioni inerenti la conservazione del patrimonio architettonico; poi, a seguito degli eventi sismici del Friuli prima e dell'Irpinia, l'interesse degli studi nel campo delle strutture in muratura cresce. Dopo gli studi di Coulomb (1773) e di Méry (1840) è trascorso un secolo prima che riprendessero, molto limitatamente, le ricerche sul comportamento delle strutture in muratura⁷⁵ e, soltanto negli anni '70, si registrano gli interessanti contributi di Heymann⁷⁶, accompagnati nel corso degli anni '80 del Novecento dalla ripresa degli studi dei materiali, delle tecniche e della manualistica storica⁷⁷. Si realizza, in forma progressiva, un cambiamento culturale definitivo che, a partire dall'ambito di ricerca universitario, ha permesso di garantire alle attività del consolidamento consapevolezza teorica, riconducendolo nell'ambito dell'azione di restauro e rendendolo tecnicamente indipendente dal calcolo delle strutture intelaiate. Promotore di questo cambiamento culturale è stata la figura di Roberto Di Stefano, sotto il profilo teorico; accompagnata dalla continua ricerca sperimentale di esperti di Scienza e Tecnica delle Costruzioni, in particolare, Renato Sparacio, Salvatore di Pasquale, Edoardo Benvenuto e Antonino Giuffrè.

Roberto Di Stefano e il rapporto restauro-consolidamento

Roberto Di Stefano,⁷⁸ nella relazione generale presentata per la III sessione del primo

⁷⁵ 1952, calcolo a rottura degli archi.

⁷⁶ A. AVETA, *Il 'millantato credito' nel restauro tecnico*, in (a cura di) G. SPAGNESI, *Esperienze di storia dell'architettura e di restauro*, Istituto della Enciclopedia Italiana, 1987, p.256.

⁷⁷ Si ricordano in particolare: F. GIOVANNETTI (a cura di), *Manuale del recupero del comune di Roma*, Roma 1989; F. GIOVANNETTI (a cura di), *Manuale del Recupero di città di Castello*, Roma 1992

⁷⁸ Per una visione completa della figura di Roberto Di Stefano si suggerisce di consultare A. AVETA, *Roberto Di Stefano: un protagonista nello sviluppo del restauro e della conservazione*, in (a cura di) A. AVETA, M. DI

congresso nazionale dell'ASS.I.R.C.CO, nel 1981, sosteneva che il «consolidamento [...] delle strutture murarie – costituenti (nella quasi totalità dei casi) gli edifici appartenenti al patrimonio architettonico ed ambientale – [...] è uno degli interventi fondamentali di quell'insieme di operazioni che prende il nome di 'Restauro dei monumenti'; interventi che sono tutti finalizzati all'obiettivo della conservazione. Pertanto, il consolidamento è una parte del Restauro e non qualcosa di diverso o, addirittura di alternativo».⁷⁹ Come sosteneva anche Pane, il restauro deve essere prima di tutto una filosofia⁸⁰ e per Di Stefano: «Il 'restauro di consolidamento' non è mai miope e chiusa visione tecnicistica, riflessione al mero fatto strutturale, fredda osservazione dei materiali, della loro natura o resistenza. Lo studio del comportamento statico delle strutture [...] è sempre indagine storica dell'architettura che ha prodotto tale struttura; è l'appassionata ricerca dell'invenzione e dell'idea che, nel raggiungimento del fine proposto, ha consentito di dominare la materia, di darle equilibrio e resistenza entro la forma artistica liberamente immaginata e decisa dall'architetto»⁸¹ e concludendo: «Il limite [...] tra consolidamento e restauro architettonico è, dunque, nel perseguimento o non, come obiettivo finale, della conservazione del patrimonio storico-artistico, intesa come azione atta a ricavare benefici di tipo umano e non, invece, tesa a mercificare e privatizzare un bene culturale (e, perciò, comune).[...] Pertanto, quella tecnica che bene intende il fine del restauro, di cui è parte, dovrà saper approntare soluzioni di consolidamento che consentono risultati (dei quali anch'essa è responsabile) pienamente validi sul piano formale»⁸². Affermazione ripresa, trattando di rischio sismico, e conclusa osservando che ogni scelta, in ultima analisi, è sempre affidata al «giudizio del tecnico che deve assumersi tutte le responsabilità conseguenti»⁸³.

STEFANO, Roberto Di Stefano. *Filosofia della conservazione e prassi del restauro*, Arte Tipografica Editrice, dicembre 2013, pp.55-62. In generale, il volume è un testo di riferimento per l'approfondimento della conoscenza del pensiero e dell'opera di uno dei Maestri della Scuola napoletana.

⁷⁹ R. DI STEFANO, *Analisi strutturale: Tecniche e Tecnologie*, relazione generale, in Atti del I Congresso Nazionale 'Consolidamento e Restauro Architettonico', Verona 30 settembre – 3 ottobre 1981, ASSICCO, II vol., Roma 1981, p.76.

⁸⁰ R. PANE, *Attualità e dialettica del restauro: educazione all'arte, teoria della conservazione e del restauro dei monumenti*, Marino Solfanelli Editore, 1987.

⁸¹ R. DI STEFANO, *Analisi strutturale: Tecniche e Tecnologie*, relazione generale, in Atti del I Congresso Nazionale 'Consolidamento e Restauro Architettonico', Verona 30 settembre – 3 ottobre 1981, ASSICCO, II vol., Roma 1981, pp.77.

⁸² R. DI STEFANO, *Analisi strutturale: Tecniche e Tecnologie*, relazione generale, in Atti del I Congresso Nazionale 'Consolidamento e Restauro Architettonico', Verona 30 settembre – 3 ottobre 1981, ASSICCO, II vol., Roma 1981, pp.87-88.

⁸³ R. DI STEFANO, *I limiti degli interventi di stabilità sui monumenti in rapporto ai problemi di tutela*, in «Restauro», XV, 1986, 86, p.80. Ulteriori argomentazioni sono in ID., *Il consolidamento strutturale nel restauro architettonico*, Napoli 1990, pp.7-28 : «il nascondere ... le nuove strutture di consolidamento

Appurato che il restauro è un'operazione tecnica fondata sul giudizio storico – critico, Di Stefano combatte sia la tendenza che vuole dare autonomia all'operazione tecnico-costruttiva tanto da identificarla con il restauro, sostituendo, in tal modo il 'come' al 'perché'; sia quella che privilegia la disciplina storico critica rispetto alle altre di tipo tecnico che ad essa sarebbero subordinate, in quanto strumentali alla comprensione ed all'intervento⁸⁴. Se è vero che, secondo quanto affermava Benedetto Croce, la tecnica necessaria per realizzare un'opera è sempre dominata dalla concezione artistica, questo vuol dire che arte e tecnica costituiscono un unicum che induce ogni operazione di restauro a considerare innanzitutto lo studio delle relazioni fra arte e tecnica e tra costruzione e struttura, nel tentativo di pervenire a semplici e continue operazioni di manutenzione, senza dover sostenere complesse operazioni di restauro⁸⁵.

Di Stefano, in sostanza, così come pure Giuffrè, pone in luce tutti i limiti delle moderne modellazioni strutturali nel momento in cui l'oggetto è un bene di rilevanza storico-architettonica, nonché la difficoltà di individuare gli schemi strutturali, per cui, la conclusione è la medesima individuata da Viollet-Le-Duc prima e da Giuffrè poi: la strada maestra è la Storia della tecnica della costruzione e dell'architettura.

Il tecnico del restauro, prima ancora di accingersi a calcoli e verifiche, deve conoscere intimamente la storia dell'edificio da consolidare; ma la conoscenza storica è condizione necessaria e non sufficiente: ad essa va affiancata una vasta conoscenza tecnica, all'approfondimento di questa dovrà dedicarsi sempre più la ricerca scientifica applicata alle strutture murarie, una strada ampiamente battuta da Antonino Giuffrè.

Data la difficoltà delle operazioni di consolidamento, Di Stefano chiarisce che il consolidamento strutturale nel campo del restauro è *«l'opera non di un gruppo multidisciplinare di esperti, ma di un gruppo di esperti multidisciplinari, ognuno, cioè con esperienza sia nel campo storico e artistico sia in quello tecnico e strutturale»*. L'iter metodologico tuttora valido, 'lesione – dissesto – causa – intervento', su cui Roberto Di Stefano basava le sue considerazioni tecniche, derivava dall'influenza degli studi del testo di Sisto Mastrodicasa *Dissesti statici delle strutture edilizie* (1943) che, con le dovute integrazioni, è ancora oggi un supporto di informazione tecnico – scientifica ampia sui temi

all'interno di quelle originarie non può considerarsi, in ogni modo e in tutti i casi, operazione legittima»,
p.9.

⁸⁴ G. CARBONARA, *Avvicinamento al restauro. Teoria, storia, monumenti*, Liguori editore, 1997, pp.454-455.

⁸⁵ M.C. RAPALO, *Roberto Di Stefano e gli aspetti tecnici nel restauro*, in A. AVETA, M. DI STEFANO, *Roberto Di Stefano. Filosofia della conservazione e prassi del restauro*, Arte Tipografica Editrice, dicembre 2013, pp.339-344.

del consolidamento⁸⁶.

Di Stefano, collegandosi alla necessità del riconoscimento del 'valore di antichità' e del 'valore storico' di un edificio, asseriva che *«agli effetti della conservazione del monumento, entrambi i valori, coesistenti, sollecitano l'intervento dell'uomo nella vita del monumento; intervento che non è di semplice consolidamento materico, bensì di conservazione di valori umani e che, perciò, deve discernere dalla preliminare comprensione ed individuazione di tali valori»*⁸⁷. È sempre bene ricordare che *«lo scopo finale è quello della conservazione non tanto del manufatto come edificio, ma soprattutto dei suoi valori di civiltà, di storia e di arte (tra i quali sono quelli dell'arte del costruire). Per un medesimo dissesto statico sarà possibile approntare non una sola, ma diverse soluzioni tecniche di intervento restaurativo; la scelta della soluzione finale da mettere in pratica, sarà evidentemente operata in base al giudizio storico-critico ed estetico»*⁸⁸.

Di conseguenza, definite le questioni di metodo, per ciò che riguarda l'aspetto della prassi, Di Stefano sostiene che, per affrontare lo studio del manufatto e delle adeguate strategie d'intervento da attuare su di esso, sarà necessario innanzitutto svolgere un attento esame delle singole parti della struttura e di tutte le lesioni esistenti⁸⁹.

Di Stefano è ben consapevole delle numerose difficoltà pratiche riscontrabili durante l'elaborazione di un progetto di consolidamento, che vanno dal corretto posizionamento delle opere provvisorie, alla scarsa possibilità di eseguire i saggi e gli accertamenti necessari per raccogliere dati conoscitivi, alla stessa difficoltà di riuscire realmente a

⁸⁶ S. MASTRODICASA, *Dissesti statici delle strutture edilizie: diagnosi, consolidamento, istituzioni teoriche, applicazioni pratiche*, IX edizione riveduta e ampliata, Hoepli, Milano 2007.

⁸⁷ La citazione è ripresa da R. DI STEFANO, C. VIGGIANI, *La Torre di Pisa e i problemi della sua conservazione*, in «Restauro» n. 120, 1992, p. 8, con l'importante premessa che *«La Conservazione deve tener conto, oltre che dell'istanza storica e quella estetica, anche della istanza psicologica. Da ciò discende che la valutazione del valore del monumento non si basa, soltanto sulle categorie del 'bello' e di 'storico', e non resta riservata solo a chi, come Viollet-Le-Duc, ha una cultura estetica e scientifico-storica. Ne consegue che anche chi è poco (o per nulla) dotato di tale patrimonio intellettuale - come sono certo molti dei turisti che si recano a Pisa - sia in grado di fare una valutazione a ciò che è, una 'questione di sentimento'; vale a dire esprimere il valore del monumento che ha risvegliato in lui un sentimento attraverso la pura percezione, al di là della conoscenza storica»*.

⁸⁸ R. DI STEFANO, *La problematica del restauro architettonico*, Editoriale Scientifica, Napoli 1976, p. 44.

⁸⁹ Per questo occorre innanzitutto un rilievo dell'intera costruzione in modo da poter disporre di piante, prospetti e sezioni sulle quali riportare, con la massima accuratezza, tutte le lesioni rilevate. Sarà inoltre opportuno, nella misura che l'importanza stessa dell'opera da restaurare e la complessità del problema richiederanno, raccogliere tutti i dati possibili sull'epoca della costruzione, sui criteri tecnici seguiti dal progettista, sulle varie fasi dell'esecuzione dell'opera e sui tempi impiegati per la costruzione, sui terreni di fondazione, anche in rapporto alle fondazioni dei fabbricati circostanti, ecc. La fase successiva consisterà nell'effettuare saggi e prove dirette. Inoltre, ove necessario, egli indica la necessità di conoscere la progressione del dissesto nel tempo per tracciare i diagrammi della progressione fessurativa, rilevando gli incrementi della deformazione ad intervalli regolari di tempo.

pervenire ad una conoscenza esaustiva del manufatto in esame⁹⁰.

Roberto di Stefano affrontò numerosi restauri e interventi di consolidamento in Italia e all'estero nel corso dei quali dimostra che, ogni volta, occorre definire una soluzione diversa ed originale. La soluzione deve adattarsi alle caratteristiche dell'edificio in esame e alle reali possibilità di esecuzione cantieristica. È per questo che dedica particolare attenzione pure alla fase esecutiva: per quanto il progetto possa essere stato redatto in maniera accurata, va continuamente verificato in cantiere, richiedendo spesso modifiche e adattamenti dipendenti da fattori nuovi che si palesano durante la fase attuativa. L'intima connessione tra progettazione ed esecuzione nel progetto di restauro rende palese l'esigenza di garantire che il restauro sia condotto da un'unica persona che si possa avvalere delle competenze degli esperti di diversi campi tecnici e disciplinari. Tra le numerose esperienze applicative, particolarmente significativo è l'intervento dello spostamento, 'a mano', del portale di Santa Chiara a Napoli nel 1973⁹¹. Il complesso sistema ideato per l'operazione di spostamento del portale dell'antico complesso è il risultato dell'integrazione dell'esperienza con le approfondite conoscenze strutturali, dei materiali e delle tecniche costruttive moderne ed antiche. Da questa interazione è stato possibile conseguire il risultato di un delicatissimo ma efficace intervento che ha evitato il rischio delle operazioni di smontaggio e successiva ricostruzione del portale.

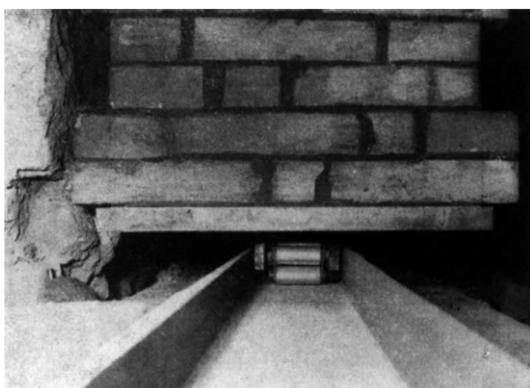


Fig. 15 - Particolare dei cuscinetti scorrevoli impiegati per lo spostamento del portale di S. Chiara (da A. PINTO, *R. Di Stefano: note e ricordi di una lunga collaborazione*, in AVETA, M. DI STEFANO, *Roberto Di Stefano. Filosofia della conservazione e prassi del restauro*, Arte Tipografica Editrice, dicembre 2013, p.323)



Fig. 16 - Particolare del sistema di tiro del portale di S. Chiara con martinetti a mano (da A. PINTO, *R. Di Stefano: note e ricordi di una lunga collaborazione*, in AVETA, M. DI STEFANO, *Roberto Di Stefano. Filosofia della conservazione e prassi del restauro*, Arte Tipografica Editrice, dicembre 2013, p.323)

⁹⁰ Con riferimento a questi aspetti, scrive che «nel caso della Torre di Pisa - forse più che in altri - il momento di particolare difficoltà per restauro non è tanto nella fase dell'analisi del monumento, dei suoi dissesti (e, quindi, della loro diagnosi) quanto in quello della verifica comparata delle ipotesi di intervento restaurativo: laddove ogni settore di competenza deve confrontar con i principi della Conservazione».

⁹¹ Per un approfondimento dello studio di questo intervento si rimanda a A. PINTO, *R. Di Stefano: note e ricordi di una lunga collaborazione*, in AVETA, M. DI STEFANO, *Roberto Di Stefano. Filosofia della conservazione e prassi del restauro*, Arte Tipografica Editrice, dicembre 2013, pp.321-325.

Ancora, si ricordano gli interventi di conservazione della Cattedrale di Napoli e dell'adiacente basilica di Santa Restituta, effettuati dal 1969. Nonostante le numerose difficoltà cantieristiche, i restauri si svolsero in piena sintonia con i contemporanei orientamenti e con i principi del restauro sino ad allora enunciati⁹².

È chiaro che Roberto Di Stefano era anche un professionista particolarmente abile nella prassi operativa. Egli nello svolgimento delle attività descrive analiticamente e illustra didascalicamente tutte le fasi degli interventi: schemi e immagini permettono al lettore di comprendere in maniera chiara e semplice l'attuazione degli stessi. Più volte, infatti, nei suoi scritti, Di Stefano ha denunciato la grave inottemperanza delle norme di legge da parte della maggior parte dei tecnici, che ignoravano la fondamentale raccomandazione secondo la quale ogni restauro debba essere preceduto da un preciso progetto e seguito da circostanziate relazioni analitiche e critiche, illustrate da disegni e fotografie da depositare nei pubblici archivi. L'attenzione di Di Stefano alle disposizioni legislative⁹³ è ben evidente anche quando, nel 1984, egli cercò di mettere ordine tra le diverse disposizioni vigenti⁹⁴, focalizzando l'attenzione principalmente sulle errate e incongruenti disposizioni per ciò che concerneva i restauri e le riparazioni.

Ancora oggi, il problema è irrisolto; nonostante la pratica odierna consenta di disporre ampiamente di materiale illustrativo ed analitico in appositi database informatici e, nonostante le norme tecniche impongano la produzione di specifici elaborati, sono ancora molti i professionisti che agiscono in maniera superficiale, causando non solo danni agli edifici per la scarsa qualità dei lavori ma impedendo anche il raggiungimento di una organica possibilità di conoscenza degli interventi eseguiti sul patrimonio architettonico. per lo studioso napoletano la considerazione che anche il progetto di riduzione del rischio sismico fosse una specificità del restauro è stata una conseguenza logica del mutamento dell'approccio culturale e pratico che stava avvenendo nelle operazioni riguardanti il consolidamento statico.

⁹² R. DI STEFANO, *La Cattedrale di Napoli: storia, restauro, scoperte, ritrovamenti con documenti per la storia dei restauri*, a cura di F. Strazzullo, Napoli, Editoriale scientifica, 1974. Per approfondimenti consulta pure L. DI MAURO, *Roberto Di Stefano e i restauri nel Duomo di Napoli: novità e approfondimenti per la storia dell'architettura*, in (a cura di) A. AVETA, M. DI STEFANO, *Roberto Di Stefano. Filosofia della conservazione e prassi del restauro*, Arte Tipografica Editrice, dicembre 2013, pp.149-154; V. RUSSO, *Il Duomo di Napoli. Conoscenza, restauri, valorizzazione nell'attività di Roberto Di Stefano*, in (a cura di) A. AVETA, M. DI STEFANO, *Roberto Di Stefano. Filosofia della conservazione e prassi del restauro*, Arte Tipografica Editrice, dicembre 2013, pp.309-314.

⁹³ DI STEFANO R., *Il restauro statico dei monumenti: normativa per le zone sismiche*. Atti del seminario, Napoli 10 novembre 1983, in «Restauro» n°71-72/84, Napoli

⁹⁴ Il riferimento è in particolare alla L.Reg 9/1983, alla Circolare n.1439/81 e al D.M. 3/3/1975. Per approfondimenti Vedi infra 1.3 - *Legislazione italiana, Carte del Restauro e raccomandazioni: contenuti in evoluzione asincrona*, pp.57-96.

Il contributo scientifico di Renato Sparacio, Edoardo Benvenuto e Salvatore Di Pasquale

Fortemente convinto dello stretto rapporto tra il restauro e il consolidamento, Roberto Di Stefano approfondì le questioni di metodo e operative anche con straordinari docenti di Scienza delle Costruzioni, quali Renato Sparacio, Salvatore di Pasquale ed Edoardo Benvenuto, impegnati nella individuazione del comportamento strutturale dei più importanti monumenti italiani. In particolare, con i primi due, Roberto Di Stefano sviluppò, sia nei contributi della rivista *Restauro*, sia in cicli di lezioni, corsi e seminari, le applicazioni del “Metodo degli Elementi Finiti”⁹⁵. Questo metodo, nato intorno al 1950 per risolvere i problemi inerenti il comportamento dei terreni di fondazione di grattacieli, ha via via soppiantato i metodi di calcolo tradizionali relativi alle varie tipologie strutturali di edifici storici. Seppur, ancora oggi, il metodo risulti valido e alla base di tutte le teorie di calcolo, esso ha mostrato alcuni limiti applicativi, in particolare nelle applicazioni sul patrimonio di architettura storica.

Questi studiosi avviarono un nuovo percorso di ricerca, fondato su un approccio diverso, più intuitivo, ma non meno logico né scientifico, mirato a risolvere problemi sismici, senza alterare la concezione costruttiva dei monumenti in muratura.

In particolare, Salvatore Di Pasquale studia i problemi di verifica della stabilità delle murature⁹⁶, mentre Edoardo Benvenuto e Renato Sparacio propongono una revisione degli studi della scienza delle costruzioni in una innovativa prospettiva storica⁹⁷.

Secondo Benvenuto, nel campo degli studi della scienza delle costruzioni, la rivoluzione in corso era paragonabile a quella della statica grafica avvenuta nel corso del XIX secolo; la diffusione dei metodi di calcolo automatici stava fortemente influenzando l'analisi delle strutture attraverso la sperimentazione su modelli matematici. A questi modelli matematici appartiene anche quello degli ‘elementi finiti’, alla cui applicazione nel campo delle strutture in muratura si dedicò molto Renato Sparacio. La struttura è considerata come composta di elementi di varia forma e dimensione, in numero elevatissimo ma finito e, di conseguenza,

⁹⁵ R. SPARACIO, *Analisi tensionale nelle murature e interventi di restauro statico*, in «Restauro» n°31/1977, Napoli; S. DI PASQUALE, *Strutture murarie: il metodo degli elementi finiti*, in «Restauro» n°35/78, Napoli; S. DI PASQUALE, *Scienza delle costruzioni e restauro dei monumenti*, in «Restauro» n°56-57-58/82, Napoli; S. DI PASQUALE, *Architettura e terremoti*, prefazione a «Questioni di dinamica per il restauro dei monumenti», in «Restauro» n°59-60-61/82, Napoli; G. AUGUSTI, A. BARATTA, P. BELLÌ, A. BORRI, S. D'AGOSTINO, S. DI PASQUALE, V. FRANCIOSI, P. JOSSA, R. SPARACIO, G. VOIELLO, *Verifica e consolidamento delle strutture murarie*, in «Restauro» n°87-88/1986, Napoli.

⁹⁶ S. DI PASQUALE, *Statica dei solidi murari. Teoria ed esperienze*, Firenze, Dipartimento di Costruzioni, 1984; S. DI PASQUALE, *L'arte del costruire. Tra conoscenza e scienza*, Venezia, Marsilio, 1996; S. DI PASQUALE, *Problemi inerenti l'analisi e la conservazione del costruito storico*, Firenze, Alfani, 1996.

⁹⁷ E. BENVENUTO, *La scienza delle costruzioni e il suo sviluppo storico*, Sansoni, Firenze, 1981.

R. SPARACIO, *La scienza e i tempi del costruire*, UTET, prima edizione maggio 2009, ed. consultata 2004.

non ha più importanza lo schema della singola struttura: il tipo strutturale non è più l'elemento di base del calcolo fondato sui concetti propri della meccanica dei continui⁹⁸.

Il metodo si basa sull'analisi tensionale, attraverso la quale possono essere determinate le zone dell'elemento strutturale su cui si raggiungono i maggiori valori delle tensioni e il reale andamento delle linee di flusso principali degli sforzi interni. Tale analisi, resa possibile dal calcolo numerico automatico, consente di superare i limiti della teoria dell'elasticità e della scienza delle costruzioni nelle applicazioni a strutture non riconducibili agli schemi lineari di travi o telai, lastre o piastre, con proprietà meccaniche del materiale ben lontane da quelle dell'elasticità, dell'isotropia dell'omogeneità e della resistenza a trazione. Si tratta dunque, di discretizzare il continuo ed ottenere un numero finito di elementi, collegati alle estremità, in un numero finito di nodi, in cui avvengono le interazioni. Lo strumento essenziale per affrontare questo tipo di analisi tensionale è il linguaggio delle matrici⁹⁹.

In sostanza, non sono più il riferimento meccanico e le modalità dell'equilibrio che consentono di comprendere il comportamento di una struttura; entra in gioco lo stato di tensione e di deformazione, le leggi costitutive delle proprietà dei materiali; di conseguenza, gli aspetti intuitivi delle strutture architettoniche non sono presi in considerazione. Emerse da subito però che le raffinate analisi matematiche non sembravano permettere di ricavare procedimenti di calcolo adatti alla prassi professionale.¹⁰⁰

Altri studiosi approfondirono le tematiche chiaramente individuate da Roberto Di Stefano. Tra i principali¹⁰¹, basti pensare alla studiosa Liliana Grassi, che considera la separazione fra restauro e consolidamento, ovvero tra storia e scienza, frutto di una concezione che considera l'idea di cultura intesa prevalentemente come "cultura materiale", che designa la piena

⁹⁸ Cfr. E. BENVENUTO, *La scienza delle costruzioni e il suo sviluppo storico*, Firenze, 1981, p.862.

⁹⁹ A. AVETA, in «Restauro», n.53/54 1981, p. 165-167.

¹⁰⁰ R. DI STEFANO, *Il consolidamento strutturale nel restauro architettonico*, Edizioni Scientifiche Italiane, 1990, pp.16-18.

¹⁰¹ Altri contributi di rilievo sono quelli di Renato Bonelli, Salvatore Boscarino, Gaetano Miarelli Mariani, Franco Braga ed altri. Bonelli, ad esempio, afferma che l'errore di considerare il consolidamento come un'operazione distinta e separata dal restauro deriva dalla mancata comprensione del carattere specifico dell'opera architettonica e rileva l'obbligo di storicizzare tutte le operazioni tecnico-tecnologiche. Cfr. R. BONELLI, *Aspetti metodologici e Progettuali*, relazione generale, in Atti del I Congresso Nazionale 'Consolidamento e Restauro Architettonico, Verona 30 settembre-3 ottobre 1981, p.12, R. BONELLI, *Considerazioni finali*, in *Restauro e Cemento in Architettura 2*, a cura di G. Carbonara, AITEC, Roma 1984, p.438. Salvatore Boscarino evidenzia che il 'fare' nel restauro è contemporaneamente giudizio storico-critico e sapere scientifico, per cui sono presenti gli ambiti storico-umanistici e quelli tecnico-operativi. Cfr. S. BOSCARINO, *Conoscenza delle strutture architettoniche: metodi e tecniche di approccio*, relazione generale al III Congresso Nazionale 'Conoscere per intervenire: il consolidamento degli edifici storici', Catania, 10-12 novembre 1988, ASSIRCO, in «L'industria delle costruzioni», 1989, 215, pp.76-79. Per ulteriori approfondimenti si consiglia G. CARBONARA, *Avvicinamento al restauro. Teoria, storia, monumenti*, Liguri editore, 1997, pp.453-465.

autonomia dell'operazione tecnico-conservativa, vista di certo più 'comoda' per chi è impegnato in interventi di restauro. Liliana Grassi sostiene la necessità dell'interazione delle metodologie tecniche e scientifiche con i problemi storico – critici del restauro e, più in generale, della tutela¹⁰². Successivamente, Guglielmo De Angelis d'Ossat, nell'affrontare il tema della comprensione globale degli edifici storici, individua un percorso analitico di studio incrociando i tre fondamentali “punti di vista”, artistico, storico e tecnico, al fine di mantenere la visione unitaria del manufatto e in rapporto all'ambiente¹⁰³.

L'intensa attività di Antonino Giuffrè

Maggiormente pragmatico e operativo è il contributo di Antonino Giuffrè¹⁰⁴ che, durante gli anni '80, conduce sperimentazioni su modelli in piccola scala di conci assemblati a secco e sottoposti ad azioni in grado di simulare staticamente gli effetti sismici. La sperimentazione, molto efficace sotto il profilo fenomenologico, metteva in evidenza il rapporto tra tessitura dei conci e vulnerabilità dell'elemento murario; di conseguenza, Giuffrè dedusse alcune importanti considerazioni: innanzitutto, la specializzazione delle unità in ortostati e diatoni, i primi utili alla cucitura dei paramenti e i secondi responsabili del buon comportamento nel piano della parete; in secondo luogo, il concetto di “regola dell'arte”, cioè l'abilità del mastro

¹⁰² L. GRASSI, *Problemi metodologici in relazione alla teoria del restauro*, in *Il restauro delle costruzioni in muratura*. Atti del 2° Corso di informazione ASSIRCCO, Venezia 21-22-23 maggio 1980, Roma 1981, pp.9-11. Il riferimento è in G. CARONARA, *Avvicinamento al restauro. Teoria, storia, monumenti*, Liguori editore, 1997, pp.454.

¹⁰³ G. DE ANGELIS D'OSSAT, *Sul restauro dei monumenti architettonici. Concetti, operatività, didattica*, Roma, Bonsignori editore, 59-66.

C. GALLI, *Precedenti storici e orientamenti della normativa sismica dei beni culturali. Regole dell'arte, intuizione e calcolo numerico*, in Atti del convegno ANIDIS 2013, L'ingegneria sismica in Italia, Padova, centro culturale Altinate/San Gaetano, 30 giugno – 4 luglio 2013, sessione P, P7.

¹⁰⁴ Antonino Giuffrè si era formato come ingegnere presso la facoltà di Ingegneria di Roma sotto la guida di Carlo Cestelli Guidi. L'interesse per i problemi tecnico – progettuali, unito alla tendenza a ricorrere alla analisi quantitativa e alla facilità di accostarsi agli elaboratori, determinano una carriera fondata sull'attività di strutturista. Nella seconda fase della sua lunga carriera si concentra sulla lettura degli storici della meccanica: Vailati, Mach, Clagett; sullo studio del saggio del Poleni sulla cupola vaticana e sul trattato di Rondelet; nonché alle opere originali degli autori antichi – Archimede e Apollodoro – e poi alla meccanica medievale di Giordano, e infine a Galileo, De La Hire, Coulomb e Mascheroni. In questa lettura della meccanica premoderna era stato certamente preceduto da Salvatore Di Pasquale ed Edoardo Benvenuto. Nel 1982 ricevette dalla Sovrintendenza Archeologica di Roma l'incarico di studiare la sicurezza sismica del grande traliccio di servizio costruito per i lavori di restauro della Colonna di Marco Aurelio. È questo un episodio significativo, nodo cruciale di svolta della produzione scientifica che va dal 1985 al 1997. Nel saggio sul Colosseo, la presentazione delle diverse tipologie murarie rilevabili nell'anfiteatro – dal conglomerato della fondazione, all'opera quadrata dei pilastri e degli archi delle tre cinte ellittiche, alla concrezione atipica delle pareti dell'attico – sembra voler dimostrare l'impossibilità di cogliere come un unico modello, il comportamento meccanico di materiali così diversi, e l'inconsistenza degli sforzi spesi in questa direzione. Appare impossibile pretendere di costringere all'interno di un'unica ipotesi di modellazione murature così diverse tra loro: «Quanto sarebbe fuorviante dalla complessità della cultura dire che tutti i volumi della biblioteca appartengono all'unica categoria della “carta stampata”! Però a questo equivale la definizione onnicomprensiva oggi in uso di “strutture in muratura”». Cfr. A GIUFFRÈ., *Efficacia delle tecnologie storiche in area sismica*, in C.F. CAROCCI E C. TOCCI (a cura di), *Leggendo il libro delle antiche architetture. Aspetti statici del restauro, saggi 1985-1997*, Gangemi editore, 2010, pp.29-42.

muratore di comporre murature che tendono idealmente all'opera isodoma¹⁰⁵, con ricorsi regolari e la ricerca dei contatti tra pietra e pietra; infine, la specificità dei siti storici a causa della specificità delle tecniche murarie. Dai risultati dei suoi studi emerge che la 'regola dell'arte' è fondamentale per le indagini volte all'analisi dello stato di conservazione del costruito storico e, dunque, nella valutazione del rischio sismico¹⁰⁶. Il rispetto di un ordine costruttivo consente il giusto passaggio dei flussi di carico, il superamento della forte disomogeneità delle pietre e rende idonea la risposta al sisma. La disposizione delle pietre, nel loro ordine orizzontale e verticale, la compattezza e la regolarità, permettono di esprimere un giudizio sulla qualità della muratura.

Nel periodo finale della sua produzione intellettuale e scientifica, dal 1985 al 1997, in seguito a questi studi, cura importanti saggi dedicati alla conservazione e sicurezza del costruito storico, noti con il nome di 'codici di pratica'¹⁰⁷. Nei codici di pratica per valutare la pericolosità sismica si confronta con il 'terremoto di riferimento o di scenario', cioè con un terremoto atteso pari al sisma di maggiore intensità storicamente documentato nel sito. Una produzione significativa del 'codici' era dedicata al disegno di dispositivi da inserire nelle fabbriche storiche per mitigarne la vulnerabilità sismica, rispettando il materiale ed il

¹⁰⁵ Antonino Giuffrè, nel testo *Lecture sulla meccanica delle murature storiche*, interpreta il discorso di Vitruvio rapportandosi all'architettura storica nella realtà d'oggi; egli riconosce una tecnica muraria appartenente alla tradizione colta, individuata nella muratura in pietra squadrata, l'*opus quadratum* dei romani derivato, secondo Vitruvio, dalla muratura isodoma o pseudoisodoma dei greci. Questa è caratterizzata da blocchi parallelepipedi (pietre squadrate) disposti con regolarità alternando, secondo vari assemblaggi, pietre disposte di fascia con pietre disposte con la lunghezza maggiore ortogonale al muro: i diatoni. Tutti i blocchi sono disposti su filari orizzontali, con giunti verticali sfalsati. [...] «*Giaciture orizzontali e monolitismo trasversale sono le caratteristiche meccaniche introdotte dallo spirito geometrico che sta a fondamento della nostra civiltà e gli sviluppi medioevali con rimescolamento delle culture che li caratterizza hanno introdotto una miriade di varianti su questo originario e ineludibile binomio*», Cfr C. BAGGIO, C. CAROCCI, *Valutazione della qualità meccanica delle murature*, in A. BERNARDINI (a cura di), *La vulnerabilità degli edifici. Valutazione a scala nazionale della vulnerabilità sismica degli edifici ordinari*, CNR – Gruppo nazionale per la Difesa dei Terremoti, Roma 2000, p.51.

¹⁰⁶ «*Pur senza conoscerne la grammatica e la sintassi, che noi oggi insistentemente cerchiamo di formulare, [gli] architetti-ingegneri del secolo scorso intendevano il linguaggio della muratura e sapevano esprimersi con esso. La qualità dei loro risultati è per noi un monito: chi vuole intervenire sulle opere murarie deve conoscere quel lessico e le sue regole: queste vanno cercate sul sentiero della meccanica, quello si apprende leggendo il libro delle antiche architetture*» A. GIUFFRÈ, Una breve (e problematica) visita alle murature del Colosseo, in C.F. Carocci e C. Tocci (a cura di), *Leggendo il libro delle antiche architetture. Aspetti statici del restauro, saggi 1985-1997*, Gangemi editore, 2010, p.203.

¹⁰⁷ Con il suo coordinamento furono rilevate decine di tipologie costruttive proprie di siti storici dell'Italia centro-meridionale, da Castelvetere a Città di Castello, da Viterbo a Ortigia, da Roma a Matera. I disegni di rilievo di queste tipologie murarie dimostrano di una ricerca volta a stimare la qualità meccanica dei singoli tipi rilevati. Lo studio approfondito di questi centri è l'oggetto di alcuni saggi, noti con il nome di 'codici di pratica', generalmente ritenuti uno strumento fondamentale per l'impostazione degli studi sul costruito storico. In particolare si rimanda a: A. GIUFFRÈ, *Sicurezza e conservazione dei centri storici: il caso Ortigia. Codice di pratica per gli interventi antisismici nel centro storico*, Laterza, Bari, 1993; A. GIUFFRÈ, C. CAROCCI, *Codice di pratica per la sicurezza e la conservazione dei Sassi di Matera*, La Bauta, 1997; A. GIUFFRÈ, C. CAROCCI, *Codice di pratica per la sicurezza e la conservazione del centro storico di Palermo*, Laterza, Bari, 1999.

comportamento strutturale della costruzione. Ogni apparecchio murario disegnato discende da un'analisi meccanica, la sola in grado di stabilire quali elementi della costruzione – pareti murarie portanti, solai e coperture – necessitano di nuovi elementi di connessione o di rifacimenti.

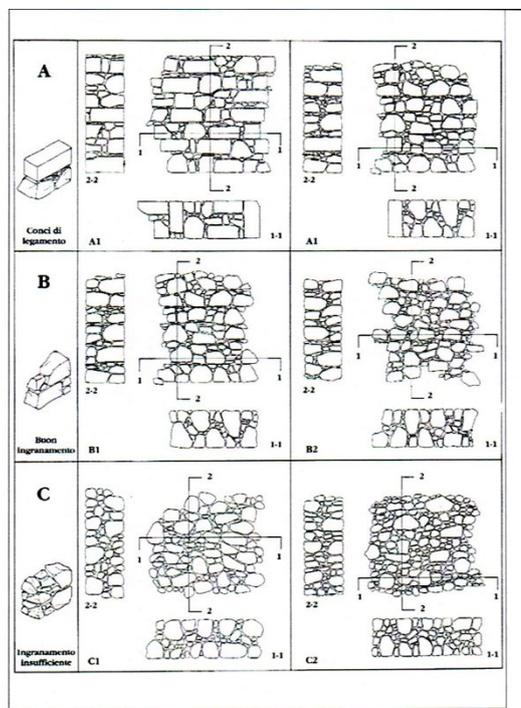


Fig. 17 - Abaco delle murature rilevate in Ortigia. L'abaco deriva da una ricerca estesa akk'intera area urbana (la Graziella), dalla quale sono stati riprodotti i casi significativi di tipologie diffuse. I casi sono ordinati secondo un ordine decrescente di qualità meccanica. (disegno di G. de Felice, da A. GIUFFRÈ, *L'intervento strutturale quale atto conclusivo di un approccio multidisciplinare*, in in C.F. CAROCCIE C. TOCCI (a cura di), *Leggendo il libro delle antiche architetture. Aspetti statici del restauro, saggi 1985-1997*, Gangemi editore, 2010, p.19).

Nei “codici di pratica” veniva posta una notevole enfasi sui meccanismi di collasso delle strutture murarie, unico strumento di analisi ritenuto adatto all'indagine sulle costruzioni dell'era pre-elastica¹⁰⁸. Oggi questa metodologia di analisi è uno degli strumenti principali di indagine per le strutture storiche, riconosciuta come lo strumento più attendibile di valutazione della sicurezza sismica anche nella normativa vigente per la valutazione e

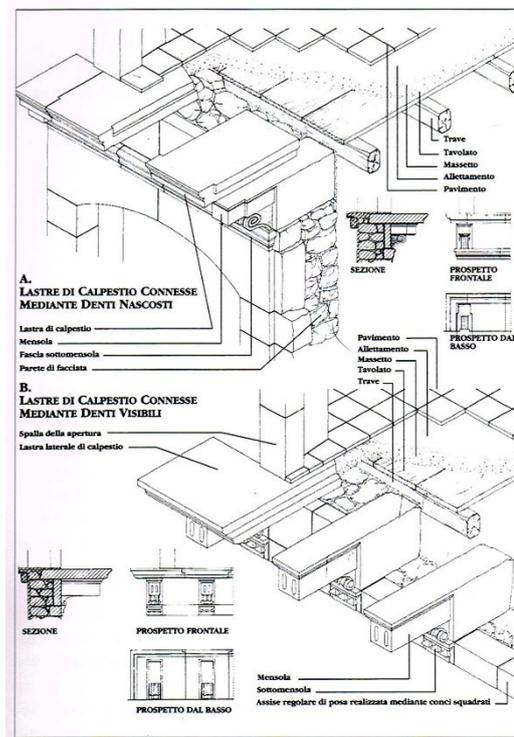


Fig. 18 - Codice di pratica per gli interventi nel quartiere della Graziella. Il rilievo dei balconi nelle case del quartiere ‘La Graziella’ in Ortigia /Siracusa) mette in evidenza il taglio delle pietre, la loro posizione nel tessuto murario e in rapporto al solaio ligneo retrostante (rilievo di C. Carocci da A. GIUFFRÈ, *L'intervento strutturale quale atto conclusivo di un approccio multidisciplinare*, in in C.F. CAROCCIE C. TOCCI (a cura di), *Leggendo il libro delle antiche architetture. Aspetti statici del restauro, saggi 1985-1997*, Gangemi editore, 2010, p.17).

¹⁰⁸ In sostanza, Giuffrè concentra gli studi sull'osservazione delle modalità di comportamento e di danneggiamento degli edifici sottoposti a sisma, ovvero sull'analisi dei meccanismi di collasso, distinti in meccanismi di I e di II modo, che porta all'introduzione dei cinematismi di rottura.

riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale¹⁰⁹. L'efficacia dello studio dei meccanismi di collasso è subordinata anche alla conoscenza delle fasi dello sviluppo urbano, in quanto le modalità di formazione e trasformazione dell'abitato sono spesso responsabili della debolezza del costruito e quindi dei suoi modi di collasso sotto stima. Se Mastrodicasa aveva analizzato le lesioni prodotte in campo statico, comprendendo le correlazioni fra lesione e tipo di dissesto, Giuffrè 'intuisce' le correlazioni esistenti fra sisma, tipo di costruzione e meccanismo di rottura. Gli studi di Giuffrè fondano sulla considerazione che le modalità costruttive degli edifici in muratura, pur essendo caratterizzate da un elevatissimo numero di varianti, presentano una costante organizzativa dovuta a una matrice riconoscibile che ne rivela la logica semplice e al tempo stesso ripetitiva e generalizzabile. Giuffrè deduce che il sisma non disintegra in modo disordinato le case, ma seleziona le parti strutturali e le soluzioni tecnologiche più deboli, ovvero le parti di fabbrica non eseguite a perfetta regola d'arte.

Riconosciuto che l'intervento strutturale è solo una parte del programma operativo di conservazione delle opere del passato¹¹⁰, egli specifica, così come Di Stefano e altri prima di lui, l'iter metodologico da seguire per un corretto intervento¹¹¹ che si esplica nelle fasi di rilievo, indagine storica, analisi strutturale e, infine, intervento. Il rilievo, geometrico e strutturale, è diretto alla comprensione della realtà costruttiva¹¹² e si intreccia con l'indagine storica che dovrebbe dare ragione delle diversità di fattura tra porzioni contigue: la conoscenza dello stato che precede ogni nuova espansione dell'edificio permette di valutare le sollecitazioni aggiunte e di prevedere la condizione delle connessioni strutturali tra le parti¹¹³. Infatti, prima dell'analisi strutturale, l'architettura storica richiede l'analisi storica

¹⁰⁹ DPCM 09 febbraio 2011, *Linee guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale tutelato, con riferimento alle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008*, pubblicata sulla G.U. n. 47 del 26 febbraio 2011, suppl. ord. n. 54.

¹¹⁰ A. GIUFFRÈ, *L'intervento strutturale quale atto conclusivo di un approccio multidisciplinare*, in C.F. CAROCCI e C. TOCCI (a cura di), *Leggendo il libro delle antiche architetture. Aspetti statici del restauro*, saggi 1985-1997, Gangemi editore, 2010, pp.13-28.

¹¹¹ Giuffrè nel lavoro del quartiere della Graziella ad Ortigia in Sicilia realizza un codice inteso come una guida per operare coerentemente all'interno del tessuto edilizio. Lo studio è sviluppato attraverso lo studio dei terremoti storici, l'analisi delle tipologie edilizie, delle relative tecniche costruttive e delle condizioni conservative, la proposta di dettagli tecnici d'intervento e le verifiche numeriche. Viene quindi proposto un percorso che dalla conoscenza delle tipologie edilizie e costruttive del centro storico fa scaturire le modalità di conservazione in sicurezza.

¹¹² il rilevatore deve conoscere le tecniche costruttive in uso all'epoca della costruzione che va ad esaminare, così come gli stili. La necessità è di conoscere gli aspetti meccanici dell'opera: interessano le dimensioni delle travi dei solai lignei, la realizzazione del loro appoggio sui muri perimetrali, occorre precisare l'orditura dei tetti, individuare la composizione dei muri, rilevare lo spessore delle volte e la materia dei rin fianchi e, infine, va osservato come è assemblato l'organismo costruito.

¹¹³ A. GIUFFRÈ, *Efficacia delle tecnologie storiche in area sismica*, in C.F. CAROCCI e C. TOCCI (a cura di), *Leggendo il libro delle antiche architetture. Aspetti statici del restauro*, saggi 1985-1997, Gangemi editore, 2010, pp.29-42: «forse è necessario aggiungere la precisazione che 'analisi storica' non significa solo regesto

poichè esiste «un'esigenza meccanica stringentemente storica, senza la quale una verifica obiettiva non può essere eseguita».

L'insegnamento di Giuffrè consiste nel guardare direttamente alla realtà delle architetture e, in questa, cercare, indipendentemente da qualunque dimostrazione matematica, la verità del loro comportamento meccanico¹¹⁴.

Si può dire di conoscere la muratura, non se si è in grado di definire parametri meccanici ragionevolmente realistici che permettano di far funzionare i software, bensì se la si guarda nella sua intima composizione, rilevando la dimensione di ogni sua pietra, e i modi in cui le pietre sono apparecchiate nello spessore del muro, sono sovrapposte le une alle altre, i vuoti tra esse sono riempiti o rinzeppati. Questa lezione è presente in tutti gli scritti di Giuffrè¹¹⁵.

L'atteggiamento è dunque di estrazione da una realtà apparentemente complessa i suoi caratteri essenziali, sforzandosi di non giudicarli sulla base di convinzioni aprioristiche ma di capirne le ragioni intime. È impossibile riconoscere in quell'assemblaggio di pietre, intrinsecamente discontinuo, un sistema resistente lontanissimo dal modello egemone nella ingegneria strutturale per più di un secolo, il modello di Cauchy, e dall'elegante apparato matematico sul quale si fonda la sua trattazione analitica: i muri di Ortigia sono più simili ai pilastri del Colosseo che non ad un solido continuo. Ne discende l'inconsistenza di un concetto chiave della meccanica del continuo, quello di tensione. Se cade l'ipotesi di continuità non può sussistere un concetto che su quell'ipotesi si fonda. È difficile abbandonare tali concetti. La terminologia consolidata – tensioni normali e tangenziali, ecc. – suggerisce con immediatezza funzionamenti strutturali riconoscibili, sia pure con leggero abuso di significato. Se però quei concetti oltre che costituire un riferimento sintetico al semplice rapporto tra grandezze statiche (le forze) e geometriche (le superfici), conservano l'originario significato postulato della meccanica del continuo, si tradisce la realtà dei

delle date più importanti o individuazione delle fasi costruttive e dei precedenti restauri. Queste notizie sono di estrema importanza anche meccanica perché pongono l'opera nel quadro della vasta azione sperimentale operata dall'ambiente. Ma in certo senso, l'uso meccanico che possiamo fare di queste notizie storiche è antistorico»

¹¹⁴ Le volte in muratura della Cattedrale di Sant'Angelo dei Lombardi non sono allora diverse dalla cupola in precompresso del laboratorio CNEN a Frascati perché, di là della tecnica che le sostanzia e dell'apparato matematico che ne consente il controllo, esiste per entrambe una verità essenziale delle cose, una 'logica immanente all'opera' più forte di qualunque tecnica e più potente di qualunque astrazione matematica.

¹¹⁵ Ad esempio, nella lettura costruttiva dei Sassi di Matera, l'assemblaggio di pietre che realizza i muri dei Sassi è interrogato con cura meticolosa; scelte costruttive che ad uno sguardo superficiale potrebbero sembrare insufficienti, denunciano semplicemente la ricerca della migliore configurazione strutturale conseguibile senza carenza, ama anche senza eccesso, di sicurezza; e il modello meccanico che ne scaturisce contempla addirittura la possibilità di un probabile difetto «... individuare la regola costruttiva e le sue varianti è il primo passo per costruire un modello meccanico: qui il modello meccanico riproduce in forma standard la regola che si ritiene di poter attribuire ai muratori di un tempo, compresa la loro più probabile negligenza» A. Giuffrè, Restaurare le case dei Sassi, in Leggendo il libro delle antiche architetture. Aspetti statici del restauro, saggi 1985-1997, a cura di C.F. Carocci e C. Tocci, Gangemi editore, 2010, p.127.

fenomeni. Per gli assemblaggi discreti di pietre che realizzano le case dei nostri centri storici un parametro che pretende di misurarla resistenza a trazione perde il significato fisico. Eppure sono questi i parametri che la normativa richiede per qualunque valutazione della sicurezza. La complessità delle tipologie murarie storiche viene così di fatto annullata riducendola al problema di assegnare a ciascuna di esse un opportuno insieme di parametri meccanici e, soprattutto, vengono del tutto trascurati i connotati strutturali dell'opera muraria, impropriamente assimilata a un qualunque materiale continuo. La strada indicata da Giuffrè richiede il ripensamento di categorie e concetti ormai consolidati e impone di affinare strumenti che ci consentano di leggere la realtà: la storia è uno di questi strumenti.

Laddove riesce difficile cogliere il significato delle cose per come si presentano, riferirsi ai modi della loro evoluzione può consentire di districare immediatamente le ragioni del loro essere. D'altra parte la realtà è storica e, dunque, non si dà modellazione al di fuori della storia: *«Ecco dove appare la storia. L'esperienza è storica; le caratteristiche degli edifici si precisano nella storia e si differenziano nelle diverse aree geografiche. Se quindi manca la tipologia delle strutture «meccanicamente controllate» non mancano altre tipologie unificanti, solo che bisogna andarle a cercare nella storia»*.¹¹⁶ La storia della costruzione possiede dunque un significato meccanico più stringente delle analisi strutturali e ad essa si deve dare lo stesso se non maggiore credito.

Se il modello meccanico è difficile, interroga la realtà con altri strumenti: tenta la strada di giudicare il comportamento strutturale delle murature storiche formulandone il problema nello stesso linguaggio con il quale sono state costruite. Questo linguaggio è la 'regola dell'arte'; ovvero quel complesso di prescrizioni e suggerimenti che definiscono la norma costruttiva posta a fondamento dell'antica arte del costruire. Conoscere come un muro, una volta, una copertura devono essere realizzati aiuta a riconoscere quando questi sono mal costruiti e tale riconoscimento si identifica con un giudizio di qualità meccanica che ha lo stesso valore dei risultati forniti in qualunque analisi numerica: *«la 'regola dell'arte' ha la stessa funzione generalizzante del moderno 'calcolo strutturale'; come il soddisfacimento delle verifiche di calcolo garantisce la sicurezza delle strutture moderne, così l'accordo con*

¹¹⁶ A. GIUFFRÈ: *Efficacia delle tecnologie storiche in area sismica*, in C.F. CAROCCI E C. TOCCI (a cura di), *Leggendo il libro delle antiche architetture. Aspetti statici del restauro, saggi 1985-1997*, Gangemi editore, 2010, pp.29-42.

la 'regola dell'arte' costituisce una base di sicurezza per l'architettura storica»¹¹⁷. La regola dell'arte è il contenuto di verità oggettivo che si può estrarre dalla realtà, oggettivo perché fondato sull'esperienza e, in quanto tale, più rigoroso di qualunque analisi meccanica. La regola dell'arte è metodo di analisi ma anche strumento di progetto. L'osservazione di ciò che manca o è carente suggerisce immediatamente ciò che occorre fornire o migliorare¹¹⁸.

Ma in questo discorso complesso bisogna essere estremamente attenti.

Una riduzione culturale del rapporto tra forma visibile e struttura riguarda l'esaltazione dei valori strutturali, statici, meccanici e costruttivi dell'architettura, a scapito di altri che pure, se non di più, la caratterizzano.

La proposta che ne consegue per l'intervento antisismico in tessuti storici è di recuperare quel codice ed applicarlo con proprietà sia per verificare che per rinforzare, anche in ragione del fatto che esso corrisponde, con eguale e forse maggiore rigore, al moderno calcolo numerico: «il difetto di un edificio che non rispetta la 'regola d'arte' si ripara riconducendolo ad essa», secondo un «criterio semplice, obiettivo, compatibile, filologico, conservativo». Giuffrè ritiene che nei casi in cui si scopre una tipologia intrinsecamente insufficiente è chiaro che questa non può essere conservata; essa va corretta apportando miglioramenti comunque coerenti con il linguaggio originale.¹¹⁹

Emergono considerazioni piene di sincera preoccupazione per la sorte dei monumenti, ma anche ricche di rischi che occorre evidenziare. C'è un evidente e involontaria assonanza con alcune famose espressioni di Viollet-le-Duc riguardo un'azione 'correttiva e migliorativa' dell'intervento di restauro. Sappiamo invece che «le 'trasgressioni' rinvenibili nella materia e nella forma del monumento accendono interrogativi sulle 'norme' che dovrebbero o potrebbero 'governarlo'» e che «le anomalie geometriche e costruttive sono segni di particolari fenomeni naturali o di atti volontari che hanno rotto oppure negato presunti equilibri», ma che costituiscono, a tutti gli effetti, singoli documenti storici»¹²⁰.

Il criterio 'strutturale' e 'lessicale' di cui si è appena detto è semplice, di certo è compatibile, ma sulla sua 'obiettività' si può nutrire qualche dubbio quando si consideri non solo l'aspetto tecnico ma storico-valutativo del giudizio circa la rispondenza o meno alla regola d'arte. In

¹¹⁷ A. GIUFFRÈ: *Efficacia delle tecnologie storiche in area sismica*, in *Leggendo il libro delle antiche architetture. Aspetti statici del restauro, saggi 1985-1997*, a cura di C.F. CAROCCIE C. TOCCI, Gangemi editore, 2010, p.29.

¹¹⁸ C. TOCCI, *Le radici antiche della scienza del costruire*, in *Leggendo il libro delle antiche architetture. Aspetti statici del restauro, saggi 1985-1997*, a cura di C.F. CAROCCIE C. TOCCI, Gangemi editore, 2010, p.3-10.

¹¹⁹ GIUFFRÈ A., 1990, pp. 132-134 Giuffrè 1993

¹²⁰ B.P.TORSELLO, *La materia del restauro. Tecniche e teorie analitiche*, Marisilio, Venezia, 1988, p.56.

effetti non è filologico né conservativo; presenta invece caratteri di astrattezza propriamente tipologica, perché non considera l'antico documento qual esso è, col suo fardello d'incertezze costruttive – tanto più storicamente significative, forse, quanto meno codificabili – ma lo generalizza; esprime un'esigenza innovativa e correttiva, anziché realmente conservativa. In altre parole, si intuisce la volontà di perpetuazione non dell'oggetto in sé, ma del suo modello, restituito in muratura. La regola d'arte così intesa, è quindi una variante, non formale ma tecnologica, dell'ottocentesca 'regola dello stile', fondata sui corrispondenti criteri analogico- classificatori e, come quella, ancor una volta rischia di spingere il restauro verso la pratica del ripristino¹²¹.

Appare calzante con quanto espresso un passo di Leon Battista Alberti riguardante i modi tradizionali e l'imitazione di chi ci ha preceduto: *«ciò non significa che noi dobbiamo attenerci strettamente ai loro schemi e accoglierli tali e quali nelle nostre opere, quasi fossero leggi inderogabili; bensì, avendo il loro insegnamento come punto di partenza, cercheremo di approntare soluzioni nuove e di conseguire così una gloria pari alla loro o, se possibile, anche maggiore»*¹²².

Le acquisizioni disciplinari, culturali e, in tempi recenti, anche legislative, avviate con le riflessioni di Roberto Di Stefano, le rivisitazioni storiche della scienza e tecnica delle costruzioni ad opera di Edoardo Benvenuto e Salvatore Di Pasquale, unito allo studio della meccanica delle murature ad opera di Antonino Giuffrè sono i capisaldi delle attuali tendenze e linee di ricerca. La storia degli eventi sismici nel nostro Paese e dei danni inferti al patrimonio ha fatto comprendere in questo secolo che i terremoti sono pericolosi, non tanto per l'eccezionalità dei danni prodotti, quanto per il numero e il tipo di interventi di riparazione e adeguamento antisismico che ad essi hanno fatto seguito in assenza di una adeguata filosofia dell'intervento e di norme corrette e diffuse fra gli operatori. È questo, in sintesi, il pensiero di Franco Braga, non un restauratore ma uno strutturista che afferma: *«si comprende allora come il primo passo da compiere per valutare il livello di sicurezza del monumento, nella accezione più vasta del termine che comprende anche i centri storici, sia quello di studiarne la storia individuando, attraverso questa, i comportamenti caratteristici. Non si opererà dunque per analogia, sulla base di un approccio di tipo statistico [...] come*

¹²¹ È interessante anche osservare come proprio l'attenta considerazione d'impieghi, fuori della buona 'regola d'arte', degli archi rampanti in ambiente gotico italiano – dall'abside del duomo di Orvieto al fianco di Santa Chiara in Assisi – abbia contribuito a una migliore comprensione del modo particolare in cui le influenze d'oltralpe erano recepite nell'Italia del Due-Trecento.

¹²² (Alberti, 1966 [1452], libro I, p.68)

si fa per gli edifici di nuova costruzione ... bensì, partendo dalla conoscenza della storia effettiva e dei danni e malfunzionamenti accusati ...».

Il pensiero di Braga mette in luce l'assoluta necessità di perseguire la costruzione d'efficaci rapporti fra discipline concorrenti alla difesa dei medesimi 'oggetti d'arte e di storia'. L'impegno richiesto da Braga è rivolto sia agli strutturisti che agli storici restauratori: è richiesta «unità lessicale» e capacità di quantizzare le proprie richieste senza interferire nei rispettivi ambiti disciplinari.

1.3 Legislazione italiana, Carte del Restauro e raccomandazioni: contenuti in evoluzione asincrona

Il continuo verificarsi di effetti devastanti in seguito al sisma è accompagnato dal costante tentativo di disciplinare scientificamente gli effetti del fenomeno sulle costruzioni. Un excursus delle sequenze di 'regole' codificate e modificate in seguito agli eventi sismici è utile per comprendere gli esiti del quadro legislativo del nostro Paese nei confronti della salvaguardia del patrimonio architettonico dal rischio sismico. L'evoluzione legislativa, nei momenti maggiormente significativi, si intreccia al dibattito tra i maggiori esponenti della cultura del restauro architettonico, in particolare nel corso degli anni '80; gli esiti di questo influenzeranno la stessa legislazione con risultati importanti per la conservazione dei monumenti e, più in generale, del patrimonio di architettura storica.

I primi regolamenti antisismici in Italia sono stati emanati tra la fine del XVIII secolo e gli inizi dell'Ottocento; essi furono elaborati per le ricostruzioni ex novo e, a partire dal 1859, dedicano un capitolo agli edifici esistenti. In generale, regolamenti prima, e vere normative poi, seguono il verificarsi di violenti terremoti¹²³.

L'imposizione prescrittiva della legislazione e la riflessione nelle carte del Restauro

Dopo il tragico terremoto di Messina e Reggio Calabria del 1908¹²⁴ il Ministero dei Lavori Pubblici del governo italiano nominò una commissione di geologi e ingegneri¹²⁵ con lo scopo

¹²³ I principali provvedimenti del XVIII e XIX secolo sono: 20 marzo 1784, Ministro del Governo Borbonico Acton con Reale Dispaccio, *Reali istruzioni per la Ricostruzione di Reggio*; 24 aprile 1860, *Regolamento pontificio per la città di Norcia*; *Regolamento edilizio per i Comuni dell'isola d'Ischia danneggiati dal tremuoto del 28 luglio 1883*; *Norme per la costruzione ed il restauro degli edifici nei comuni liguri danneggiati dal terremoto del 22 febbraio 1887*. Per approfondimenti sul tema dei provvedimenti legislativi post sisma antecedenti l'unità d'Italia Cfr. F. POLVERINO, *Ischia: architettura e terremoto*, CLEAN, Napoli, 1998; C. REALE, B. SCHEIBEL, F. VIGNOLI, L.D. DECANINI, L. SORRENTINO, *Il Regolamento Edilizio di Norcia del 1860: fra storia sismica e storia urbanistica*, in Atti del XI Congresso Nazionale *L'ingegneria sismica in Italia*, ANIDIS, Associazione Nazionale Italiana di Ingegneria Sismica, Genova, 25-29 Gennaio 2004; D. INDELICATO, *Valutazione e riduzione della vulnerabilità sismica degli aggregati edilizi nei centri storici. Il caso di Villa Sant'Angelo*, Tesi PhD, Università degli Studi di Catania, Dipartimento di Architettura e Urbanistica, Dottorato di ricerca in progetto e recupero architettonico urbano e ambientale, 2010; R. IENTILE, *Le Raccomandazioni e la riduzione del rischio nel patrimonio culturale*, in R. IENTILE M. NARETTO, *Patrimonio architettonico e rischio sismico. Un percorso tra conoscenza e obiettivi di conservazione*, Celid, Torino, luglio 2013, p.154.

¹²⁴ In seguito al terremoto del 1905 in Calabria fu emanata una relazione tecnica che è considerata il punto di partenza dell'evoluzione del quadro normativo poiché in essa sono presenti considerazioni sismologiche sulla direzione, sull'intensità e sulle modalità ondulatorie del sisma; sono svolte considerazioni sulla natura del vincolo tra terreno e struttura e, soprattutto, si propone per la prima volta l'utilizzo di strutture in cemento armato, ritenute le sole in grado di resistere alle azioni sismiche. Il testo del 1905 è preliminare all'approvazione delle norme tecniche del R.D. n. 511 del 16 settembre 1906; Cfr. L. FULCI, *Le leggi speciali italiane in conseguenza dei terremoti. Esposizione e commento*, Milano, 1916; A. PUGLIANO, *Il contributo formativo del terremoto nella cultura edilizia della città storica. La normativa antisismica premoderna*, Rassegna di architettura e urbanistica, Anno 26 n°80 – 81, maggio-dicembre 1993.

¹²⁵ La commissione, presieduta da Italo Maganzini, era composta dagli ingegneri Canevazzi, Ceradini, Panetti, Reyceud (incaricato di redigere la relazione).

di redigere una relazione che stabilisse modalità e luoghi della ricostruzione. La relazione Reycend, partendo dall'analisi del costruito, evidenzia la scarsa qualità dell'apparecchio murario composto da ciottoli di fiume, dalla mancanza di collegamenti tra le strutture di orizzontamento e di facciata, dall'assenza di presidi atti a contenere le spinte dei puntoni di copertura; rileva, invece, la buona risposta al sisma delle case baraccate ed intelaiate e di quelle con muratura di buona fattura. Dopo l'analisi dei danni rilevati, la relazione si concentra sulla descrizione delle tecniche di consolidamento e di ricostruzione da adottare. Innanzitutto vengono studiati gli elementi costruttivi dell'edificio, valutandone per ciascuno il comportamento strutturale e viene elaborata una distinzione precisa tra edifici a struttura ordinaria, edifici intelaiati, edifici baraccati e edifici ingabbiati¹²⁶. In genere, i primi tre tipi strutturali erano riferiti agli edifici di nuova costruzione, invece il sistema delle ingabbiature era indicato per le riparazioni. Di lì a poco, le innovazioni apportate dall'impiego del calcestruzzo armato avrebbero avuto forti ripercussioni anche nel campo del restauro architettonico. È proprio in occasione del terremoto calabro-messinese del 1908 che il 'nuovo' materiale ha l'occasione di diffondersi¹²⁷ attraverso una radicale azione di sostituzione dello schema statico originario con strutture intelaiate in calcestruzzo, una pratica che non risparmierà neppure gli edifici monumentali: il nuovo modello di riferimento è considerato strutturalmente sicuro perché supportato dal calcolo matematico¹²⁸.

In seguito alla relazione Reycend, la commissione delineò le Norme Tecniche per la ricostruzione e riparazione post terremoto del 1908¹²⁹ che imposero diversi limiti dimensionali e costruttivi per gli edifici nuovi¹³⁰. Per quanto riguarda le riparazioni, invece,

¹²⁶ Gli edifici a struttura ordinaria sono quelli con pareti in muratura portante e orizzontamenti semplicemente appoggiati; gli edifici intelaiati, invece, sono costituiti da una maglia di muri portanti interni ed esterni che definiscono le 'linee fondamentali' dell'edificio. Appartengono a questa seconda categoria gli edifici a struttura interamente in legno, ferro o cemento armato; ancora, gli edifici baraccati, sono quelli con intelaiatura immersa completamente o in parte nella muratura e, infine, gli edifici ingabbiati sono in muratura con sistemi di montanti in ferro, orizzontali e verticali, disposti agli angoli dei muri e collegati alle fondazioni

¹²⁷ L'uso del cemento armato si diffonde rapidamente per le caratteristiche di rapidità della messa in opera di questo, per il fatto di poter fare ricorso ad una manodopera non specializzata e, non ultimo, per le elevate prestazioni meccaniche e la convenienza economica.

¹²⁸ F. MARMO, *L'innovazione nel consolidamento. Indagini e verifiche per la conservazione del patrimonio architettonico*, Gangemi editore, Roma, gennaio 2007, p.19.

¹²⁹ Regio Decreto n.193 del 18 aprile 1909, portante *Norme tecniche ed igieniche obbligatorie per le riparazioni ricostruzioni e nuove costruzioni degli edifici pubblici e privati nei luoghi colpiti dal terremoto del 28 dicembre 1908 e da altri precedenti elencati nel R.D. 15 aprile 1909 e ne designa i Comuni*, Gazzetta Ufficiale n.95 del 22 aprile 1909.

¹³⁰ A titolo di esempio si fa notare che era prescritta un'altezza massima di 10 m; al più la realizzazione di due elevazioni fuori terra e un'altezza massima di interpiano pari a 5 m.; fu prescritto il divieto di realizzare volte murarie, scale a sbalzo o sostenute da volte, costruzioni in aggetto o sbalzo ad eccezione dei balconi e dei cornicioni sommitali. Per edifici a più piani si vietava la realizzazione di strutture a muratura ordinaria e si imponeva l'uso di sistemi intelaiati in calcestruzzo armato, legno, acciaio o muratura armata. Ancora, le travi dei solai dovevano essere uniche per tutta la lunghezza o, in caso contrario, collegate e poggiate nel muro per tutto lo spessore; le aperture dovevano essere poste a una distanza di 1,5 m dagli spigoli; erano vietate le

consentirono di conservare le volte esistenti se queste non risultavano lesionate e se si fosse provveduto all'eliminazione delle spinte orizzontali¹³¹. Inoltre, nei casi di consolidamento degli edifici con altezza superiore a un piano e non costruiti con la tecnica baraccata, si considerò indispensabile ingabbiare con catene e cinture in acciaio, cemento armato o legno. Le Norme Tecniche emanate con il RD n.193 del 1909 vengono poi riprese e ampliate dai successivi decreti del 1912¹³² e del 1913¹³³. Le raccomandazioni della commissione diventano norme obbligatorie per i comuni colpiti dal sisma; i concetti in esse espressi non sono altro che regole del buon costruire: l'altezza limitata delle fabbriche, il divieto d'impiego di strutture spingenti, l'uso di catene e cerchiature. Con il diffondersi di nuovi materiali e di nuovi schemi strutturali, l'intelaiatura in legno della 'casa baraccata' sarà sostituita da uno scheletro di travi e pilastri in calcestruzzo armato¹³⁴.

In sostanza, il Regio Decreto n.193 del 1909 costituisce il primo vero intervento normativo antisismico dello stato italiano, considerando che le esperienze di Norcia e Casamicciola si configurarono come 'regolamenti edilizi'; questo testo, insieme ai due aggiornamenti che fecero seguito¹³⁵, costituirono un primo testo unico per le costruzioni e ricostruzioni antisismiche. I successivi provvedimenti normativi ricalcano sostanzialmente i contenuti del decreto del 1909 e sono emanati comunque in condizioni di emergenza seguenti ad eventi calamitosi.¹³⁶ Dal 1920 ha inizio però una progressiva riduzione delle tendenze restrittive

sopraelevazioni e gli ampliamenti realizzati in maniera strutturalmente incongrua rispetto all'esistente e, infine, furono introdotti limiti pure nel rapporto tra larghezza delle strade ed altezza dei fabbricati.

¹³¹ In ogni caso, nelle ricostruzioni considerano necessario eliminare le scale in muratura da sostituire con scale in legno e ridurre l'altezza degli edifici demolendo le sopraelevazioni.

¹³² Regio Decreto n. 1080 del 6 settembre 1912, *Approvazione delle norme obbligatorie per le riparazioni, ricostruzioni e nuove costruzioni degli edifici nei comuni colpiti dal terremoto, in sostituzione di quelle approvate col R. D. 18 aprile 1909 n. 193*, Gazzetta ufficiale n. 247 del 19 ottobre 1912.

¹³³ Regio Decreto n.1261 del 12 ottobre 1913, da convertirsi in legge, che approva il *Testo Unico delle leggi emanate in conseguenza del terremoto del 28 dicembre 1908*, Gazzetta Ufficiale n.274 del 25 novembre 1913.

¹³⁴ In particolare, il Regio Decreto n. 1080 del 6 settembre 1912 è un aggiornamento che ricalca la normativa precedente introducendo la possibilità di costruire su terreni a pendio o su terrazzamenti artificiali ed introduce il concetto di isolamento tra gli edifici contigui; cioè, se gli edifici contigui non sono realizzati nello stesso momento e con le stesse strutture, queste devono essere contigue ma indipendenti. Il Regio Decreto n. 126 del 12 ottobre 1913 infine ingloba le precedenti norme; la soluzione tecnologica della struttura baraccata è considerata come la più idonea alla risposta al sisma e tutte le indicazioni fornite tendono a suggerirne l'applicazione. Per la prima volta, rispetto ai precedenti regolamenti, si valuta la necessità di coefficienti quantitativi che tengano conto dell'azione sismica nelle verifiche ma, soprattutto, si sottolinea l'introduzione dell'uso delle strutture in cemento armato anche per gli interventi sull'esistente e di ricostruzione.

¹³⁵ Il riferimento è sempre al Regio Decreto n. 1080 del 6 settembre 1912 e al Regio Decreto n. 126 del 12 ottobre 1913 di cui sopra.

¹³⁶ Il primo di questi fu il terremoto di Avezzano del 1915 che interessò un settore della catena appenninica fino ad allora caratterizzato da una sismicità poco significativa. Regio Decreto Legge n. 573 del 29 aprile 1915, *Norme tecniche ed igieniche da osservarsi per i lavori edilizi nelle località colpite dal terremoto del 13 gennaio 1915*, Gazzetta Ufficiale n.117 del 11 maggio 1915. Il Decreto è riferito alle zone colpite dal sisma, da Avezzano ad Aversa, Roma, Perugia, Chieti, Caserta, Ascoli, Campobasso.

imposte dal RD del 1909¹³⁷. Per la prima volta, con il R.D. Legge 13 marzo 1927 n. 431¹³⁸, si distinguono le norme da applicare nei paesi colpiti da terremoti in due categorie, in base al grado di sismicità e alla costituzione geologica¹³⁹. I sistemi costruttivi imposti per le nuove costruzioni sono esclusivamente quelli intelaiati in muratura armata, in legno o in acciaio e, soprattutto, si specifica il fatto che gli edifici adiacenti devono essere costruiti con gli stessi sistemi costruttivi, in un unico corpo oppure completamente indipendenti; ciò evidenzia, seppur in forma embrionale, l'importanza che si attribuisce alle interazioni tra edifici adiacenti in caso di sisma¹⁴⁰. Per gli interventi di riparazione, anche in questo nuovo testo normativo, è permesso conservare le strutture voltate purché non situate ai piani superiori di edifici molto alti e, comunque, con l'eliminazione delle spinte attraverso l'impiego di catene e cinture e, ancora, sono vietate le riparazioni di edifici con fondazioni insufficienti o lesionate.

Contemporaneamente all'evolversi del quadro normativo, in questa prima fase, si delineano le posizioni sul tema nelle Carte del Restauro. Carte e raccomandazioni costituiscono da sempre un riferimento fondamentale per la disciplina del restauro; in genere, le posizioni espresse sono la sintesi della riflessione disciplinare condotta in relazione ad uno specifico tema fino a quel momento storico. Parallelamente, dunque, all'evoluzione del quadro normativo, ancora molto lontano dalla presa di coscienza di un intervento consapevole nei confronti della preesistenza storica, le carte si esprimono su metodi e tecniche da utilizzare, nonché sulla definizione dei limiti di applicazione dell'intervento.

La carta di Atene del 1931 rappresenta l'espressione teorica, sostanzialmente completa, della posizione del restauro filologico che impone l'esigenza di mantenere la sostanziale autenticità dell'opera, sia pure nell'ambito di ciò che la cultura storica e storiografica del momento definiva di interesse storico-artistico. Si precisa che, prima di ogni opera di

¹³⁷ Già con il R.D. n.665 del 9 maggio 1920 seguente il terremoto di Avezzano e, ancor più con il Regio Decreto n. 2089 del Legge 23 ottobre 1924, *Norme tecniche ed igieniche di edilizia per le località colpite dal terremoto*, Gazzetta Ufficiale n.303 del 30 dicembre 1924, aggiornato dal Regio Decreto Legge 3 aprile 1926 n. 705, modificazioni alle norme tecniche ed igieniche di edilizia obbligatorie per le località colpite da terremoti, Gazzetta Ufficiale n.102 del 3 maggio 1926.

¹³⁸ Regio Decreto Legge n. 431 del 13 marzo 1927, *Norme tecniche ed igieniche di edilizia per le località colpite dai terremoti*, Gazzetta Ufficiale n.82 del 8 aprile 1927.

¹³⁹ Per le nuove costruzioni il decreto riprende i decreti precedenti. Per le fondazioni e le tipologie di muratura non si fa distinzione tra prima e seconda categoria, specificando solo che esse devono essere realizzate a regola d'arte con buoni materiali e vietando la muratura a sacco.

¹⁴⁰ La prima categoria è riferita ad un livello di pericolosità maggiore rispetto alla seconda, e presenta dunque più limitazioni. Per gli edifici in muratura ordinaria ad un solo piano sono definiti precisi parametri per il dimensionamento dei muri perimetrali e trasversali, riprendendoli dal decreto del 1924, in particolare mantenendo la distanza tra i muri di controvento a 7 metri e dando la possibilità di introdurre pilastri in cemento armato nel caso in cui questa luce fosse maggiore.

consolidamento, si deve compiere «una indagine scrupolosa delle malattie a cui occorre portare rimedio» (IV). Inoltre si afferma che ogni intervento strutturale può essere progettato prevedendo «l'impiego giudizioso di tutte le risorse della tecnica moderna» (V) avendo cura di escludere ogni carattere d'invasività¹⁴¹. L'intervento moderno può essere ammesso ma non deve palesarsi, ovvero non deve disturbare un insieme che si 'realizza' nell'immagine; in altre parole, il nuovo non può manifestarsi come una architettura con una propria definizione¹⁴². Nello stesso anno la Carta italiana del Restauro, con l'importante contributo di Gustavo Giovannoni, ricalca i concetti espressi dalla Carta di Atene¹⁴³. Due diversi atteggiamenti accomunano entrambi i documenti: il primo, presuppone che il campo del restauro deve essere aperto ai contributi delle scienze fisiche e dei moderni mezzi costruttivi, primo fra tutti il cemento nelle sue varie applicazioni; il secondo, oggi non più accettabile, presuppone che i moderni mezzi vengano «dissimulati» o che, almeno, si configurino secondo caratteri di «nuda semplicità e di rispondenza allo schema costruttivo». Oggi, nel restauro, l'adozione dei 'moderni mezzi costruttivi' non può essere disgiunta dall'accoglimento dei 'moderni mezzi espressivi', ovvero del moderno linguaggio architettonico. L'intervento moderno deve confrontarsi con l'insieme piuttosto che pretendere la 'neutralità': la qualità dell'intervento dipenderà essenzialmente dalle capacità progettuali del restauratore e dalla sua competenza storico – critica, che da sola potrà guidare l'intervento garantendo l'assoluto rispetto dell'opera restaurata. Siamo in un momento

¹⁴¹ «questi mezzi di rinforzo debbano essere dissimulati per non alterare l'aspetto e il carattere dell'edificio da restaurare; e ne raccomandano l'impiego specialmente nei casi in cui essi permettono di conservare gli elementi in situ evitando i rischi della disfittura e della ricostruzione», (V) Carta di Atene, 1931.

¹⁴² A. BELLINI, *L'intervento strutturale nel restauro come stratificazione di "rilevante interesse storico"*, in atti del convegno Restauro e consolidamento dei beni architettonici e ambientali. Problematiche attuali, Napoli, 31 marzo -1 aprile 2003, a cura di A. AVETA, S. CASIELLO, F. LA REGINA, R. PICONE, Mancosu Editore, Roma 2005, pp.13-14. Bellini precisa che «Possiamo in effetti collegare in qualche modo questo atteggiamento con quello assunto nei confronti della stratificazione: essa può permanere quando sia documento di rilevanza storico-artistica; non è opportuno che permanga, o è prescritto che debba essere soppressa, quando risponda ad esigenze di carattere pratico ed utilitario che siano in seguito venute meno o possano essere diversamente soddisfatte»; in sostanza, «l'intervento di consolidamento è considerato privo di valore se non rappresenta la proiezione di un pensiero sul monumento, una nuova utilizzazione re-interpretativa, ma sia semplicemente un fatto privo di contenuti spirituali, determinato da motivi utilitari, per ottenere un risultato immediato in una situazione di carenza che sia possibile superare; quindi, in molti casi, si è esemplificato con l'inserimento di strutture in cemento armato all'interno delle murature».

¹⁴³ In particolare è opportuno soffermarsi al punto 9 della Carta Italiana del Restauro: «allo scopo di rinforzare la compagine stanca di un monumento [...] tutti i mezzi costruttivi modernissimi possano recare ausili preziosi [...] e che del pari, i sussidi sperimentali delle vane scienze debbano essere chiamati a contributo per tutti gli altri temi [...] di conservazione delle strutture fatiscenti, nei quali ormai i procedimenti empirici debbono cedere il campo a quelli rigidamente scientifici». Ai precedenti punti 7 ed 8, inoltre, aveva precisato «che nelle aggiunte che si dimostrassero necessarie [...] il criterio essenziale da seguirsi debba essere, oltre a quello di limitare tali elementi nuovi al minimo possibile, anche quello di dare ad essi un carattere di nuda semplicità e di rispondenza allo schema costruttivo» e «che in ogni caso debbano siffatte aggiunte essere accuratamente ed evidentemente designate o con l'impiego di materiale diverso dal primitivo, o con l'adozione di cornici d'involuppo, semplici e prive di intagli, o con l'applicazione di sigle o di epigrafi, per modo che mai il restauro possa trarre in inganno gli studiosi e rappresentare una falsificazione di un documento storico».

storico che ancora non ha acquisito consapevolezza del fatto che il monumento è, da un lato, frutto di esperienze storiche e artistiche e, dall'altro, il risultato di regole, canoni e tecniche specifiche di quel momento storico; ragion per cui, pietre, mattoni e organismi strutturali che gli consentono di esistere, hanno essi stessi valore storico e artistico. Di conseguenza, qualsiasi intervento mirante a trasferire le funzioni statiche dal monumento a una struttura nuova ivi inserita ad arte, alla luce delle raccomandazioni contro il pericolo di falsi, non avrebbe dovuto essere ammesso¹⁴⁴.

Tornando all'evoluzione del quadro legislativo¹⁴⁵, nel 1937, il R.D. Legge n. 2105 del 22 novembre¹⁴⁶, nella parte terza – dedicata alle riparazioni – l'art.39 è dedicato agli edifici di speciale importanza artistica¹⁴⁷ per i quali è prescritto l'obbligo di sottoporre i progetti dei lavori da eseguire alla competente Soprintendenza, al fine di ottenerne la preventiva approvazione. Non si ritrovano dunque, fino alla normativa del 1937, riferimenti specifici per gli edifici monumentali; si evidenzia, piuttosto, l'intenzione del legislatore di difendere l'edificio monumentale da eventuali manomissioni al fine di conservarne inalterate le linee architettoniche e, in generale, i valori artistici. Piuttosto, all'art.35, sono stabiliti i criteri generali per le riparazioni «[...] dirett[e] a conseguire condizioni di stabilità migliori di quelle preesistenti al terremoto [...]» con disposizioni di carattere costruttivo per gli interventi in fondazione, su volte, murature lesionate, scale a sbalzo, tetti, balconi¹⁴⁸, senza

¹⁴⁴ S. DI PASQUALE, *L'arte del costruire tra conoscenza e scienza*, Marsilio, marzo 1996, edizione consultata novembre 2003, pp.469-470.

¹⁴⁵ Segue il Regio Decreto Legge n. 640 del 25 marzo 1935, *Nuovo testo delle norme tecniche di edilizia con speciali prescrizioni per le località colpite dai terremoti*, Gazzetta ufficiale n.120 del 22 maggio 1935 si caratterizza per la stessa impostazione degli strumenti precedenti, con alcune novità di tipo tecnico – operativo. In particolare, amplia le zone considerate sismiche e detta le regole per l'esecuzione a regola d'arte dei muri senza l'utilizzo di ciottoli di fiume se non opportunamente spezzati, con ricorsi costati di mattoni o di cemento; vieta le coperture spingenti e le volte ai piani superiori il primo; diventano obbligatori i telai in cemento armato a ogni piano e al di sopra del livello di gronda su tutti i muri perimetrali e interni dello spessore di almeno 20 cm. Vengono introdotte le scale a sbalzo in cemento armato mentre continuano ad essere vietate quelle in muratura, segno della progressiva fiducia nella resistenza del sempre più diffuso sistema costruttivo. Per le ricostruzioni e le riparazioni non ci si discosta dai regolamenti precedenti, fornendo ancora delle indicazioni legate al buon costruire e all'attenzione ai terreni su cui edificare, obbligando ad ottenere condizioni di sicurezza migliori di quelle precedenti il sisma.

¹⁴⁶ Regio Decreto Legge n.2105 del 22 novembre 1937, *Norme tecniche di edilizia con speciali prescrizioni per le località colpite dai terremoti*, Gazzetta ufficiale n. 298 del 27-12-1937

¹⁴⁷ R.D. Legge n. 2105 del 22 novembre 1937, art. 39: «Per l'esecuzione di qualsiasi lavoro in edifici o manufatti di carattere monumentale o aventi comunque interesse archeologico, storico o artistico, siano essi pubblici o di privata proprietà, restano ferme le disposizioni stabilite dalla legge 20.06.1909 n. 364 e successive». Le disposizioni richiamate sono: Legge n.364 del 20 giugno 1909, G.U. 28 giugno 1909, n.150; Modifiche e integrazioni ai sensi dei seguenti provvedimenti: L. 23 giugno 1912, n.688 (G.U. 8 luglio 1912, n.160) R.D.L. 24 novembre 1927, n.2461 (G.U. 7 gennaio 1928, n. 5), convertito nella L. 31 maggio 1928, n.1240 (G.U. 18 giugno 1928, n. 141)

¹⁴⁸ RD n.2105 del 22 novembre 1937, art.36: «le disposizioni del presente articolo possono applicarsi soltanto a quegli stabili che richiedano riparazioni organiche ai sensi del precedente art. 35. Spetta agli uffici del genio civile competente stabilire caso per caso i criteri tecnici da seguire nelle riparazioni, tenute presenti le

fornire alcuna indicazione in ordine a calcoli di verifica statica¹⁴⁹.

Dopo un periodo di stasi legislativa dovuto allo scoppio della seconda guerra mondiale, una nuova legge con riferimento alle zone sismiche è emanata nel 1962. Si tratta della Legge n. 1684 del 25 novembre 1962¹⁵⁰, in cui il tema dei lavori di riparazione degli edifici di speciale importanza artistica¹⁵¹ viene trattato ribadendo il concetto della necessità di tutelare monumenti ed opere d'arte¹⁵²; in particolare, l'art.22, con riferimento agli interventi di riparazione per edifici in muratura, elenca una serie di criteri tecnici di carattere esecutivo riguardanti fondazioni, volte, murature lesionate, scale, ecc., che sono integralmente ripresi dalla vecchia legge; anche qui non è presente alcun riferimento a calcoli di verifica¹⁵³.

condizioni generali dei fabbricati e specialmente nei riguardi delle strutture portanti di essi e del loro organismo generale. comunque debbono essere osservate le seguenti disposizioni: 1/a) le fondazioni lesionate o insufficienti debbono essere riparate o rinforzate; quando ciò non sia possibile è vietata la riparazione dei fabbricati; 2/a) le volte esistenti debbono di regola essere demolite; tuttavia possono essere tollerate a condizione espressa che non siano lesionate e non siano impostate su muri che, pur non dovendo essere demoliti, presentino lesioni tali da non potersene garantire, a giudizio del genio civile, la stabilità anche dopo eseguiti i rafforzamenti e le riparazioni di cui alle seguenti prescrizioni, e purché sia provveduto ad eliminare le spinte coll'apposizione di robuste cinture, chiavi e tiranti. in ogni caso però debbono sostituirsi con strutture non spingenti le volte in sommità degli edifici a più piani; 3/a) le murature lesionate, che presentino strapiombo o si manifestino eseguite non a regola d'arte, nonché quelle in cui si nota fessuramento diffuso, debbono essere demolite; 4/a) quelle che non presentino i caratteri anzidetti debbono essere riparate, riprendendone la costruzione per ciascuna lesione con muratura da farsi esclusivamente con malta cementizia fino ad immersarsi, con profondi attacchi, con la parte sana; 5/a) è vietato l'impiego di archi in muratura per puntellamento e collegamento di muri; 6/a) gli edifici lesionati e non costruiti col sistema intelaiato o baraccato, previamente ridotti in altezza, ove le loro condizioni statiche lo richiedano, debbono essere rafforzati da collegamenti verticali di ferro o di cemento armato, correnti dalle fondazioni alla sommità, e rilegati da cintura, parimenti di ferro o di cemento armato, al piano della risega di fondazione ed a quelli dei solai e della gronda, in modo da formare una intelaiatura esterna. i detti collegamenti debbono essere collocati almeno in corrispondenza di tutti gli spigoli dell'edificio ed a distanza possibilmente non maggiore di m. 5 l'uno dall'altro; 7/a) le scale in muratura ed a sbalzo debbono essere sostituite con scale di ferro o di cemento armato, o sopra intelaiatura, salvo il caso in cui i gradini poggiano su due muri; 8/a) i tetti debbono essere resi non spingenti; 9/a) gli attici, le cornici, i balconi e le strutture sovrastanti ai piani di gronda, debbono essere ridotti in conformità degli articoli 16 e 27 e le condutture di cui all'art. 29 debbono essere disposte in modo da non intaccare le murature, anzi da permetterne la integrazione».

¹⁴⁹ Né d'altronde indicazioni in tal senso vengono fornite dagli articoli precedenti in materia di nuove costruzioni. L. ADRIANI, Atti del seminario sul tema «Attuazione delle norme di legge per il restauro statico in zona sismica di edifici in muratura» Scuola di Perfezionamento in Restauro dei Monumenti, Università di Napoli, 10 novembre 1983, in «Restauro» 71-72/84, Edizioni Scientifiche Italiane, Napoli, pp.23-33.

¹⁵⁰ Legge n.1684 del 25 novembre 1962, *Provvedimenti per l'edilizia, con particolari prescrizioni per le zone sismiche*, G. U. n. 326 del 22 dicembre 1962.

¹⁵¹ Capo III – Riparazioni – art. 24

¹⁵² L'articolo citato rinvia alle disposizioni contenute nelle leggi del 1.6.1939 n. 1089 e 29.6.1939 n. 1497, sostitutive delle vecchie leggi in materia, citate dalla normativa sismica del 1937.

¹⁵³ Art. 22 c.6 della Legge n.1684 del 25 novembre 1962: «*Gli edifici realizzati col sistema intelaiato o baraccato lesionati vanno ridotti in altezza, ove le loro condizioni statiche lo richiedono, e debbono essere rafforzati da collegamenti verticali di ferro o di cemento armato, correnti dalle fondazioni alla sommità, e rilegati da cinture, parimenti di ferro o di cemento armato, al piano della risega di fondazione ed a quelli dei solai e della gronda in modo da formare una intelaiatura esterna. Detti collegamenti debbono essere ubicati in corrispondenza di tutti gli spigoli dell'edificio e degli innesti dei muri portanti interni trasversali o di spina e, comunque, a distanza non maggiore di metri 6 l'uno dall'altro*»; Cfr L. ADRIANI, Atti del seminario sul tema «Attuazione delle norme di legge per il restauro statico in zona sismica di edifici in muratura» Scuola di

Il periodo successivo la seconda guerra mondiale è un momento ricco di fermenti culturali: nel 1962 Brandi pubblica la sua Teoria del Restauro; il 1964 è l'anno di redazione della carta di Venezia; del 1966 è la successiva carta di Gubbio e la fondazione dell'ANCSA, l'Associazione Nazionale dei Centri Storici Artistici. Cominciano a sorgere alcune perplessità sull'efficacia degli interventi in cemento armato; in particolare, la carta di Venezia, pur continuando a consentire l'uso del cemento armato nel consolidamento dei monumenti, mette in evidenza l'importanza di una sperimentazione preventiva e invita a riconsiderare le tecniche tradizionali d'intervento¹⁵⁴. Se il progetto di restauro architettonico è il mezzo per raggiungere il fine della Conservazione, vuol dire che questo deve essere guidato dalla riflessione teorica e cioè dai principi su cui fonda la disciplina del Restauro dei Monumenti; questi principi fanno appello al contributo di *«tutte le scienze e di tutte le tecniche»* (art.2) ma, nel contempo, fissano il limite dell'impiego dei 'moderni mezzi' nell'efficienza di questi dimostrata da dati scientifici e garantita dall'esperienza. Altro limite nasce dal principio per il quale un qualsiasi intervento sul monumento, quindi anche statico-strutturale, *«... non deve alterare la distribuzione e l'aspetto dell'edificio...»* (art.5). Il nascondere le nuove strutture di consolidamento all'interno di quelle originarie non può considerarsi operazione legittima in quanto il restauro deve mirare *«...a salvaguardare tanto l'opera d'arte che la testimonianza storica...»* (Art.3) *«e si fonda sul rispetto della sostanza antica e delle documentazioni autentiche ...»* (art.9); il progetto di consolidamento, dunque, deve assicurare che *«... il restauro non falsifichi il monumento e risultino rispettate sia l'istanza estetica che quella storica ...»*¹⁵⁵(art. 12). Tali rigorosi principi si riferiscono agli edifici antichi che rispondono alla nozione di 'monumento', formulata dal giudizio storico-critico e che, dunque, sono oggetto di conservazione e di restauro. È ad essi, appunto, che si riferisce l'opera del restauratore che deve saper distinguere quelle cose *«... che con il tempo, abbiano acquisito un significato culturale...»* e che, essendo da conservare, sono oggetto di

Perfezionamento in Restauro dei Monumenti, Università di Napoli, 10 Novembre 1983, in «Restauro», nn.71-72/84, Edizioni Scientifiche Italiane, Napoli, pp.23-33.

¹⁵⁴ S. LAGOMARSINO, *Linee guida per la protezione del patrimonio culturale dal rischio sismico*, in (a cura di) A. CENTRONI, atti del Convegno ARCo, *Quale sicurezza per il patrimonio architettonico?*, Mantova, Palazzo Ducale, 30 nov. – 2 dic. 2006, Nuova Argos, 2006, p.73.

¹⁵⁵ La carta di Venezia pur affermando l'esigenza di evitare, attraverso la manutenzione più scrupolosa, di giungere al restauro, che è sempre da considerare un'operazione a carattere eccezionale, ammette il lavoro di completamento 'per ragioni estetiche e tecniche' e in tal caso, l'intervento sarà di tipo 'sostitutivo' o 'integrativo'. L'intervento sostitutivo, dovrà recare il segno della propria epoca e *«gli elementi destinati a sostituire le parti mancanti devono integrarsi armonicamente nell'insieme, distinguendosi tuttavia, dalle parti originali, affinché il restauro non falsifichi il documento d'arte e di storia»* (art.12). Invece, l'intervento 'integrativo' deve fondare, da un lato, sul rispetto della 'sostanza antica' e, dall'altro, deve assicurare la stabilità dell'edificio.

‘restauro’, da quelle che tale significato non hanno e sono oggetto di ‘consolidamento’¹⁵⁶.

La conoscenza del comportamento sismico delle strutture in muratura è in questo momento storico ancora molto modesta¹⁵⁷. La precarietà delle conoscenze sulle caratteristiche meccaniche delle strutture murarie si rispecchia nelle norme di legge antisismiche¹⁵⁸. La L.64/74 ha cura di destinare un posto di rilievo alla riparazione degli edifici di speciale importanza artistica, rimandando alle «*disposizioni vigenti in materia*»¹⁵⁹. In particolare, l'art.16, dedicato alle riparazioni degli edifici in genere, stabilisce che gli interventi «*debbono tendere a conseguire un maggior grado di sicurezza alle azioni sismiche*», rimandando per i criteri da seguire alle norme tecniche. Tali norme sono quelle contenute nel D.M. 3.3.1975, in cui le indicazioni relative alle *Riparazioni degli edifici in muratura*¹⁶⁰, riguardano, al solito, i caratteri costruttivi dei diversi elementi dell'architettura e, inoltre, ancora, non viene richiesta alcuna verifica sismica¹⁶¹.

La legislazione italiana sul finire degli anni '70 è ancora lontana dall'affrontare con la necessaria chiarezza il problema dell'intervento strutturale nei confronti dell'edilizia storica: «*piuttosto che la limpida precisione che caratterizza le prescrizioni per le nuove costruzioni si deve riscontrare la concreta inapplicabilità delle norme che riguardano il patrimonio architettonico dei centri storici*»¹⁶².

¹⁵⁶ R. DI STEFANO, *Il consolidamento strutturale nel restauro architettonico*, edizioni scientifiche italiane, Napoli 1980, pp.2-14.

¹⁵⁷ Lo studio delle strutture in muratura è stato per molti anni trascurato in favore delle ricerche sull'acciaio e sul calcestruzzo armato. Dopo gli studi di C. A. Coulomb (1773) e quelli di Méry (1840) è trascorso un secolo prima che fossero riprese le ricerche sul comportamento delle strutture in muratura: è del 1952 il calcolo a rottura degli archi e soltanto negli anni Settanta si registrano gli interessanti studi di Heymann sull'equilibrio dei corpi rigidi; Cfr. A. AVETA, *Il 'millantato credito' nel restauro tecnico*, in (a cura di) G. SPAGNESI, *Esperienze di Storia dell'architettura e di restauro*, Istituto della Enciclopedia Italiana, 1987, p.256.

¹⁵⁸ Legge n. 64 del 2 febbraio 1974, *Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche*, G.U. del 21 marzo 1974, n. 76.

D.M. 3 marzo 1975, *Approvazione delle norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche*, Suppl.ordinario G.U. 8 aprile 1975, n.93.

¹⁵⁹ Le disposizioni erano contenute all'art. 16; queste, alla data del 1974, erano quelle contenute nella normativa tecnica n.1684 del 25.11.1962.

¹⁶⁰ D.M. 3 marzo 1975, *Approvazione delle norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche*, Suppl.ordinario G.U. 8 aprile 1975, n.93, C9-Riparazione degli edifici in muratura.

¹⁶¹ Parimenti nessuna verifica sismica è richiesta per gli edifici in muratura di nuova costruzione (punto C.5.) ai quali, in attesa di norme specifiche da emanare a cura del Ministero dei Lavori Pubblici e del resto già preannunciate all'art. 1 sub a) della legge-quadro 2.3.74 n.64, si fa obbligo di soddisfare determinati requisiti costruttivi che vengono puntualmente elencati e che riguardano tanto le strutture di fondazione quanto quelle in elevazione. Vedi pure L. ADRIANI, *Atti del seminario sul tema «Attuazione delle norme di legge per il restauro statico in zona sismica di edifici in muratura»*, Scuola di Perfezionamento in Restauro dei Monumenti, Università di Napoli, 10 Novembre 1983, in «*Restauro*» 71-72/84, Edizioni Scientifiche Italiane, Napoli, pp.23-33.

¹⁶² A. AVETA, *Il 'millantato credito' nel restauro tecnico*, in (a cura di) G. SPAGNESI, *Esperienze di Storia dell'architettura e di restauro*, Istituto della Enciclopedia Italiana, 1987, p. 258.

Intanto, due anni prima all'emanazione della L.64/74, la Carta del Restauro del 1972, enuncia le perplessità su l'uso del ferro negli interventi di rafforzamento per il difetto dell'ossidazione e, dunque, raccomanda la sostituzione di questo con l'acciaio inossidabile che le moderne tecnologie mettevano ormai a disposizione¹⁶³; più in generale si ribadisce quanto già espresso nelle carte precedenti rispetto l'efficienza dei mezzi dimostrata da dati scientifici o garantita dall'esperienza e si sottolinea che l'«*esigenza fondamentale del restauro è quella di rispettare e salvaguardare l'autenticità degli elementi costitutivi. Questo principio deve sempre guidare e condizionare le scelte operative [...]*»¹⁶⁴. La Carta del '72 enuncia sia alcuni principi generali utili ad indirizzare gli interventi che specifiche operazioni da compiere¹⁶⁵. Nella Carta del Patrimonio Architettonico del 1975, tra i pericoli che minacciano il patrimonio che «*costituisce un capitale spirituale, culturale, economico e sociale di valore insostituibile*» si annovera il cattivo uso della tecnica: «*La tecnologia contemporanea male applicata degrada le strutture antiche*» (art.6). Nella dichiarazione di Amsterdam, all'art.6, è ribadito che «*Le tecniche specializzate messe a punto in occasione del restauro degli insiemi storici importanti, dovrebbero ormai essere impiegate per la vasta gamma di costruzioni ed insiemi che presentano un interesse artistico minore [...]. I materiali e le tecniche dovrebbero essere usati solo dopo avere ottenuto l'accordo di istituzioni scientifiche neutrali*». Il concetto di un uso appropriato delle moderne tecnologie al fine di uno sviluppo sostenibile delle scelte progettuali, è un tema fondamentale anche della Carta di Machu Picchu del 1978 in cui si sottolinea che «*la tecnologia è un mezzo e non un fine*» e «*va applicata per realizzare le sue potenzialità in seguito a un serio lavoro di ricerca sperimentale*».¹⁶⁶

¹⁶³ «*Quando si notano pietre spaccate da grappe e perni di ferro che con l'umidità si gonfiano, conviene smontare la parte offesa e sostituire il ferro col bronzo o con il rame; o meglio, con acciaio inossidabile, che presenta il vantaggio di non macchiare le pietre*».

¹⁶⁴ Allegato b della Carta del Restauro del 1972.

¹⁶⁵ «*Per esempio, nel caso di murature fuori piombo, [...], va preliminarmente esaminata e tentata la possibilità di raddrizzamento senza sostituire le murature originarie. Così la sostituzione delle pietre corrose potrà avvenire soltanto per comprovate gravissime esigenze. Le sostituzioni e le eventuali integrazioni di paramenti murari, ove necessario e sempre nei limiti più ristretti, dovranno essere sempre distinguibili dagli elementi originari, differenziando i materiali o le superfici di nuovo impiego; [...]*».

¹⁶⁶ «*La Carta di Atene si riferisce solo tangenzialmente al processo tecnologico, allo scopo di discutere l'impatto dell'attività industriale sulla città. Negli ultimi 45 anni, il mondo ha sperimentato un avanzamento tecnologico senza precedenti, che ha inciso sugli orientamenti e sulla pratica dell'architettura e dell'urbanistica. La tecnologia si è sviluppata in parecchie regioni del mondo e la sua diffusione ed efficiente applicazione sono un problema fondamentale della nostra epoca. [...] Il cattivo uso di queste possibilità porta spesso ad adottare materiali, tecniche e forme dettati dalla moda o da un'intellettualistica inclinazione alla complessità. [...] Dovrebbe essere chiaramente inteso che la tecnologia è un mezzo e non un fine. Va applicata per realizzare le sue potenzialità in seguito a un serio lavoro di ricerca sperimentale, compito che i governi dovrebbero prendere in considerazione. La difficoltà di usare processi altamente meccanizzati o materiali industrializzati deve implicare non una mancanza di rigore tecnico o di giusta risposta architettonica al problema da risolvere, ma una disciplina più approfondita nel pianificare le soluzioni realizzabili con i mezzi*

Il concetto di miglioramento sismico

A seguito degli eventi sismici che colpirono il Friuli (1976) e l'Irpinia (1980)¹⁶⁷, si registra un interesse crescente verso lo studio delle strutture in muratura; il patrimonio tutelato e il costruito storico in genere¹⁶⁸ subiscono gravissimi danni e l'esigenza di sicurezza per la salvaguardia della vita umana, ma anche per la stessa conservazione degli edifici, torna ad essere un tema di scottante attualità¹⁶⁹.

In particolare, dopo il terremoto del Friuli del 1976 il Progetto finalizzato geodinamica del Cnr si pose l'obiettivo di individuare metodi di rafforzamento strutturale dell'edilizia tradizionale in muratura, fondati su operazioni semplici, poco costose e generalizzabili, alternative alla ricostruzione. Non si giunse a proporre soluzioni nuove, ma si verificò l'efficacia di quelle note in svariate circostanze e nelle loro possibili combinazioni. Amedeo Bellini¹⁷⁰ sottolinea l'importanza della ricerca di queste metodologie facilmente replicabili e adattabili in situazioni di emergenza, che consentono all'operatore, che abbia acquisito una conoscenza puntuale della costruzione e dei suoi difetti, di adattare in rapporto alla situazione particolare, con procedimenti che siano all'interno delle possibilità progettuali ed esecutive più diffuse.

Il tragico evento del terremoto dell'Irpinia concentra l'attenzione sugli interventi necessari da effettuare in situazioni di emergenza. Gli interventi post sisma furono regolati dal D.M. n. 593 del 1981¹⁷¹ che, sulla base dei diversi livelli di danneggiamento e delle possibilità di intervento, distingueva gli interventi di 'riparazione' da quelli di 'adeguamento antisismico'. Per intervento di riparazione si definì «l'esecuzione di un complesso di opere finalizzate a

disponibili. La tecnologia costruttiva deve studiare la possibilità di riciclare i materiali al fine di trasformare gli elementi edilizi in risorse utili al rinnovo urbano».

¹⁶⁷ Il terremoto colpì alle 19:34 di domenica 23 novembre 1980 con una scossa di magnitudo 6,9 scala Richter, della durata di circa 90 secondi con epicentro nel comune di Conza della Campania (AV). Causò circa 280.000 sfollati, 8.850 feriti e 2.735 morti e i comuni più colpiti furono Sant'Angelo dei Lombardi, Lioni, Torella dei Lombardi, Conza della Campania e Teora, tutti in provincia di Avellino.

¹⁶⁸ Per approfondimenti Cfr. pure F. BRANCALEONI, A. PARDUCCI, *Edifici monumentali e centri storici*, in «L'industria italiana del cemento», n.7-8, luglio agosto 1976, fascicolo monografico sul terremoto del Friuli, pp.549-558; MINISTERO PER I BENI CULTURALI E AMBIENTALI, *Dopo la polvere. Rilevazione degli interventi di recupero (1985-1989) del patrimonio artistico - monumentale danneggiato dal terremoto del 1980-1981*, Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato, Roma, 1994.

¹⁶⁹ S. LAGOMARSINO, *Linee guida per la protezione del patrimonio culturale dal rischio sismico*, in (a cura di) A. CENTRONI, atti del Convegno ARCo, *Quale sicurezza per il patrimonio architettonico?*, Mantova, Palazzo Ducale, 30 nov. - 2 dic. 2006, Nuova rgos, 2006, p.73.

¹⁷⁰ A. BELLINI, *L'intervento strutturale nel restauro come stratificazione di 'rilevante interesse storico'*, in atti del convegno *Restauro consolidamento dei beni architettonici e ambientali. Problematiche attuali*, Napoli, 31 marzo -1 aprile 2003, a cura di A. AVETA, S. CASIELLO, F. LA REGINA, R. PICONE, Mancosu Editore, Roma 2005, pp.13-18.

¹⁷¹ Decreto Ministeriale n.593 del 2 luglio 1981, *Normativa per le riparazioni ed il rafforzamento degli edifici danneggiati dal sisma nelle Regioni Basilicata, Campania e Puglia*, G.U. Suppl. Ordinario 21/7/1981, n.198.

ripristinare l'integrità di ogni parte di un edificio. L'intervento [...], deve tendere a conseguire un maggior grado di sicurezza dell'edificio nei confronti delle azioni sismiche»¹⁷²; invece, l'intervento di adeguamento antisismico era il risultato della «esecuzione di un complesso di opere che rendano l'edificio atto a resistere alle azioni sismiche [...]»¹⁷³. Per conseguire l'obiettivo dell' adeguamento sismico era obbligatorio eseguire una serie di interventi di consolidamento che permettessero alla costruzione esistente di possedere lo stesso livello di sicurezza sismica previsto per gli edifici di nuova costruzione. Questa prescrizione diede nuova forza a una visione puramente meccanica del progetto di consolidamento in quanto il raggiungimento di un prefissato livello di sicurezza presupponeva l'effettuazione di calcoli e verifiche. La normativa imponeva di analizzare le costruzioni esistenti in muratura con modelli in grado di simularne il reale comportamento, suggerendo di considerare la deformabilità dei solai e la debolezza delle porzioni di muratura tra due aperture sovrapposte; solo nel caso di edifici in muratura di limitata altezza e con certe caratteristiche – solai rigidi, aperture di dimensione limitata – era suggerito il metodo di calcolo POR. Accadde il contrario e il metodo POR fu adottato sistematicamente, modificando le costruzioni in modo tale da farle rientrare nelle ipotesi di calcolo¹⁷⁴; si assistette pertanto ad un paradosso: gli interventi non si realizzavano perché un modello di calcolo ne dimostrava l'efficacia, ma perché solo in quel modo era possibile applicare quel modello di calcolo; d'altronde non vi erano alternative.

Per gli edifici in muratura, la verifica sismica risultò essere tassativa laddove questi non possedevano i necessari requisiti costruttivi; questa operazione confermerà l'impossibilità, soprattutto per gli edifici di tipo monumentale, di resistere agli effetti sismici a meno che non fossero adottati provvedimenti – indicati dalla stessa normativa – che stravolgevano completamente l'organismo architettonico. La prevista demolizione di archi, volte e cupole¹⁷⁵ che seguì i tragici eventi sismici dimostrava «l'ignoranza e l'approssimazione»¹⁷⁶ con cui si approcciò al tema della conservazione del costruito storico, non riuscendo a migliorare le carenze del quadro normativo nei confronti del patrimonio architettonico. Insieme a questo decreto, altri strumenti normativi permisero l'applicazione delle tecniche

¹⁷² Art. 1.2 del D.M. n.593 del 2 luglio 1981.

¹⁷³ Art. 1.3 del D.M. n.593 del 2 luglio 1981.

¹⁷⁴ Le operazioni necessarie per condurre la realtà al calcolo del metodo POR consistevano nell'inserimento di cordoli di piano in breccia, sostituzione di solai lignei con solai rigidi latero - cementizi

¹⁷⁵ Punto 3.4.3 del D.M. n.593 del 2 luglio 1981 **VERIFICARE**

¹⁷⁶ A. AVETA, *Il 'millantato credito' nel restauro tecnico*, in (a cura di) G. SPAGNESI, *Esperienze di storia dell'architettura e di restauro*, Istituto della Enciclopedia Italiana, 1987, p.258.

concepite per le strutture in cemento armato anche sugli edifici esistenti in muratura¹⁷⁷. Il D.M. 2.7.81 n.593 e le relative Istruzioni contenute nella Circolare¹⁷⁸, gettarono lo scompiglio fra Amministratori, tecnici, costruttori ed organi di controllo¹⁷⁹. La normativa¹⁸⁰ era «specificamente riferita alla riparazione di edifici comprendenti unità immobiliari destinate ad uso di abitazione» ma la Circolare insinuava il dubbio quando affermava che «la normativa, anche se elegge, quale modello tipologico, l'edificio destinato ad uso di abitazione, [...] risulta evidente, potrà utilmente assumersi come riferimento metodologico, ovviamente non vincolante, negli interventi relativi ad edifici di diversa destinazione d'uso». Si formarono due opposte fazioni: la prima, di coloro che avrebbero voluto applicare le prescrizioni normative a tutti gli edifici in muratura, ivi compresi quelli monumentali; la seconda, di coloro che limitavano il carattere cogente delle regole tecniche presenti nella normativa ai soli interventi sugli edifici residenziali, accettandone negli altri casi solo i suggerimenti. La disputa fu in parte risolta da un intervento del Ministero dei Lavori Pubblici in seguito alle pressioni del mondo accademico che escluse chiaramente gli edifici monumentali dalle speciali norme antisismiche e dall'obbligo di verifica sismica, ribadendo che questi andavano soggetti solo alle norme antisismiche di indirizzo comune in base alla legge 2.2.74 n. 64 ed il relativo D.M. 3.3.75 secondo cui, al capo C.9 – Riparazioni degli edifici in muratura – ci si accontentava di interventi in grado di ripristinare e, ove possibile, migliorare la situazione preesistente e si rinunciava alla pretesa di conseguire un possibile adeguamento antisismico.

Nel 1986 un nuovo decreto tenta di fare chiarezza sulla questione con l'introduzione, a fianco

¹⁷⁷ Si ricordano in particolare la Circolare del Ministero dei Lavori Pubblici 30 Luglio 1981, n. 21745, *Istruzioni relative alla normativa tecnica per la riparazione ed il rafforzamento degli edifici in muratura danneggiati dal sisma*, e la precedente Legge n. 219 del 14 Maggio 1981, Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 19 marzo 1981, n. 75, *recante ulteriori interventi in favore delle popolazioni colpite dagli eventi sismici del novembre 1980 e del febbraio 1981. Provvedimenti organici per la ricostruzione e lo sviluppo dei territori colpiti*, Suppl. ordinario G. U., 18/05/1981, n. 134.

¹⁷⁸ La Circolare del Ministero LL.PP. n.21745 del 30 luglio 1981 avanza una serie di proposte operative tendenti a salvaguardare le caratteristiche estetiche degli immobili: il termine 'restauro architettonico' è sistematicamente ignorato; le norme continuano ad esprimersi in termini generici, parlando di 'riparazione', intesa come un'operazione tendente a conseguire un maggior grado di sicurezza nei confronti delle azioni sismiche e come complesso di opere finalizzate a ripristinare l'integrità di ogni parte dell'edificio. Mentre le precedenti normative fornivano delle indicazioni sulle corrette modalità di costruzione, sui sistemi costruttivi da adottare e alcune regole sul dimensionamento degli elementi costruttivi principali, spingendo al rispetto delle norme del buon costruire, questo decreto è il primo ad obbligare alla redazione di un preciso progetto di consolidamento degli edifici danneggiati del quale dovevano far parte determinati elaborati grafici e specifiche relazioni di calcolo strutturale.

¹⁷⁹ I termini del dibattito culturale e professionale seguente dall'emanazione di questi provvedimenti ben si evince dagli Atti del seminario sul tema *Attuazione delle norme di legge per il restauro statico in zona sismica di edifici monumentali in muratura*, Scuola di perfezionamento in Restauro dei Monumenti, Università di Napoli, 10 novembre 1983, in *Restauro*, n71-72/1984, pp. 7-60.

¹⁸⁰ Emanata in forza del quarto comma dell'art. 10 della legge n.219 del 14/05/1981.

dell'adeguamento, dell'intervento di miglioramento sismico; finalmente il grande dibattito sulla conservazione del patrimonio architettonico in zona sismica vede come protagonista il Ministero per i Beni Culturali e Ambientali, attraverso l'istituzione del Comitato Nazionale per la Protezione del Patrimonio Culturale dal Rischio Sismico, presieduto da Romeo Ballardini¹⁸¹.

Intanto, nelle Carte¹⁸² si assiste alla disputa tra l'impiego di tecniche tradizionali e innovative. La convenzione di Granada del 1985 sottolinea che nelle politiche per la conservazione occorrerà favorire «l'applicazione e lo sviluppo, indispensabile all'avvenire del patrimonio, di tecniche e materiali tradizionali»¹⁸³. In Italia, nel giugno del 1988¹⁸⁴ si chiarisce che «il compito del restauro architettonico è di interpretare un manufatto storico, individuando le aggiunte e le manomissioni subite, dandogli un adeguato e compatibile miglioramento statico con mezzi compatibili e reversibili»¹⁸⁵. Di lì a poco, l'unico intervento strutturale ammesso sui monumenti sarà quello di miglioramento sismico. In particolare, con riferimento alla tutela dei centri storici dal rischio sismico, emerge la necessità di misure di sicurezza e prevenzione che sarà possibile attuare dopo la realizzazione di specifiche mappe di rischio sismico da cui partire per stabilire la priorità degli interventi, nonché gli interventi idonei¹⁸⁶.

Rispetto alle leggi emanate in seguito agli eventi sismici del Friuli nel 1976, della Basilicata e Campania nel 1980, un passo molto significativo è il D.M. 24 gennaio 1986 *Norme*

¹⁸¹ Il Comitato Nazionale per la Prevenzione del Patrimonio Culturale dal Rischio Sismico era costituito da R. Ballardini, presidente, C. Gavarini, S. D'Agostino, C. Viggiani, V. Petrini, A. Frallone, F. Braga, A. Corsangelo, G. Miarelli, F. Doglioni, E. Coccia, G. Di Geso, P. Marconi, dai rappresentanti dei ministeri interessati. È stato istituito nel 1984 con Decreto 7 agosto 1984 del Ministro per i Beni e le Attività Culturali di concerto con il Ministro dell'Interno e per il Coordinamento della Protezione Civile, Istituzione presso il Ministero per i Beni Culturali e Ambientali del Comitato per la Prevenzione del Patrimonio Culturale dal Rischio Sismico.

¹⁸² *Convenzione per la salvaguardia del patrimonio architettonico d'Europa*, Granada, 1985; *Conclusioni e voti del Convegno Internazionale "Consulta su Noto. Prospettive per la Conservazione e il Recupero del Centro Storico"*, Noto-Siracusa 12-15 dicembre 1986, Noto 1986.

¹⁸³ Art. 10, Convenzione di Granada, 1985.

¹⁸⁴ In seguito ad un convegno del 1985 riguardante la tutela con la partecipazione del C.N.R. e del Ministero dei Beni Culturali sul Giornale dell'Arte (n.57) si pubblicherà la *'Carta della conservazione e del restauro degli oggetti di arte e cultura'*, 1988.

¹⁸⁵ L.M. MONACO, *Considerazioni sull'intervento di consolidamento*, in «Restauro», n.122, 1992, pp. 147-150.

¹⁸⁶ «Al fine di attuare misure di prevenzione e di sicurezza in tutte le realtà urbane inserite in zona sismica, si ribadisce la necessità – (...) di procedere a: - realizzare specifiche mappe di rischio sismico dei Centri Storici della Sicilia Orientale individuate in base ad analisi della vulnerabilità ai terremoti che tenga conto delle condizioni di stabilità delle costruzioni esistenti e della loro localizzazione;- individuare priorità di intervento motivate e da ragioni di tutela dei beni storico-monumentali e da ragioni di pubblica incolumità e protezione civile;- definire idonei criteri e tecniche di intervento per l'adeguamento sismico di tali edifici, opportunamente studiati in relazione alle caratteristiche costruttive degli edifici in sede locale».

tecniche per le costruzioni in zone sismiche che, a fianco all'adeguamento, introduce la categoria del miglioramento sismico, finalizzato agli interventi locali: «*Si definisce intervento di adeguamento l'esecuzione di un complesso di opere che risultino necessarie per rendere l'edificio atto a resistere alle azioni sismiche*»¹⁸⁷ e «*Si definisce intervento di miglioramento l'esecuzione di una o più opere riguardanti i singoli elementi strutturali dell'edificio con lo scopo di conseguire un maggior grado di sicurezza senza peraltro modificarne in maniera sostanziale il comportamento globale. È fatto obbligo di eseguire interventi di miglioramento a chiunque intenda effettuare interventi locali volti a rinnovare o sostituire elementi strutturali dell'edificio*»¹⁸⁸.

Il miglioramento è stato nel 1986 indicato come il tipo di intervento da perseguire per gli edifici monumentali, di fatto equiparando gli interventi locali sugli edifici ordinari agli edifici monumentali¹⁸⁹. Si stabilisce¹⁹⁰ che il progetto esecutivo di "miglioramento" deve necessariamente mantenere inalterato lo schema statico dell'edificio e si prescrive di effettuare «*se necessaria*» la verifica sismica, senza però esplicitarne i termini, ma manifestando l'esigenza di dimostrare che la sicurezza vada perseguita attraverso vie non basate su algoritmi numerici, ma su proposizioni logiche¹⁹¹.

Il DM dell'86 stabilisce l'obbligo dell'adeguamento nei casi in cui si voglia sopraelevare o ampliare l'edificio; apportare variazioni di destinazione che comportino aumento sostanziale dei carichi; interventi per rinnovare e sostituire parti strutturali dell'edificio, con conseguente alterazione del comportamento globale dello stesso; interventi strutturali rivolti a 'reintegrare' l'organismo edilizio esistente. Si evidenzia che queste operazioni sono ben lontane dalla filosofia di un intervento che deve mirare alla conservazione della consistenza materica. Per gli interventi di miglioramento non sono fornite particolari specificazioni, ma essi si configurano certamente come un intervento meno invasivo che non «*modifica in maniera sostanziale il comportamento globale*» e questo va dimostrato nella relazione

¹⁸⁷ Punto C.9.1.1. del D.M. 24 gennaio 1986, *Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche*, G.U. 12 maggio 1986, n.108.

¹⁸⁸ Punto C.9.1.2 *Intervento di miglioramento*, D.M. 24 gennaio 1986, *Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche*, G.U. 12 maggio 1986, n.108

¹⁸⁹ C.M. Beni Culturali n. 1032 «*Si può affermare che, alla luce di quanto previsto per l'edilizia ordinaria, l'obiettivo degli interventi sul patrimonio monumentale per quanto attiene alla sicurezza alle azioni sismiche, è assimilabile al miglioramento*»

¹⁹⁰ Nel secondo comma dell'art. C.9.2.2 del D.M. 24 gennaio 1986, G.U. 12 maggio 1986, n.108

¹⁹¹ A. AVETA, *Interazioni materiche fra teorie e prassi nel restauro strutturale*, in *Antico e Nuovo: Architetture e Architettura*, a cura di ALBERTO FARLENGA, EUGENIO VASSALLO, FRANCESCA SCHELLINI; Il Poligrafo, Padova 2008, pp. 635-654. Cfr pure C.9.2.3. *Operazioni progettuali*, D.M. 24 gennaio 1986, G.U. 12 maggio 1986, n.108

tecnica¹⁹².

Il D.M 24/01/86¹⁹³ è il primo strumento legislativo atto a stabilire l'importanza della conoscenza della norma costruttiva locale da cui deve scaturire l'intervento coerente con la tecnica costruttiva storica. Definisce fondamentale, infatti, prescrivere una 'tecnica delle costruzioni in muratura', che varia al variare delle aree geografiche e delle culture locali, così come esiste una tecnica delle costruzioni in acciaio o delle costruzioni in cemento armato¹⁹⁴. La legge elenca, inoltre, una serie di interventi per il miglioramento del comportamento sismico degli edifici attraverso la riduzione degli effetti sismici o l'aumento della resistenza strutturale degli elementi costruttivi¹⁹⁵. In particolare gli interventi di miglioramento per gli edifici in muratura sono individuati a seconda dell'elemento strutturale interessato¹⁹⁶. La maggior parte degli interventi proposti è oggi poco condivisibile, in particolare l'applicazione di lastre di cemento armato o l'inserimento di pilastri. Nonostante siano trascorsi già circa 20 anni dalla Carta di Venezia, la legislazione italiana non ha ancor acquisito quella sensibilità che si richiedeva nei confronti del patrimonio culturale: avanzamento teorico e prassi operativa continuano a procedere parallelamente.

Il primo documento che dimostra la consapevolezza della difficoltà di conciliazione tra le attività conservative e le esigenze di sicurezza in riferimento alle strutture storiche è la Circolare del Ministero dei Beni Culturali ed Ambientali del 18 luglio 1986 n.1032¹⁹⁷. La Circolare, seguita al DM del 24/1/1986, riconosce che l'approccio utilizzato per le nuove

¹⁹² Punto C.9.2.2, *Progetto esecutivo degli interventi di miglioramento*, D.M. 24 gennaio 1986, *Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche*, G.U. 12 maggio 1986, n.108

¹⁹³ Decreto Ministro dei Lavori Pubblici 24 gennaio 1986 n.108, *Norme tecniche relative alle costruzioni antisismiche*, Gazzetta Ufficiale 12-5-1986.

¹⁹⁴ Punto C.9.2.4, D.M. 24 gennaio 1986, *Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche*, G.U. 12 maggio 1986, n.108: «I criteri adottati nella scelta del tipo di intervento, devono scaturire, di norma, da uno studio preliminare dell'organismo edilizio riguardante in particolare: a) le caratteristiche, nella situazione esistente, sotto il profilo architettonico, strutturale e della destinazione d'uso; b) l'evoluzione storica delle predette caratteristiche con particolare riferimento all'impianto edilizio originario ed alle principali modificazioni intervenute nel tempo; c) l'analisi globale del comportamento strutturale al fine di accertare le cause ed il meccanismo di eventuali dissesti in atto»

¹⁹⁵ Punto C.9.3.1, *Provvedimenti tecnici di adeguamento o di miglioramento intesi a ridurre gli effetti sismici*, e C.9.3.2, *Provvedimenti tecnici di adeguamento o miglioramento intesi ad aumentare la resistenza strutturale*, D.M. 24 gennaio 1986, G.U. 12 maggio 1986, n.108.

¹⁹⁶ «Per le riparazioni delle pareti murarie che non presentano gravi sintomi di instabilità quali strapiombi o estese lesioni si prevede: l'iniezione di miscele leganti; l'applicazione di lastre in cemento armato o reti metalliche elettrosaldate; l'inserimento di pilastri; la realizzazione di tirantature orizzontali e verticali. [...]»

¹⁹⁷ Circolare del Ministero dei Beni Culturali ed Ambientali del 18 luglio 1986 n.1032, *Interventi sul patrimonio monumentale in zone sismiche – Direttive per la realizzazione ed esecuzione di progetti di restauro comprendenti interventi di "miglioramento", antisismico e "manutenzione" nei complessi architettonici di valore storico - artistico in zona sismica*. Il Comitato Nazionale per la Prevenzione del Patrimonio Culturale del Rischio Sismico, istituito nel 1984, ha redatto numerose norme per la tutela del patrimonio culturale dal rischio sismico, via via aggiornandole in relazione al progredire degli studi.

costruzioni, in cemento armato o in acciaio, non può essere applicato brutalmente sulle murature storiche, essendo queste caratterizzate da un comportamento meccanico del tutto diverso. Inoltre, denuncia l'inadeguatezza delle tecniche di intervento utilizzate che forniscono un grado 'illusorio' di sicurezza; tenta di porre un freno agli interventi invasivi – come l'utilizzo diffuso di intonaci armati o la sostituzione di solai lignei con strutture in cemento armato – sottolineando la priorità che deve essere assegnata agli interventi di riparazione piuttosto che alle sostituzioni immotivate e privilegia le tecniche tradizionali e compatibili, come già le Carte avevano sottolineato. Si individua quindi, in attesa di norme tecniche specifiche per il patrimonio monumentale, *«una linea di comportamento impostata sul ricorso sistematico agli interventi di miglioramento [...] e su una condizione delle operazioni progettuali che abbia diretto riguardo al valore culturale della costruzione [...]»*; e si indica la formula del miglioramento sismico come l'unica impostazione concettuale valida e ammissibile per gli edifici storici¹⁹⁸. Propone una serie di indicazioni da seguire per gli interventi di restauro dei monumenti in zona sismica, affidando al Comitato Nazionale per la Protezione del Patrimonio Culturale dal Rischio Sismico il compito di approfondire sistematicamente gli interventi di miglioramento. Ancora, sottolinea che è necessaria *«una particolare attenzione ai materiali e magisteri originali, nonché alle trasformazioni successive; una attenta ricostruzione della storia sismica del manufatto, con particolare riguardo per le eventuali riparazioni seguite ad eventi sismici passati; un rigoroso e sistematico approccio interdisciplinare in tutte le fasi progettuali, con particolare riferimento agli apporti architettonici, storici, geotecnici, strutturali, impiantistici (se del caso); il ricorso a tecniche e materiali il più possibile vicini agli originali»*. I contenuti della Circolare sono ancora attuali e validi che costituiscono gli aspetti di primaria importanza della legislazione vigente: è esplicita l'importanza della fase conoscitiva necessaria a fare comprendere nel modo più esaustivo possibile l'architettura e il suo comportamento strutturale attraverso uno studio di natura storico-critica e un dettagliato rilievo, esteso alle tecniche costruttive e ai materiali.

Un altro concetto importante affermato nella Circolare 1032 è che in mancanza di una "patologia ordinaria" *«si deve effettuare la scelta della conservazione diffusa che, insieme al concetto di miglioramento, consente di conseguire l'obiettivo della prevenzione dal rischio sismico»*. La circolare esprime in embrione tutti quei concetti su cui ancora oggi il

¹⁹⁸ *«L'obiettivo degli interventi sul patrimonio monumentale per quanto attiene alla sicurezza alle azioni sismiche, è assimilabile al miglioramento [...] senza però che si ponga in modo rigido il problema del rispetto delle verifiche formali nei confronti delle azioni sismiche di progetto previste per le nuove costruzioni»*.

dibattito scientifico si confronta e che rappresentano la 'svolta' legislativa in Italia sul tema del rischio sismico. Inoltre, per quanto riguarda gli interventi, stabilisce alcuni principi da seguire nel rispetto sia della logica costruttiva muraria che del patrimonio monumentale cui l'edificio appartiene¹⁹⁹.

Infine, stabilisce il principio secondo cui gli interventi sulla costruzione muraria sono strutturalmente e storicamente ammessi solo se realizzati nella logica della costruzione in muratura²⁰⁰. La Circolare elenca pure gli elaborati grafici necessari e, tra questi, in particolare, sottolinea *«la completezza degli elaborati di analisi e di progetto, quale risultato di una metodologia organizzata in fasi operative strettamente connesse tra di loro attraverso il coordinamento dell'esperto in restauro architettonico»*; l'attenzione degli elaborati indicati si concentra sullo studio della storia sismica del sito, da cui trarre considerazioni su interventi di restauro pregressi, sui segni di danni subiti dagli edifici e allo stesso tempo fare una valutazione sull'intensità sismica attesa. La circolare si sofferma per la prima volta sull'importanza di un *«dettagliato rilievo critico che riporti i dati acquisiti incrociandoli con dati ricavabili attraverso l'utilizzo di strumentazioni diagnostiche»*.

Dal monumento all'aggregato

Parallelamente alle acquisizioni legislative sulle corrette modalità di analisi e d'intervento sul patrimonio, il discorso si intreccia con l'evoluzione del concetto di monumento che passa dalla *«creazione architettonica isolata»* del '31 *«all'ambiente urbano o paesistico che costituisca la testimonianza di una civiltà particolare, di un'evoluzione significativa o di un avvenimento storico»*²⁰¹ alla dichiarazione che *«Tutte le città del mondo [...] sono le espressioni materiali della diversità delle società attraverso la storia e sono, per questo, tutte storiche»*²⁰² e, di conseguenza, si devono preservare i valori di carattere storico della città e l'insieme degli elementi materiali e spirituali che ne esprimono l'immagine; si ribadisce che gli interventi devono essere condotti con prudenza, metodo e rigore e che è

¹⁹⁹ Ritiene importante, ad esempio, intervenire sul miglioramento dei collegamenti specie se compromessi dai sismi precedenti o da mancata manutenzione attribuendo dunque un ruolo fondamentale al comportamento scatolare della costruzione muraria.

²⁰⁰ *«Verifica e riparazione degli orizzontamenti (tetti, solai, archi, volte, piattabande) debbano essere realizzati con procedimenti prevalentemente tradizionali; sostituzione parziale dei soli elementi lignei degradati, ripristino della tensione di catene e capochiave, irrigidimenti dei tavolati con un secondo tavolato chiodato, collocazione di nuove tirantature ai piani a bassa tensione di esercizio, reintegrazioni parziali di archi o piattabande; verifica e riparazione delle lesioni verticali o subverticali con procedimenti tradizionali ai fini di ricostruire, pur senza eccessivi irrigidimenti, la continuità della compagine muraria; scarnitura dei giunti, rabboccatura e ripristino con malta tradizionale degli intonaci laddove esistevano e sono caduti, a reintegrazione delle capacità portanti della compagine muraria, con attenzione ad eventuali intonaci decorati»*.

²⁰¹ Carta di Venezia, 1964, art 1.

²⁰² Washington, 1988.

importante adottare misure preventive contro le catastrofi naturali per assicurare la salvaguardia del patrimonio e la sicurezza ed il benessere dei loro abitanti. Contemporaneamente, la Carta C.N.R. del 1987²⁰³ specifica quali interventi sono ammessi nelle operazioni di restauro²⁰⁴ attraverso dettagliati allegati riferiti sia ai centri storici che ai singoli monumenti²⁰⁵. La manutenzione e il controllo dello stato di conservazione sono attività di prevenzione tempestive e appropriate.

Le Raccomandazioni della commissione Ballardini emanate nel 1986 sono aggiornate nel 1991 con la circolare n.1841 del 12 marzo²⁰⁶, con il tentativo di far emergere l'importanza

²⁰³ CNR 1987, *Conservazione e Restauro degli oggetti d'Arte e di Cultura*.

²⁰⁴ punto 7: «[...] modificazioni e nuove inserzioni a scopo statico e conservativo della struttura interna o del sostrato o supporto, purché nell'aspetto, compiuta l'operazione, non risulti alterazione né cromatica né per la materia in quanto osservabile in superficie. E ciò, beninteso, come extrema ratio di un'esigenza conservativa altrimenti inattuabile. Nel campo specifico dell'architettura, l'esperienza degli ultimi vent'anni ha insegnato a diffidare delle inserzioni occulte in materiali speciali quali l'acciaio, l'acciaio armonico pre-teso, le «cuciture» armate e iniettate con malte di cemento o di resine, a causa della loro invasività, poca durabilità, irreversibilità e relativamente scarsa affidabilità. Appaiono pertanto preferibili anche se di vistosa estraneità all'opera, provvidenze di consolidamento di tipo tradizionale (speroni e tamponamenti, catene, cerchiature ecc.) in quanto facilmente controllabili e sostituibili»; punto 8: «Ogni intervento sull'opera, o anche in contiguità di essa ai fini di cui al paragrafo 3, deve essere eseguito in modo tale e con tali tecniche e materie da poter dare affidamento che nel futuro non renderà impossibile un nuovo eventuale intervento di conservazione e restauro.[...]. In ogni caso ogni intervento deve essere preventivamente studiato e motivato per iscritto e del suo corso dovrà essere tenuto un giornale, al quale farà seguito una relazione finale, con la documentazione fotografica di prima, durante e dopo l'intervento. Verranno inoltre documentate tutte le ricerche e analisi eventualmente compiute con il sussidio della fisica, la chimica, la microbiologia e altre scienze. Di tutte queste documentazioni sarà tenuta copia negli archivi degli uffici competenti di cui al paragrafo 4 e un'altra copia sarà inviata per conoscenza all'Istituto Centrale per il Restauro»

²⁰⁵ Le indicazioni riguardo le tecniche da adottare sono particolarmente precise e puntuali. In particolare la Carta specifica gli interventi di consolidamento murario, eventuali sostituzioni o reintegrazioni di paramenti lapidei o laterizi, interventi su applicazioni decorative in stucco, a fresco, graffite; reintegrazioni e/o sostituzioni di intonaci e/o tinteggiature; interventi di consolidamento della pietra o dei laterizi a faccia vista e infine interventi di consolidamento delle strutture lignee, delle sculture in pietra e degli elementi metallici. In particolare, per quanto riguarda la tutela dei centri storici, e in generale la condotta della conservazione e del restauro delle opere di interesse architettonico, precisa che: «Il compito del restauro architettonico è di interpretare un manufatto storico, individuando le aggiunte e le manomissioni subite, dandogli un adeguato e controllabile miglioramento statico con mezzi compatibili e reversibili (reintegrazioni murarie, speroni, tiranti non occultati ecc.). Sinora l'esigenza di dissimulare i mezzi di rinforzo per non alterare l'aspetto e il carattere degli edifici ha giustificato il ricorso a tecnologie innovative che permettono di realizzare rinforzi invisibili, ma generalmente irreversibili, adulteranti, incompatibili e poco durabili, conservando di fatto l'aspetto e non la struttura della fabbrica. L'uso delle tecniche tradizionali, peraltro, non è mai stato escluso dalle precedenti Carte del Restauro (...). Esse, infatti, alludevano all'uso di tecnologie innovative solo nei casi in cui quelle tradizionali non dessero sufficiente affidamento e si limitavano a raccomandare l'adozione di accorgimenti idonei a rendere percepibile l'intervento del nuovo sul vecchio. Ma, alla luce di una più matura esperienza, l'uso delle tecniche tradizionali si deve considerare applicabile non solo ai semplici miglioramenti delle condizioni statiche ma anche a molti casi di «patologie ordinarie», come si dirà meglio più avanti. In ogni caso, dichiararsi favorevoli al recupero delle tecniche tradizionali non è sufficiente, perché è necessario saperle attuare. L'uso esorbitante delle tecniche innovative nell'edilizia moderna in generale e anche nel campo del restauro ha causato una caduta del saper fare tradizionale, non solo considerato obsoleto, ma scorretto se non erroneo. [...]»

²⁰⁶ Circolare Ministero Beni Culturali e Ambientali n.1841, 12 marzo 1991, *Direttive per la redazione ed esecuzione di progetti di restauro comprendenti interventi di miglioramento e manutenzione nei complessi architettonici di valore storico artistico in zona sismica*.

di una corretta impostazione del problema strutturale nelle operazioni di restauro e sottolineano, ancora una volta, l'importanza della conoscenza del manufatto ed a perseguire con tutte le strumentazioni a disposizione. L'impiego delle tecniche tradizionali, ribadito pure dalle Carte, deve essere preceduto dalla loro conoscenza²⁰⁷; di conseguenza, occorrerà quindi procedere ad un'opportuna rivitalizzazione del 'saper fare'. Viene altresì ribadita l'importanza della documentazione e della ricerca «*per acquisire ogni possibile dato storico nonché ricerche sperimentali sulle proprietà del manufatto*». Gli interventi che si indicano come idonei per le strutture in muratura hanno l'obiettivo di salvare quanto più possibile la materia esistente. È ribadita l'utilità dell'intervento di 'scuci e cuci', mentre assai «*meno consigliabili sono i diffusissimi metodi del consolidamento locale o diffuso con iniezioni armate*».

Il terremoto di Umbria e Marche del 1997 è la presa di coscienza del fallimento della pratica di applicazione della tecnica del conglomerato cementizio armato per gli interventi di restauro degli edifici in muratura che, a partire dal terremoto di Messina e Reggio Calabria del 1908, si era diffusa in maniera capillare sul costruito esistente. Tale modo di intervenire si era dimostrato sia invasivo che inefficace: in primo luogo, l'aumento delle masse incrementa le azioni sismiche inerziali; in secondo luogo, l'irrigidimento delle fasce di piano limita la duttilità in spostamento e, infine, al contatto tra muratura e nuovi elementi in c.a., si generano tensioni tangenziali e di schiacciamento che provocano la disgregazione della muratura²⁰⁸.

In sostanza, se gli eventi sismici degli anni '80 avevano costituito la base per una seria ripresa degli studi del comportamento sismico delle costruzioni in muratura, il sisma del 1997 rappresentò il momento di verifica e collaudo di quanto fino a quel momento era stato teorizzato e realizzato.

Di conseguenza, il Decreto del 1986 per le costruzioni in zona sismica viene integralmente sostituito dal Decreto del 1996²⁰⁹ riguardante le nuove norme: esso riprende la classificazione sismica del territorio Italiano iniziata con la legge n. 64/1974 e introduce

²⁰⁷ «L'uso esorbitante delle tecniche innovative nell'edilizia moderna in generale e anche nel campo del Restauro ha causato una caduta del saper fare tradizionale, non solo considerato obsoleto, ma scorretto, se non erroneo»

²⁰⁸ S. LAGOMARSINO, *La nuova normativa sismica è buona per il restauro?*, in Atti del Convegno *Responsabilità nella conservazione del costruito storico*, A. Centroni e M.G. Filetici (a cura di), ARCo Associazione per il recupero del costruito, Roma, Villa Medici 29-30 Novembre 2010, Gangemi editore, p.92.

²⁰⁹ Decreto del Ministero dei Lavori Pubblici 16 gennaio 1996, Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche, Pubblicato nel supplemento ordinario alla "Gazzetta Ufficiale" n.29 del 5 febbraio 1996.

nuovi indici di sismicità. La circolare, del 10 aprile 1997²¹⁰, sottolinea l'incompatibilità tra le esigenze della sicurezza e quelle della conservazione laddove il procedimento di verifica statica a base degli interventi sia riferito a modelli di calcolo antisismici della moderna ingegneria. Stabilisce così che può evitarsi, per le strutture monumentali, tale tipo di verifica, non indicando tuttavia, alcun metodo sostitutivo²¹¹ *«il contrasto tra esigenze di sicurezza d'uso e di conservazione dell'impianto originario, rende sovente problematica l'individuazione del tipo d'intervento più appropriato. Per armonizzare le varie esigenze è stato introdotto, accanto al concetto di adeguamento, il concetto di miglioramento. Posto che le esigenze della conservazione sono in certi casi da anteporre a quelle della sicurezza, ne consegue che non è necessario 'adeguare' i livelli di sicurezza dell'edificio monumentale a quelli minimi fissati dalla normativa per gli edifici di nuova costruzione, bensì è sufficiente che i livelli di sicurezza vengano 'migliorati' rispetto a quelli antecedenti l'intervento. [...] ovviamente, per ogni intervento, deve essere valutata, in forma anche semplificata, la sicurezza strutturale finale e l'incremento di sicurezza conseguito»*.

La prassi operativa fondata sulla fiducia nel cemento armato come materiale per gli interventi di consolidamento, la convinzione che per contrastare l'azione sismica fossero necessarie rigidità e resistenza, invece che flessibilità, leggerezza e capacità di spostamento anche in condizioni fessurate, ovvero 'duttilità', accanto alle difficoltà legate al calcolo strutturale, sono le cause principali di interventi distruttivi del patrimonio di architettura storica nel corso del XX secolo²¹²; ma nonostante principi teorici e, soprattutto norme cogenti cominciano ad intraprendere questa direzione, la realtà operativa continuerà a procedere in maniera diversa.

Nelle Istruzioni generali per la redazione dei progetti di restauro dei beni architettonici di valore storico artistico in zona sismica del novembre 1997²¹³, successivo al sisma di Umbria

²¹⁰ Circolare 10 aprile 1997, n. 65/AA.GG. *Istruzioni per l'applicazione delle «Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche» di cui al decreto ministeriale 16 gennaio 1996*, Suppl. Ord. G.U. n. 97 del 28 aprile 1997.

²¹¹ Cfr. A. AVETA, *Tutela, restauro e gestione dei beni architettonici e ambientali*, Casoria 2001.

²¹² S. LAGOMARSINO, *Linee guida per la protezione del patrimonio culturale dal rischio sismico*, in atti del VI convegno nazionale ARCo *Quale sicurezza per il patrimonio architettonico?*, a cura di A. CENTRONI, Mantova, Palazzo Ducale 30 novembre – 2 dicembre 2006, Nuova Argos, pp.75-76.

²¹³ Circolare Ministero Beni Culturali e Ambientali n.1841, 12 marzo 1991, *Direttive per la redazione ed esecuzione di progetti di restauro comprendenti interventi di miglioramento e manutenzione nei complessi architettonici di valore storico artistico in zona sismica*, successivamente approvato con alcune prescrizioni e integrazioni dal Consiglio superiore dei LL. PP. col titolo *Istruzioni generali per la redazione dei progetti di restauro dei beni architettonici di valore storico – artistico in zona sismica*, approvato in data 28 novembre 1997 con voto n. 564. Tale documento non riceverà mai una formale adozione, ma verrà richiamato dalle direttive tecniche regionali emanate a seguito dei terremoti dell'Umbria e delle Marche (1997) e del Molise (2002) per la ricostruzione.

e Marche²¹⁴; si precisano, ancora una volta, finalità e obiettivi delle azioni conservative: «Il tipo di intervento di miglioramento costituisce punto di incontro tra le esigenze della conservazione dei caratteri storico-artistici del complesso edilizio da un lato, e quelle della sicurezza dall'altro» poiché l'esigenza è di «salvaguardare l'identità estetica e storica del complesso edilizio, ovvero non introdurre, con le operazioni tecniche genericamente intese a conseguire un maggior grado di sicurezza alle azioni sismiche, elementi estranei e stravolgenti rispetto la configurazione storico architettonica del complesso edilizio». Il documento definisce chiaramente il percorso progettuale – fondato sull'analisi storico-critica, sul rilievo dei manufatti, sulla diagnostica sul campo e in laboratorio, nell'individuazione del comportamento strutturale e nell'analisi del degrado e dei dissesti ed, infine, negli apporti di altre discipline – e descrive la natura delle tecniche di miglioramento da adottare. Si è acquisita la consapevolezza che «Le perforazioni armate sono da evitare come intervento sistematico di consolidamento della muratura, per l'insieme di impatti prodotti [...]. Sono da evitare in generale [...] gli inserimenti generalizzati di ancore metalliche, perforazioni armate, precompressioni ed in generale gli interventi non reversibili volti a conferire a colonne e pilastri resistenza a flessione e taglio, modificando il comportamento di insieme della struttura. Va evitato comunque il ricorso a tecniche di placcaggio all'estradosso con realizzazione di controvolte in calcestruzzo o simili, armate o meno, a favore di interventi che riducano i carichi e/o diminuiscano le eccentricità e/o vincolino la deformazione all'estradosso (rinfranchi alleggeriti, frenelli, ecc) [...]»²¹⁵. Le Istruzioni del Comitato Ballardini entrano nel merito delle quattro situazioni per le quali la norma sismica prescrive l'adeguamento, affermando che tre di queste (sopraelevazione, trasformazione dell'edificio, alterazione del sistema strutturale) non sono comunque compatibili con le esigenze di tutela del bene culturale, ma ammettendo che, nel caso di cambio di destinazione d'uso, il problema della sicurezza potrebbe porsi. Il documento afferma la validità del miglioramento sismico non tanto perché risulti ingiustificato pretendere che a una nuova costruzione storica venga imposto lo stesso livello di sicurezza richiesto per le nuove costruzioni, ma perché la verifica sismica necessaria per un intervento di adeguamento «presenta, allo stato delle conoscenze, oggettive difficoltà ed incertezze che spesso spingono a dare risposte con soluzioni stravolgenti, dettate unicamente dalla esigenza di verifica formale». Anche questa è una considerazione importante ma nella realtà

²¹⁴ Comitato nazionale per la prevenzione del patrimonio culturale dal rischio sismico, Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, *Istruzioni generali per la redazione dei progetti di restauro dei beni architettonici di valore storico artistico in zona sismica*, approvata in data 28 novembre 1997 con voto n.564

²¹⁵ C4.2 Circolare Ministero Beni Culturali e Ambientali n.1841, 12 marzo 1991

della prassi il miglioramento sismico viene visto come un'opportunità per evitare il calcolo strutturale e le verifiche²¹⁶.

È in questo momento storico che all'evoluzione legislativa delle corrette modalità d'intervento strutturale sul patrimonio architettonico e al progressivo mutare del concetto di 'monumento' si affianca la nascita del concetto di 'aggregato'. Il concetto di aggregato è legato, in una prima fase, alle tematiche di tipo urbanistico piuttosto che a quelle di tipo strutturale. A seguito del sisma del 26 settembre 1997 la Regione Marche emana la Legge 30 marzo 1998, n. 61²¹⁷ che istituisce i 'Programmi di Recupero': i PR marchigiani sottolineano l'importanza della tematica urbanistica nel recupero degli insediamenti storici o di parte di essi²¹⁸. Si indirizzano gli interventi alla tutela del paesaggio e dell'identità storica secondo una logica di programmazione degli interventi stessi in ambito urbano, come già introdotto nel piano paesistico regionale in vigore dal 1990. I PR devono evidenziare i danni subiti dalle opere, proporre degli interventi e stimarne i costi. La legge è particolarmente importante poiché è la prima a disporre dei fondi anche per l'azione di prevenzione della vulnerabilità sismica urbana. Va osservato che i PR non propongono una metodologia di lettura della vulnerabilità sismica urbana, piuttosto, si limitano ad indicare quali sono i punti critici presenti nel tessuto urbano, in particolare riferendosi alle sopraelevazioni. La legge nazionale n.61/1998, che istituisce i PR, viene applicata dalla regione Marche attraverso la redazione di due allegati²¹⁹. Nel primo, che riguarda le linee di indirizzo per la progettazione, si definisce l' 'edificio oggetto di intervento', in tutte le accezioni relative alla sua interazione con il tessuto²²⁰: si distingue in questo modo l' 'organismo isolato' dall' 'organismo in aggregato' e si indicano le modalità di

²¹⁶ S. LAGORMARSINO, *Linee guida per la protezione del patrimonio culturale dal rischio sismico*, in *Quale sicurezza per il patrimonio architettonico?* A cura di A. CENTRONI, ARCo, Nuova Argos, 2006, p.75.

²¹⁷ Legge 30 marzo 1998, n. 61, *Ulteriori interventi urgenti in favore delle zone terremotate delle regioni Marche e Umbria e di altre zone colpite da eventi calamitosi*, G.U. n.75 del 31 marzo 1998.

²¹⁸ I PR appartengono alla categoria degli strumenti "complessi", strumenti urbanistici flessibili e caratterizzati dalla pluralità dei soggetti protagonisti. I criteri per la definizione di tali strumenti vennero definiti infatti congiuntamente non solo dalle regioni Marche ed Umbria ma anche da tutti gli altri enti preposti alla loro applicazione. I PR sono approvati dalla regione, previa approvazione della perimetrazione delle aree interessate. Quest'ultima corrisponde alla approvazione di una parte dei finanziamenti, in particolare per gli interventi unitari e di risanamento idrogeologico. I soggetti attuatori sono i privati proprietari degli immobili, che nel caso di interventi unitari sono obbligati a riunirsi in consorzio.

²¹⁹ 'Linee di indirizzo per la progettazione e la realizzazione degli interventi di ricostruzione degli edifici distrutti e di ripristino, con miglioramento sismico, degli edifici danneggiati dal sisma del 26.9.97 e giorni successivi in Umbria e Marche' e le *Linee di indirizzo per la definizione dei criteri in base ai quali i comuni perimetrano i centri o i nuclei o parti di essi, di particolare interesse e maggiormente colpiti, nei quali gli interventi sono attuati attraverso programmi di recupero*'.

²²⁰ riprendendo una definizione presente nell'allegato A al decreto commissariale n. 212 del 31.12.97.

individuazione di ciascuno²²¹. Invece, nel secondo allegato, dedicato alla perimetrazione delle aree, si introduce uno strumento di controllo nella progettazione degli interventi di ricostruzione e restauro alla scala dell'aggregato, rappresentato dagli 'Interventi Unitari'. Tali interventi sono relativi a «*edifici o complessi di edifici tra loro collegati, con particolare riferimento alla integrazione strutturale[...] tali da richiedere una progettazione unitaria ed una conseguente esecuzione unitaria*»²²². Questo concetto porta a misurarsi non più con il singolo edificio ma con un complesso di costruzioni aventi possibile interdipendenza strutturale. Attraverso gli Interventi Unitari si contribuisce alla diffusione della consapevolezza, nei tecnici come negli amministratori, dell'impossibilità di affrontare il consolidamento sismico di un edificio se non in una logica sistemica. Successivi documenti provano meglio a definire cosa si intende per aggregato²²³, poiché il problema pare

²²¹ L'edificio è così caratterizzato:

-per gli organismi isolati, l'intero complesso esteso in altezza dalle fondazioni alla copertura e planimetricamente individuato dalle chiusure verticali, comprendente le eventuali parti a getto; qualora l'edificio isolato fosse strutturalmente suddiviso in più parti da giunti verticali, di ampiezza non inferiore a quella prescritta per i giunti sismici, si può considerare ogni singola parte come edificio; pertanto, l'edificio viene in tali casi definito come unità urbanisticamente isolata o strutturalmente isolata con giunti sismici; - se si può identificare un organismo dotato di caratteri di unitarietà come tipologia ed epoca di costruzione, continuità delle chiusure verticali ed omogeneità delle quote degli orizzontamenti può essere considerato edificio un corpo di fabbrica planimetricamente aggregato, a condizione che vengano opportunamente valutate le interazioni con i corpi contermini. Per tali situazioni la porzione da esaminare viene definita, oltre che dalle pareti di chiusura verticale libere, da sezioni verticali passanti per le mezzerie dei vani adiacenti alle pareti di chiusura verticale di confine. Pertanto, per gli edifici aggregati longitudinalmente su un lato, quali il primo di una schiera, l'edificio è planimetricamente definito dal prospetto e dal retrospetto, dal fianco laterale libero e da una sezione verticale passante per la mezzeria dei vani adiacenti al fianco aggregato, esterni a questo. Per gli edifici aggregati su due lati, quali l'intermedio di una schiera, l'edificio è planimetricamente individuato dal prospetto e dal retrospetto e da due sezioni verticali passanti per le mezzerie dei vani adiacenti ai due fianchi aggregati esterni a questi; parimenti per l'edificio d'angolo di due schiere, l'edificio è planimetricamente individuato dai due prospetti concorrenti nell'angolo e da due sezioni verticali passanti per le mezzerie dei vani adiacenti ai due fianchi aggregati, esterni a questi. Per gli edifici aggregati su tre lati, la situazione può essere accettata solo se viene motivata l'impossibilità di trattare un complesso più ampio; in tali casi l'edificio è planimetricamente individuato dal prospetto e da tre sezioni verticali passanti per le mezzerie dei vani adiacenti ai tre fianchi aggregati esterni a questi. Se la struttura portante è a scheletro, l'edificio deve essere preferenzialmente isolato o individuato da l'impossibilità di trattare un complesso più ampio per ottenere un edificio isolato e se viene garantito che le interazioni con le parti contermini sono non influenti o se tali interazioni vengono opportunamente considerate. Nei casi di edifici aggregati, per l'edificio in esame vanno considerate, anche con schemi limite, le interazioni con i fabbricati contermini che possono risultare nulle, ovvero di irrigidimento e sostegno, oppure di aggravio del cemento sismico. Dall'analisi dei vani esterni ai confini, sulle cui mezzerie passano le sezioni verticali che individuano l'edificio, vanno tratte le necessarie informazioni per la determinazione dei pesi che influiscono sulle parti di confine.

²²² Deliberazione Amministrativa del Consiglio Regionale n. 198 del 12 maggio 1998, *Criteri per la perimetrazione dei programmi di recupero*. La successiva delibera di Giunta n.2976/1999 formalizzerà i Criteri per la valutazione degli interventi unitari.

²²³ Delibera DCR n.198/1998 che precisa cosa si intende per edificio nelle situazioni di aggregazione, dicendo che vanno considerate "anche con schemi limite, le interazioni con i fabbricati contermini, che possono risultare nulle ovvero di irrigidimento e sostegno oppure ancora di aggravio del cemento sismico".

La DACR n.238 del 1998¹²⁶, integrando la DACR n.198 del 1998, specifica gli Interventi Unitari devono essere effettuati su edifici collegati e con integrazione strutturale tale da richiedere una progettazione unitaria: «*la nozione di "intervento unitario" concerne l'individuazione, all'interno dei programmi di recupero, degli edifici o complessi di edifici tra loro collegati, con particolare riferimento alla interazione strutturale di cui*

inizialmente affrontato nella prassi operativa solo dal punto di vista urbanistico e non strutturale, operativo e cantieristico. Per lo studio degli edifici in condizione di aggregato è considerato fondamentale dalla normativa regionale il rilievo geometrico – strutturale e critico; il primo, con l'indicazione di irregolarità morfologiche dovute all'andamento del terreno o all'adiacenza di scatole murarie di dimensioni molto diverse, delle strutture preesistenti inglobate nelle scatole murarie attuali²²⁴; il secondo, finalizzato a rappresentare le "tracce" di formazione e trasformazione storica del tessuto edilizio per individuare i punti di particolare debolezza²²⁵ che sono all'origine dei dissesti sismici. Nell'esperienza marchigiana sebbene la scelta dell'Intervento Unitario spesso non è avvenuta secondo esigenze di carattere strutturale legate alla riduzione della vulnerabilità ma solo a livello di uniformità formale delle facciate in termini di aperture e coronamenti. Ciò dimostra come non fosse chiara la motivazione di un'analisi preventiva e, soprattutto, di comprensione del comportamento sismico d'insieme ispirata dalla legge 61, che è stato comunque uno strumento innovativo poiché ha proposto un atteggiamento di prevenzione della vulnerabilità urbana che, seppure non obbligatoria nella legislazione regionale, ha visto nelle Marche un'applicazione sul 40% dei 95 comuni interessati dai PR. Per la prima volta, dunque, una norma sismica di urgenza relativa alla ricostruzione post sismica in Italia ha una strutturazione tale da indirizzare alla prevenzione e, dunque, alla riduzione della vulnerabilità sismica in un'ottica di tipo urbanistico. L'approfondimento sulla necessità di considerare il comportamento in 'aggregato' di alcune unità edilizie ai fini della valutazione della sicurezza sismica sarà in seguito ripreso dalle NTC del 2008, in particolare nell'allegato C8A.3.

Accanto all'evoluzione del quadro normativo, la Carta di Cracovia nel 2000, così come i documenti precedenti, sottolinea quali siano le caratteristiche indispensabili per un progetto di restauro di qualità e, ribadisce, i passaggi metodologici ed operativi che lo caratterizzano, con un particolare accento al carattere pluridisciplinare dello stesso²²⁶.

all'articolo 2, comma 4, della legge, tali da richiedere una progettazione unitaria ed una conseguente esecuzione unitaria»

²²⁴ Come mura urbane inglobate in edifici, edifici che poggiano su vecchie fondazioni, condizioni di vincolo, connessioni tra pareti e orizzontamenti.

²²⁵ *(nodi privi di ammorsature efficaci; discontinuità nelle murature, come per esempio aperture tamponate senza ammorsatura, vecchie canne fumarie dimenticate nelle murature, riprese murarie non ammorsate; eliminazione di elementi costruttivi; inserimento di elementi estranei, rappresentare interventi strutturali pregressi che abbiano mutato il comportamento strutturale e le caratteristiche di resistenza o di rigidità degli orizzontamenti o delle murature*

²²⁶ «[...]il progetto necessita del coinvolgimento di tutte le discipline pertinenti, ed è coordinato da una persona qualificata ed esperta nel campo della conservazione e restauro» e in particolare, al punto 10, specifica che

Insomma, l'introduzione del concetto di 'miglioramento', così come definito dai documenti normativi della fine del secolo scorso, ha avuto molti aspetti positivi: innanzitutto, ha rappresentato un'alternativa all'adeguamento, costituendo quindi un freno ad interventi invasivi; poi, ha sensibilizzato alla conservazione del funzionamento strutturale originario e all'uso delle tecniche di intervento tradizionali. Tuttavia, si registravano molti elementi critici: l'intervento di miglioramento non sembrava dipendere dalla pericolosità sismica ma solo dalla vulnerabilità: mancando una stima quantitativa della sicurezza sismica per gli edifici monumentali, spesso il Committente o il Genio civile hanno preteso l'adeguamento anche per gli edifici tutelati, in particolare se caratterizzati da una funzione pubblica²²⁷.

Dalla prescrizione alla prestazione: l'avanzamento normativo del XXI secolo

Dopo le normative degli anni '90, un punto decisivo nell'evoluzione del quadro legislativo in Italia fu rappresentato dal terremoto del Molise del 2002 che provocò il crollo di una scuola a San Giuliano di Puglia e, purtroppo, la morte di una maestra con i suoi 30 alunni; il problema della sicurezza sismica degli edifici esistenti tornò ad essere un tema di scottante attualità. La zona non era dichiarata sismica e gli interventi sismici eseguiti, sebbene in malo modo, rientravano in una prassi operativa abituale. Di conseguenza, il problema della zonizzazione sismica del territorio nazionale divenne una priorità²²⁸ per la quale fu emanata

«Il ruolo delle tecniche nell'ambito della conservazione e del restauro è strettamente legato alla ricerca scientifica interdisciplinare sugli specifici materiali e sulle specifiche tecnologie utilizzate nella costruzione, riparazione e restauro del patrimonio costruito. L'intervento scelto deve rispettare la funzione originale ed assicurare la compatibilità con i materiali, le strutture ed i valori architettonici esistenti. I nuovi materiali e le nuove tecnologie devono essere rigorosamente sperimentati, comparati e adeguati alle reali necessità conservative. [...]Dovrà essere stimolata la conoscenza dei materiali e delle tecniche tradizionali e per la loro conservazione nel contesto della moderna società, essendo di per se stesse una componente importante del patrimonio».

²²⁷ S. LAGOMARSINO, *La nuova normativa sismica è buona per il restauro?*, in Atti del Convegno *Responsabilità nella conservazione del costruito storico*, A. Centroni e M.G. Filetici (a cura di), ARCo Associazione per il recupero del costruito, Roma, Villa Medici 29-30 Novembre 2010, Gangemi editore, p.94.

²²⁸ Il terremoto di Messina del 1908 segna l'inizio del processo di classificazione sismica del territorio nazionale attraverso uno studio sistematico e scientifico degli eventi sismici, oltre alla diffusione a larga scala delle tecniche di consolidamento fondate sull'uso di strutture in cemento armato. Dopo il sisma di Messina si intraprende una prima classificazione sismica del territorio italiano, aggiornata con il susseguirsi dei diversi terremoti. La catalogazione avveniva, infatti, non attraverso un vero studio sismologico e geodinamico dei suoli ma in maniera empirica e statistica. Tutte le aree colpite prima del 1908 quindi non avevano classificazione e risultavano non sismiche. Con la legge del 2/2/1974 n.64 il Ministero dei Lavori Pubblici si impegna ad aggiornare, secondo stabilite modalità, la classificazione delle zone sismiche in maniera differenziata (vedi capitolo 3.4.5. parte I). Nel 1980 un progetto del CNR, poi tradotto in regolamento nel 1981 e 1984, propone, per la prima volta, una metodologia di classificazione basata su strumenti quantitativi omogenei per tutto il territorio nazionale. Fino al 1998 la competenza della zonizzazione sismica del territorio spettava al Ministero dei Lavori Pubblici. Con il D. lgs. n.112/1998 questa competenza passa alle regioni mentre allo Stato spetta il compito di stabilire i criteri generali. Nel 1999 la competenza in materia di sismicità viene delegata dal Ministero dei Lavori Pubblici alla neo istituita Agenzia di Protezione Civile, con D. lg. 300/1999. Con il D. lg 343/2001, infine, la competenza passa alla Protezione Civile, che sostituisce l'agenzia mai entrata in vigore. Di fatto, dal 1984 al 2003, data di entrata in vigore dell'Ordinanza 3274, sia la

l'O.P.C.M. n. 3274 del 20 marzo 2003²²⁹, secondo un'impostazione coerente con quella delle principali normative mondiali e dell'Eurocodice 8²³⁰. L'ordinanza 3274 estese la protezione sismica a tutto il territorio nazionale attraverso una nuova zonazione²³¹; riconobbe il miglioramento sismico come unico intervento possibile per il patrimonio culturale, sostanzialmente riferito ad interventi di tipo locale su singoli elementi della fabbrica; e richiese che entro cinque anni fosse valutata la sicurezza sismica del patrimonio tutelato collocato nelle aree a maggior pericolosità.

Si afferma nuovamente, e in modo chiaro, che per i beni tutelati è in ogni caso possibile limitarsi ad interventi di miglioramento ma si richiede anche il calcolo dei livelli di accelerazione del suolo corrispondenti al raggiungimento delle condizioni limite di sicurezza. Si abbandona esplicitamente il carattere convenzionale e puramente prescrittivo delle vecchie regole *«a favore di una impostazione esplicitamente prestazionale, nella quale gli obiettivi della progettazione che la norma si prefigge vengono dichiarati, ed i metodi utilizzati allo scopo [...] vengono singolarmente giustificati»*. Questa impostazione comporta maggiori responsabilità per i progettisti e la conseguenza immediata consiste in una maggiore libertà operativa, estremamente positiva nel caso degli edifici di interesse storico per i quali è difficile applicare prescrizioni costruttive vincolanti e per lo più definite per l'edilizia corrente. Essa avrebbe dovuto condurre ad una maggiore consapevolezza e giustificazione nella definizione degli interventi ora proposti e non più imposti²³²; il

classificazione che le norme sismiche non erano mai state aggiornate, nonostante il Gruppo Nazionale Difesa dai Terremoti (GNDT) e il Dipartimento di Protezione Civile (DPC) avessero, già dal 1996, intrapreso diversi studi su tali tematiche. Nel 1997 infatti il DPC aveva intrapreso una classificazione sismica del territorio italiano. Nel 1998 era stata istituita una commissione con il compito di dettare di criteri con cui le Regioni avrebbero potuto procedere con la classificazione, come previsto del decreto legislativo 112/1998, i cui risultati vennero pubblicati nella relazione dell'anno seguente. Nel 2000 il GNDT e il Servizio Sismico Nazionale (SSN) propongono una prima mappa di pericolosità. Nel 2002 il DPC e il SSN propongono una bozza per la definizione di criteri di classificazione sismica da presentare alle regioni, sulla base del lavoro già fatto nel 1998.

²²⁹ Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, G.U. n.105 dell'8/5/2003

²³⁰ La relazione della Commissione scientifica incaricata di redigere questa Ordinanza sottolinea che le operazioni condotte sono state sostanzialmente indirizzate alla omogeneizzazione delle norme italiane al sistema degli Eurocodici (in particolare l'EC8); all'eliminazione della differenza tra 'zone classificate' e 'zone non classificate', che di fatto sottintendeva zone sismiche o non sismiche. Il quadro normativo di riferimento precedente era costituito dal DM LL. PP. 16 gennaio 1996, *Norme per la costruzione degli edifici in zona sismica*, ritenuto superato perché fornisce indicazioni di tipo prescrittivo e non prestazionale, come invece previsto dagli Eurocodici. Esso, inoltre prevedeva ancora delle zone non sismiche

²³¹ *Normativa tecnica per le costruzioni in zona sismica e connessa classificazione sismica del territorio nazionale*, Documento esplicativo, 15 gennaio 2003, gruppo di lavoro: G.M. CALVI (coordinatore), E. BOSCHI, P.E. PINTO, E. COSENZA, M. DOLCE, M. STUCCHI. Collaboratori: F. SORBETTA (Dipartimento della Protezione Civile), F. MAZZOLANI (Università di Napoli "Federico II").

²³² C. BLASI, *Il "miglioramento è (talvolta) il maggior nemico del bene. Note sulla normativa tecnica e sulla recente ordinanza per le zone sismiche*, in atti del convegno *Restauro e consolidamento dei beni architettonici e ambientali. Problematiche attuali*, Napoli, 31 marzo -1 aprile 2003, a cura di A. AVETA, S. CASIELLO, F. LA REGINA, R. PICONE, Mancosu Editore, Roma 2005, pp. 147-152.

miglioramento si distingue ora dall'adeguamento non più in relazione alle tipologie d'intervento ma semplicemente per la mancanza di un prescritto livello di sicurezza²³³.

Tuttavia, l'Ordinanza 3274 non conteneva indicazioni specifiche su metodi di analisi e verifica per le strutture storiche. Per il miglioramento l'Ordinanza 3274 stabiliva che questo dovesse essere dimostrato verificando che l'insieme delle opere previste fosse «*tale da far conseguire all'edificio un maggior grado di sicurezza nei confronti delle azioni sismiche*». Si evidenziano due importanti innovazioni: innanzitutto la valutazione è sulla costruzione considerata nell'insieme e non su ogni singolo elemento costruttivo sul quale si interviene; l'esplicito riferimento al comportamento d'insieme manca nelle normative precedenti al 2003. Inoltre, l'obiettivo del miglioramento è spostato dal rinforzo locale all'uniformità del livello di sicurezza tra le varie parti della struttura. Ciò richiede un maggior lavoro da parte dei progettisti, obbligati comunque ad esaminare gli edifici nel loro insieme, ma impone una maggiore consapevolezza a livello complessivo. Non solo. È necessario dimostrare il miglioramento ottenibile con gli interventi proposti: il miglioramento deve essere quantificato per limitare interventi ingiustificati. La quantificazione degli interventi di consolidamento e la valutazione dei benefici che si possono ottenere non è però sempre un'operazione agevole e solleva un altro problema, ben più ampio: l'attendibilità dei calcoli, delle modellazioni e dei metodi di quantificazione.

Il 2003 è anche l'anno della Carta ICOMOS sui «*Principi per l'analisi, la conservazione e il restauro strutturale del patrimonio architettonico*», ratificato dalla XIV Assemblea Generale dell'ICOMOS a Victoria Falls, Zimbabwe.

Scopo del documento è dare raccomandazioni specifiche, seppur non esaustive, sui procedimenti con cui condurre le analisi, prendere decisioni ed effettuare le scelte, secondo un quadro di «*coerenza scientifica e culturale*». È proprio quello che è mancato fino a questo momento nell'evoluzione parallela tra cultura conservativa e quadro legislativo: l'apparato legislativo appare sostanzialmente meno 'avanzato' sotto il profilo culturale, nonostante i progressi scientifici in campo strutturale, che vanno dalle tecnologie informatiche, ai metodi di analisi, alle modalità d'intervento, ai materiali, ecc.

A seguito di un primo periodo di sperimentazione dell'OPCM 3274, nel 2005 viene emanata

²³³ S. LAGOMARSINO, *La nuova normativa sismica è buona per il restauro?*, in Atti del Convegno *Responsabilità nella conservazione del costruito storico*, A. Centroni e M.G. Filetici (a cura di), ARCo Associazione per il recupero del costruito, Roma, Villa Medici 29-30 Novembre 2010, Gangemi editore, p.95.

una nuova Ordinanza²³⁴, che introduce ulteriori novità nell'analisi e verifica degli edifici esistenti in muratura. Intanto, il Ministero per i beni e le attività culturali emana, nel 2004, il Codice dei Beni Culturali e del Paesaggio²³⁵, che all'articolo 29, comma 4, precisa che «*il restauro comprende l'intervento di miglioramento strutturale*». L'ordinanza tratta il tema del patrimonio culturale in modo sintetico, ribadendo che «*per i beni tutelati è in ogni caso possibile limitarsi ad interventi di miglioramento*», ma richiedendo peraltro «*di calcolare i livelli di accelerazione al suolo corrispondenti al raggiungimento di ciascuno stato limite previsto per la tipologia strutturale dell'edificio, nella situazione precedente e nella situazione successiva all'eventuale intervento*».

In sostanza, nel caso di un bene tutelato non si è tenuti ad adeguarlo sismicamente ma, in ogni caso, è necessario valutare quantitativamente la sicurezza strutturale finale e l'incremento di sicurezza conseguito con l'intervento di miglioramento. Le richieste dell'Ordinanza si inseriscono in un contesto di forte spinta verso i metodi più avanzati e complessi del calcolo strutturale, con le difficoltà connesse alle costruzioni in muratura, in particolare se tutelate. Tali metodi fino a questo momento non avevano costituito il bagaglio culturale tipico del professionista, a causa anche della formazione universitaria che si era preoccupata di indirizzare, quasi esclusivamente, alla progettazione del nuovo²³⁶.

Il quadro legislativo attuale: norme tecniche e beni culturali

Le ordinanze 3274 del 2003 e 3431 del 2005 confluiranno, poi, nelle norme tecniche del 2008²³⁷ che, insieme alle relative Istruzioni per l'applicazione²³⁸, costituiscono l'attuale riferimento legislativo italiano, nonché il punto di arrivo di una complessa evoluzione che rispecchia l'avanzamento scientifico di differenti discipline intrecciato alla prassi operativa, che si è cercato sin qui di sintetizzare, con particolare attenzione all'atteggiamento nei confronti del patrimonio architettonico.

²³⁴ Ordinanza P. C. M. n.3431, 3 maggio 2005, *Ulteriori modifiche ed interazioni all'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n.3274 del 20 marzo 2003*. L'ordinanza 3431 aggiorna l'Allegato 2, *Norme Tecniche per il progetto, la valutazione e l'adeguamento sismico degli edifici*, introducendo ulteriori novità nell'analisi e verifica degli edifici esistenti in muratura.

²³⁵ Decreto Legislativo 22 gennaio 2004, n.42, *Codice dei beni culturali e del paesaggio*, ai sensi dell'articolo 10 della legge 6 luglio 2002, n.137 (G.U. n.45 del 24 febbraio 2004).

²³⁶ C. BLASI, *Il "miglioramento è (talvolta) il maggior nemico del bene. Note sulla normativa tecnica e sulla recente ordinanza per le zone sismiche*, in atti del convegno *Restauro e consolidamento dei beni architettonici e ambientali. Problematiche attuali*, Napoli, 31 marzo -1 aprile 2003, a cura di A. AVETA, S. CASIELLO, F. LA REGINA, R. PICONE, Mancosu Editore, Roma 2005, pp. 147-152.

²³⁷ A. AVETA, *Interazioni materiche fra teorie e prassi nel restauro strutturale*, in *Antico e Nuovo: Architetture e Architettura*, a cura di A. FARLENGA, E. VASSALLO, F. SCHELLINI; Il Poligrafo, Padova 2008, pp. 635-654.

²³⁸ Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 - *Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008*.

Le Norme tecniche per le Costruzioni²³⁹ definiscono i principi per il progetto, l'esecuzione e il collaudo delle costruzioni al fine di garantire, per stabiliti livelli di sicurezza, la pubblica incolumità. Particolare rilievo assume, ai fini del nostro tema, il capitolo 8 che affronta il delicato problema delle costruzioni esistenti²⁴⁰. Le NTC risolvono le ambiguità e gli aspetti critici fino a questo momento evidenziati definendo tre categorie d'intervento: adeguamento, miglioramento e riparazione o intervento locale. Quello che nei DM dell'86 e del 96 era definito miglioramento sismico è in tutto e per tutto equivalente alla categoria della riparazione. Ogni volta che si deve semplicemente riparare un danno o intervenire localmente, non è necessario eseguire un calcolo della risposta sismica ed una valutazione quantitativa della sicurezza, in quanto si assume che a seguito di queste opere il comportamento strutturale della costruzione non venga sostanzialmente modificato e, anzi, sia migliorato rispetto allo stato precedente. Il miglioramento invece è un intervento che può modificare il comportamento globale della costruzione, nel senso di ridurre le irregolarità e le anomalie variando la rigidità e/o resistenza di alcuni elementi. La sicurezza finale raggiunta deve essere valutata attraverso un calcolo strutturale di tipo globale e confrontata con quella precedente all'intervento. Il miglioramento si distingue dall'adeguamento solo per il fatto che non è prescritta un'accelerazione al suolo di riferimento. Miglioramento e adeguamento non sono più associati a tecniche di intervento diverse; quelle prima suggerite esplicitamente dalle norme per l'adeguamento – sostituzione degli orizzontamenti con solai rigidi e pesanti, inserimento di cordoli in breccia, ecc. – non dovrebbero mai essere realizzate, perché l'osservazione dei danni a seguito degli ultimi terremoti ha dimostrato che non funzionano, oltre ad essere invasive per la conservazione della costruzione²⁴¹.

L'appendice C8A.5 della Circolare di Istruzioni esamina criticamente le possibili soluzioni tecniche per gli interventi di consolidamento sismico, delineando un approccio molto meno invasivo rispetto a quanto indicato nei D.M. del 1986 e del 1996.

Il miglioramento secondo le NTC 2008 diventa quindi un'opportunità in più che si offre al progettista per intervenire in una costruzione storica in modo efficace e conservativo. È infatti possibile realizzare interventi che introducono eventualmente anche nuovi elementi, pur conservando il modo di funzionare proprio della costruzione storica. Ovviamente è

²³⁹ MINISTRO DELLE INFRASTRUTTURE, MINISTRO DELL'INTERNO, DIPARTIMENTO DELLA PROTEZIONE CIVILE, Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008, *Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni*, Gazzetta Ufficiale n. 29 del 4 febbraio 2008, Suppl. Ordinario n. 30.

²⁴⁰ Il legislatore, consapevole della complessità delle problematiche coinvolte e della difficoltà di standardizzazione dei metodi di verifica e di progetto, dichiara di seguire, più che altrove, un approccio di tipo prestazionale, «con l'adozione di poche regole di carattere generale ed alcune indicazioni importanti per la correttezza delle fasi di analisi, progettazione ed esecuzione».

richiesto un calcolo della sicurezza sismica raggiunta e ciò potrebbe rappresentare un problema se si fosse rigidamente vincolati a dover applicare modelli non coerenti con il reale comportamento della costruzione. Nel capitolo 8, al paragrafo 8.5, si afferma però che «*il modello di calcolo per la valutazione della sicurezza dovrà essere definito e giustificato dal Progettista, caso per caso, in relazione al comportamento strutturale della costruzione*», accertato attraverso la conoscenza e la diagnosi, quindi senza il vincolo di dover adottare gli schemi previsti dalle norme per le nuove costruzioni²⁴².

In sintesi, le novità sostanziali rispetto le norme precedenti consistono nell'introduzione dei concetti di 'livello di conoscenza' e 'fattore di confidenza', di cui si dettaglierà nel seguito, e della categoria di intervento della 'riparazione', accanto al miglioramento e all'adeguamento. Sono definiti alcuni passaggi fondamentali della procedura di valutazione della sicurezza e della redazione dei progetti, che consistono nell'analisi storico critica, nel rilievo geometrico – strutturale, nella caratterizzazione meccanica dei materiali, nella definizione dei livelli di conoscenza e dei conseguenti fattori di confidenza, nella definizione delle azioni e nella relativa analisi strutturale. Per quanto riguarda le costruzioni esistenti in muratura si fa una distinzione fra meccanismi locali e meccanismi d'insieme, stabilendo che la sicurezza della costruzione va valutata nei confronti di entrambi. Poi, per le tipologie in aggregato sono definiti i criteri per l'individuazione delle unità strutturali analizzabili separatamente e delle possibili semplificazioni apportabili al calcolo.

Le richiamate NTC riguardano però l'edilizia ordinaria e il Legislatore²⁴³, consapevole che l'intervento sul patrimonio culturale richiede un'attenzione specifica, emana nel 2011 le *Linee guida per la valutazione e la riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle Norme Tecniche per le Costruzioni*, con l'intento di rendere possibile l'attività di prevenzione, in particolar modo per ciò che riguarda la tutela dei beni culturali immobili dal rischio sismico²⁴⁴. Le NTC e la relativa circolare, costituiscono, dunque, il

²⁴² S. LAGOMARSINO, *La nuova normativa sismica è buona per il restauro?*, in Atti del Convegno *Responsabilità nella conservazione del costruito storico*, A. Centroni e M.G. Filetici (a cura di), ARCo Associazione per il recupero del costruito, Roma, Villa Medici 29-30 Novembre 2010, Gangemi editore, pp.99-100.

²⁴³ Ministero per i Beni e le Attività culturali in collaborazione con il Dipartimento della Protezione Civile.

²⁴⁴ La norma, nota con l'espressione 'Linee guida', ma definita ufficialmente '*Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri per la valutazione e la riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle Norme Tecniche per le Costruzioni*' viene emanata il 12 ottobre 2007 e pubblicata sulla Gazzetta Ufficiale n.24 del 29 gennaio 2008. Nel 2011 viene riproposta con modeste modifiche, poiché in seguito all'emanazione delle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC) del 2008 si rende necessario l'adeguamento: D.P.C.M., *Linee guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale tutelato, con riferimento alle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008*, del 9 febbraio 2011, pubblicata sulla G.U. n 47 del 26 febbraio 2011, suppl. ord. n.54.

riferimento generale per tutto quanto indicato nel documento del 2011, riferito esclusivamente alle costruzioni in muratura.

La direttiva per la valutazione e la riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale si compone di sette capitoli principali e tre allegati. «*I diversi capitoli forniscono indicazioni per definire l'azione sismica, in relazione alla pericolosità del sito ed alla destinazione d'uso del manufatto, e la capacità della struttura, attraverso una corretta conoscenza e modellazione del manufatto*»²⁴⁵. Infine, sono pure definiti i criteri da seguire per il miglioramento sismico, nonché le possibili tecniche di intervento, vagliate criticamente in relazione alla loro efficacia, al loro impatto sulla conservazione e in relazione ai costi.

Novità assoluta è il riconoscimento dell'univoca e specifica competenza del Ministero per i Beni e le Attività Culturali (MiBAC)²⁴⁶ sul coordinamento e sul controllo degli interventi di tutela dal rischio sismico del patrimonio storico architettonico²⁴⁷. Con questa norma si designa un'istituzione unica di riferimento riguardo al monitoraggio e all'autorizzazione degli interventi di restauro, consolidamento, messa in sicurezza, messa a norma sul costruito di valore culturale, in ragione della sua unicità e autenticità materico – costruttiva, anche con riguardo alle strutture portanti che vengono considerate di medesimo valore e in stretta relazione con le finiture, con le decorazioni e con gli aspetti estetico – compositivi delle fabbriche storiche. Precedentemente, i progetti di intervento sulle 'strutture' architettoniche tutelate erano sottoposti alla duplice approvazione degli organi del MiBAC e dell'ex Genio Civile del Ministero dei Lavori Pubblici²⁴⁸, oggi confluito nel Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti²⁴⁹.

È anche opportuno sottolineare che le Linee guida sono espresse «*con l'intento di specificare un percorso di conoscenza, valutazione del livello di sicurezza nei confronti delle azioni sismiche e progetto degli eventuali interventi, concettualmente analogo a quello previsto per le costruzioni non tutelate, opportunamente adattato alle esigenze e peculiarità del patrimonio culturale; la finalità è quella di formulare, nel modo più oggettivo possibile, il*

²⁴⁵ art. 1.2 DPCM 09 febbraio 2011, *Linee guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale tutelato, con riferimento alle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008*, pubblicata sulla G.U. n. 47 del 26 febbraio 2011, suppl. ord. n.54.

²⁴⁶ ovvero delle Soprintendenze quali uffici periferici ministeriali.

²⁴⁷ art. 1.1 DPCM 09 febbraio 2011, *Linee guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale tutelato, con riferimento alle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008*, pubblicata sulla G.U. n. 47 del 26 febbraio 2011, suppl. ord. n.54.

²⁴⁸ La prassi di approvazione da parte del Genio Civile dei progetti sulla sicurezza strutturale nasce in Italia con la L. 1089/1971, per le nuove strutture in cemento armato e in acciaio, e con la legge 64/1974, per tutti gli edifici in zone sismiche, entrambe predisposte dal Ministero dei Lavori Pubblici.

²⁴⁹ M. NARETTO, *Conoscenza e valutazione dell'architettura: materiali, sistemi costruttivi, patologie, in Patrimonio architettonico e rischio sismico. Un percorso tra conoscenza e obiettivi di conservazione*, a cura di R. IENTILE, Celid, luglio 2013, p. 23.

giudizio finale sulla sicurezza e sulla conservazione garantite dall'intervento di miglioramento sismico».

Il capitolo 2 chiarisce l'iter da seguire per la formulazione del 'giudizio' e, in generale, affronta sinteticamente tutti gli aspetti sviluppati in dettaglio nei capitoli successivi. Innanzitutto, si specificano le tipologie di interventi per il patrimonio architettonico, «è necessario attenersi ad interventi di miglioramento, a riparazioni o ad interventi locali [...]. Con il termine di miglioramento si deve far intendere l'esecuzione di opere in grado di far conseguire all'edificio un maggior grado di sicurezza rispetto alle condizioni attuali, con un livello di protezione sismica non necessariamente uguale a quello previsto per l'adeguamento delle costruzioni [...]»;²⁵⁰ la norma non indica un livello di miglioramento minimo di sicurezza da raggiungere per ciascuna tipologia di intervento, ma lascia libertà operativa al progettista sulla base di opportune valutazioni qualitative e quantitative poichè «l'obiettivo è evitare opere superflue favorendo il criterio del minimo intervento»²⁵¹.

Si individuano tre livelli di valutazione della sicurezza – LV1, LV2 ed LV3 – che rispecchiano la 'scala' dell'intervento. Nel caso di verifiche estese a 'scala territoriale' la valutazione della sicurezza andrà svolta con 'metodi semplificati', diversi da quelli utilizzati per il progetto di intervento di miglioramento, basati su un numero ridotto di parametri geometrici o meccanici, fondando soprattutto sull'utilizzo di dati qualitativi come interrogazione visiva, lettura dei caratteri costruttivi, rilievo critico e stratigrafico. Per valutazioni più accurate, su singoli manufatti, gli strumenti da adottare sono quelli definiti per la progettazione degli interventi di miglioramento secondo il livello denominato LV3: «riparazioni o interventi locali interessano porzioni limitate della costruzione, e devono essere soggetti a verifiche locali; [...] è comunque richiesta una valutazione della sicurezza complessiva, in forma semplificata»²⁵². Per la progettazione degli interventi a scala architettonica sono quindi introdotti due diversi livelli di valutazione, LV2 e LV3. Con il livello LV2 si intendono le valutazioni da adottare in caso di interventi su zone limitate del manufatto; in questo caso, si badi bene, la valutazione dell'azione sismica allo SLV e, quindi, della sicurezza è comunque richiesta, ma effettuata con gli strumenti del livello LV1, quindi con l'utilizzo di "modelli semplificati". Con il livello LV3 si intendono, invece, gli interventi di miglioramento, dunque interventi diffusi, che però non devono in ogni caso modificare il funzionamento strutturale accertato dal percorso della conoscenza. Anche in questo caso le

²⁵⁰ Art. 2.2 D.P.C.M. 09 febbraio 2011.

²⁵¹ Art. 2.2 D.P.C.M. 09 febbraio 2011.

²⁵² Art. 2.2 D.P.C.M. 09 febbraio 2011.

valutazioni devono riguardare l'intero manufatto e possono impiegare un "modello strutturale globale" se ritenuto attendibile e – questo è l'aspetto più interessante sul quale riflettere –, i metodi di analisi locale previsti per il livello LV2 – rendendo, quindi, ancora possibile l'utilizzo di "modelli semplificati" – purché applicati in modo "generalizzato" su tutti gli elementi della costruzione. Infine, il livello LV3 può essere utilizzato anche quando viene richiesta un'accurata valutazione della sicurezza del manufatto, sebbene in assenza di un progetto di intervento. È finalmente maturata la consapevolezza che «[...] esistono oggettive difficoltà a definire procedure di verifica dei requisiti di sicurezza [...]. In queste valutazioni spesso si riscontrano incertezze in merito sia al modello di comportamento, sia ai parametri che lo definiscono. Pur nella consapevolezza che non sempre si possono applicare ai beni culturali tutelati le prescrizioni di modellazione e verifica indicate per gli edifici ordinari» è necessario procedere ad una valutazione «con i modelli ritenuti più affidabili» e dunque «Spesso è opportuno accettare un livello di rischio più elevato rispetto a quello delle strutture ordinarie, piuttosto che intervenire in modo contrario ai criteri di conservazione del patrimonio culturale».

Un altro aspetto rilevante della direttiva è nel riconoscimento delle responsabilità dei soggetti coinvolti: «Il committente deve essere consapevole dell'indice di sicurezza sismico raggiunto dal manufatto a seguito dell'intervento progettato». Il fatto che il committente, ovvero il proprietario o l'amministratore, siano messi a conoscenza di un livello di sicurezza che può essere inferiore a quello degli edifici nuovi, ma che può anche essere considerato sufficiente per l'utilizzo del manufatto, sconvolge le regole di responsabilità tradizionali. Il committente conosce il livello di sicurezza del manufatto attraverso la 'vita nominale' di quest'ultimo; è questo un altro concetto fondamentale della Direttiva che consiste nella valutazione del periodo nel quale la struttura può essere considerata sicura, ovvero il periodo nel quale la struttura è in grado di sopportare l'azione sismica che ha una fissata probabilità di occorrenza nel periodo di riferimento ad essa collegato. Il committente deve essere consapevole del significato della vita nominale per le implicazioni che questo concetto determina in termini di protocolli di manutenzione e future verifiche da eseguire entro la scadenza della vita nominale.

La vita nominale non è legata alla vita della costruzione, ovvero alla sua età; la valutazione viene effettuata oggi, con la mappa di pericolosità sismica aggiornata e considerando lo stato attuale del manufatto. Il tempo trascorso dal momento della costruzione ad oggi non ha quindi influenza sulla verifica. Come evidenzia il prof. Sergio Lagomarsino, «il tempo è la parola chiave per la conservazione del patrimonio culturale. Il controllo periodico, visivo o

con tecnologie per il monitoraggio e la manutenzione da sempre sono gli strumenti per conservare le costruzioni dal degrado e dalle trasformazioni antropiche e dell'ambiente. Il periodo di riferimento, direttamente legato alla vita nominale, è invece lo strumento per valutare le azioni sismiche da usare nelle verifiche e per programmare nel tempo le azioni di prevenzione. Realizzare quindi interventi 'leggeri' di miglioramento, che garantiscano una costruzione tutelata per una vita nominale relativamente breve, non deve spaventare perché significa semplicemente dilazionare nel tempo gli interventi preventivi, evitando di pretendere un'effimera eternità ed essendo consapevoli dei progressi delle conoscenze e della necessità di seguire le evoluzioni della costruzione e dell'ambiente che la circonda»²⁵³.

In sostanza, per la valutazione della sicurezza sismica ed il progetto degli interventi di miglioramento dei beni culturali è necessario conseguire una adeguata conoscenza della struttura che consenta di individuare le caratteristiche degli elementi che determinano il comportamento strutturale; adottare uno o più modelli meccanici della struttura o di macroelementi in grado di descriverne la risposta sotto azione sismica e scegliere uno o più metodi di analisi per eseguire valutazioni con un livello di accuratezza adeguato alle finalità dello studio; (il livello di conoscenza acquisito diventa fondamentale per la scelta del modello meccanico e per la valutazione della sua affidabilità), definire un livello di sicurezza sismica di riferimento; valutare la vita nominale allo stato di fatto; progettare l'intervento di miglioramento sismico e, di conseguenza, valutare la vita nominale nello stato di progetto per comprendere il 'miglioramento' conseguito; infine, adottare opportune regole di dettaglio nella realizzazione degli interventi, rispettando i criteri disciplinari del restauro²⁵⁴.

Il capitolo 3 rimanda alle NTC del 2008 per il calcolo dell'azione sismica di riferimento.

Il capitolo 4, invece, istituisce il percorso della conoscenza, *«presupposto fondamentale ai fini di una attendibile valutazione della sicurezza sismica attuale sia per la scelta di un efficace intervento di miglioramento»*. Il percorso della conoscenza può ricondursi ad alcune attività: l'identificazione della costruzione, ovvero la localizzazione in relazione a particolari aree a rischio ed il rapporto di questa con il contesto circostante; il rilievo geometrico della costruzione nello stato attuale; l'individuazione degli elementi costituenti l'organismo resistente; l'identificazione dei materiali, del loro stato di degrado e delle proprietà

²⁵³ S. LAGOMARSINO, *La nuova normativa sismica è buona per il restauro?*, in Atti del Convegno *Responsabilità nella conservazione del costruito storico*, A. CENTRONI E M.G. FILETICI (a cura di), ARCo Associazione per il recupero del costruito, Roma, Villa Medici 29-30 Novembre 2010, Gangemi editore, p.105.

²⁵⁴ Art. 2.5 – *Modellazione strutturale, analisi sismica e progetto degli interventi di miglioramento*, DPCM 09 febbraio 2011 *Linee guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale tutelato, con riferimento alle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008*, pubblicata sulla G.U. n 47 del 26 febbraio 2011, suppl. ord. n.54.

meccaniche, la conoscenza del sottosuolo e delle strutture di fondazione²⁵⁵; anche la conoscenza può essere conseguita con diversi livelli di approfondimento.

L'espressione 'percorso di conoscenza' è caratteristica del lessico del restauro. Riproporla agli operatori come traccia essenziale per la sicurezza sismica delle strutture, tutelate e non tutelate, è un fatto significativo, in quanto impone agli stessi un approfondimento dell'essenza e del valore dei manufatti. Il progettista è tenuto, sotto la propria responsabilità e in base alla propria sensibilità, ad approfondire la storia del manufatto per scegliere le metodologie di analisi più opportune e per effettuare valutazioni 'quantitative' e 'qualitative'. Si impone ai progettisti un diverso approccio, con nuove responsabilità; non ci sono 'programmi' automatici e risultati asettici che garantiscono il rispetto delle norme. Si prova a mettere in luce che il consolidamento nel Restauro non è solo un intervento tecnico, ma parte integrante del progetto di restauro finalizzato alla conservazione, come già molti anni prima Roberto Di Stefano ha evidenziato. *«La norma deve essere intesa nel senso che gli interventi di consolidamento [...] devono essere progettati e realizzati con le stesse regole e la stessa filosofia degli interventi di restauro, finalizzati alla conservazione [...]»*²⁵⁶. Ciò implica che è *«necessario avere la massima conoscenza storica e materica del manufatto, rispettare il principio del minimo intervento e, in genere, avere la stessa cura nella realizzazione delle opere di consolidamento che è obbligatoria ogni volta che si interviene su un 'bene' culturale storico: i principi del restauro devono essere applicati agli interventi sulle strutture. Il progettista deve per tanto conoscere sia le regole della stabilità delle strutture murarie, sia le proprietà meccaniche dei materiali, che la storia e le teorie del restauro»*²⁵⁷.

Il progetto di conoscenza per la valutazione e mitigazione del rischio sismico dei beni architettonici non si discosta metodologicamente da un più generale progetto di conoscenza per la conservazione. La sua 'qualità' e il grado di raffinatezza, tuttavia, possono incidere sulla effettiva salvaguardia dei manufatti in caso di sisma e sulle ipotesi di interventi preventivi che non snaturino la consistenza storico – strutturale del costruito storico, con

²⁵⁵ Art. 4.1- *Il percorso della conoscenza*, DPCM 09 febbraio 2011 *Linee guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale tutelato, con riferimento alle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008*, pubblicata sulla G.U. n 47 del 26 febbraio 2011, suppl. ord. n.54.

²⁵⁶C. BLASI, *Conoscenza empirica e analisi delle strutture*, in *Architettura storica e terremoti. Protocolli operativi per la conoscenza e la tutela*, a cura di C. BLASI, Wolters Kluwer Italia, novembre 2013, p. 8-9.

²⁵⁷ C. BLASI, *Conoscenza empirica e analisi delle strutture*, in *Architettura storica e terremoti. Protocolli operativi per la conoscenza e la tutela*, a cura di C. BLASI, Wolters Kluwer Italia, novembre 2013, pp.8-9.

l'obiettivo del miglioramento strutturale²⁵⁸.

Proseguendo sui contenuti della Direttiva, il capitolo 5 si occupa dei modelli per la valutazione della sicurezza sismica da adottare a valle del percorso della conoscenza. La valutazione della sicurezza deve essere di tipo qualitativo e quantitativo. Per quanto riguarda gli aspetti qualitativi, gli elementi da considerare sono due: la conformità della costruzione alle regole dell'arte e il 'collaudo' della storia, di cui l'esistenza stessa della costruzione ci dà testimonianza. Alle valutazioni qualitative vanno affiancate valutazioni quantitative. Per quanto riguarda la valutazione quantitativa occorrono analisi strutturali basate su modelli interpretativi di diverso grado di accuratezza che riguardano l'intera costruzione o sue parti. Nel caso degli edifici esistenti in muratura la direttiva prevede diversi metodi di analisi in funzione del modello con il quale vengono descritte le strutture ed il comportamento sismico di queste: analisi statica lineare, analisi dinamica modale, analisi statica non lineare, analisi dinamica non lineare²⁵⁹.

I manufatti in muratura collassano prevalentemente per meccanismi locali, per cui i modelli strutturali globali sono per lo più inattendibili, mentre le analisi basate sui meccanismi locali sono sempre applicabili.

Ancora, il Capitolo 6 è dedicato ai criteri da seguire nella scelta dell'intervento e alle possibili tecniche²⁶⁰: «La scelta della strategia e della tecnica d'intervento, nonché l'urgenza di attuarlo, dipendono dai risultati della precedente fase di valutazione»; gli interventi dipendono dalla valutazione 'critica' della precedente fase di analisi e modellazione e, più avanti, «L'obiettivo principale resta sempre la conservazione non solo della materia ma anche del funzionamento strutturale accertato». In più parti della norma, in generale, è evidente la volontà di tramandare lo spirito con cui affrontare la progettazione nel campo del restauro, una 'filosofia' che appartiene alla disciplina del Restauro dal 1783, data in cui si conviene sia nata la pratica del restauro architettonico ad opera di Viollet le Duc che per primo definisce la pratica del restauro. L'intervento strutturale deve rispondere a tutti i principi della disciplina della conservazione, che interessa non solo la materia ma

²⁵⁸ NARETTO M., *Conoscenza e valutazione dell'architettura: materiali, sistemi costruttivi, patologie*, in *Patrimonio architettonico e rischio sismico. Un percorso tra conoscenza e obiettivi di conservazione* a cura di R. IENTILE, Celid, luglio 2013, pp.26-27.

²⁵⁹ Vedi pp.

²⁶⁰ «È assunto dunque che gli interventi sulle strutture, volti a ridurre la vulnerabilità sismica, sono da valutarsi nel quadro generale della conservazione della costruzione» art. 6.1 – *Strategie per la scelta dell'intervento di miglioramento*, DPCM 09 febbraio 2011 *Linee guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale tutelato, con riferimento alle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008*, pubblicata sulla G.U. n 47 del 26 febbraio 2011, suppl. ord. n.54.

anche il sistema strutturale. La Direttiva sottolinea pure l'importanza della manutenzione come strumento efficace anche nella prevenzione dai danni sismici e, parallelamente, pone l'accento sul possibile effetto degli interventi di adeguamento impiantistico che, anche se originati da esigenze non espressamente strutturali, in molti casi possono produrre indebolimenti significativi²⁶¹. L'intervento deve essere rivolto a singole parti del manufatto, deve essere contenuto in estensione e numero, deve evitare di alterare la distribuzione delle rigidità degli elementi e va realizzato se sono accertati i benefici.

Nonostante l'intervento sia rivolto a singole parti, è però «*indispensabile*» una visione d'insieme che valuta e giustifica l'operazione «*portando in conto gli effetti della variazione di rigidità e resistenza degli elementi*». Ancora, gli interventi devono rispettare la concezione e le tecniche originarie della struttura e le trasformazioni significative avvenute nel corso della storia del manufatto. Di conseguenza, gli elementi strutturali danneggiati devono essere riparati piuttosto che sostituiti e le deformazioni e alterazioni, costituendo una testimonianza del passato, dovrebbero essere mantenute adottando misure atte a limitare gli effetti negativi sulle condizioni di sicurezza.

Le Linee Guida individuano poi le diverse 'strategie di intervento'²⁶² premettendo che «*gli interventi possibili per ciascuna patologia o forma di vulnerabilità sono generalmente più d'uno, con caratteristiche diverse in termini di efficacia, invasività, reversibilità, compatibilità, durabilità e costi*»; la soluzione al problema dell'intervento strutturale sul bene di pregio storico-artistico non presenta un risultato 'esatto' e non esiste una corrispondenza biunivoca tra patologia e intervento.

Gli interventi sono raggruppati non tanto secondo gli elementi architettonici – come era nelle istruzioni del Comitato Ballardini – ma considerando le diverse vulnerabilità: interventi volti a ridurre le carenze dei collegamenti, interventi volti a ridurre le spinte di archi e volte ed al loro consolidamento, interventi volti a ridurre l'eccessiva deformabilità dei solai ed al loro consolidamento. Ancora, con riferimento invece agli elementi costruttivi, si hanno indicazioni per gli interventi in copertura e per gli interventi su pilastri e colonne. In genere vengono privilegiate le tecniche tradizionali²⁶³ senza precludere l'uso di materiali e tecniche innovative, purché ne sia verificata l'efficacia, la compatibilità e la reale necessità. Sono,

²⁶¹ LAGOMARSINO S., *Linee guida per la protezione del patrimonio culturale dal rischio sismico*, in atti del VI convegno nazionale ARCo Quale sicurezza per il patrimonio architettonico?, Mantova, Palazzo Ducale 30 novembre – 2 dicembre 2006 Nuova Argos, pp.70-89.

²⁶² Capitolo 6.3 – *Operazioni tecniche d'intervento*, DPCM 09 febbraio 2011 *Linee guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale tutelato, con riferimento alle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008*, pubblicata sulla G.U. n 47 del 26 febbraio 2011, suppl. ord. n.54.

²⁶³ inserimento di catene, collegamenti puntuali degli orizzontamenti, contrafforti, sottarchi, tavolati incrociati di irrigidimento dei solai, cerchiature

invece, chiaramente criticati gli interventi invasivi che modificano il comportamento originario, in genere attraverso aumenti delle masse e irrigidimenti: cordoli in cemento armato realizzati in breccia, sostituzione dei solai e delle coperture, cappe armate sopra le volte, inserimento di anime metalliche o micropali nelle colonne. La strategia del miglioramento deve comunque partire da una valutazione del funzionamento accertato e dalla individuazione delle eventuali anomalie e vulnerabilità specifiche.

Il Capitolo 7, infine, è il quadro di sintesi di quanto enunciato nel testo della Direttiva. Si sottolinea, ancora una volta, che *«[...] il valore dell'indice di sicurezza sismica non deve essere inteso come parametro per una verifica cogente, ma come un importante elemento quantitativo da portare in conto, insieme ad altri, in un giudizio qualitativo complessivo, che consideri le esigenze di conservazione, la volontà di preservare il manufatto dai danni sismici ed i requisiti di sicurezza, in relazione alla fruizione ed alla funzione svolta»*.

La valutazione della sicurezza è pertanto il risultato di un giudizio qualitativo che tiene conto di diversi fattori, tra i quali l'incertezza dei dati numerici, qualunque sia il tipo di analisi effettuato. Si tenta di non accettare le ipocrisie sull'affidabilità dei risultati numerici e si riconosce che, nella maggior parte dei casi, i manufatti storici non potranno mai essere adeguati senza alterarli in modo inaccettabile.

CAPITOLO II

DALL'ARCHITETTURA AI CENTRI STORICI: VULNERABILITÀ SISMICA E PREVENZIONE

Il forte impatto sull'opinione pubblica di reportages e inchieste giornalistiche in seguito gli effetti dei sismi dell'Umbria e delle Marche del 1997 evidenziò con cruda efficacia l'estrema fragilità dei monumenti e, più in generale, del costruito storico in aree sottoposte a terremoti; per cui, si impose, all'attenzione della comunità scientifica, il problema della grande vulnerabilità del patrimonio architettonico. Di fronte ai disastri sismici emerge l'inadeguatezza della tutela del patrimonio architettonico in due momenti fondamentali per la sua sopravvivenza: l'emergenza e la prevenzione. La giustificazione di tale criticità, in genere, quando si parla di prevenzione, è di carattere economico: la scarsità delle risorse non permette di attuare programmi di prevenzione di un patrimonio la cui estensione richiederebbe investimenti sterminati.

In realtà, è difficile far passare l'idea che sia necessario impiegare uomini, mezzi e risorse affinché non succeda nulla; il restauro, inteso come azione diretta sul bene, si misura in termini positivi, ovvero di interventi fatti, sebbene sia in realtà l'emblema della «più totale distruzione che un edificio possa subire»; al contrario, la prevenzione, intesa come un insieme di operazioni indirette e poco impattanti, si misura in termini negativi, ovvero di danni non avvenuti, ma è in realtà il risultato di un successo che si manifesta nella conservazione stessa del bene.

Il capitolo mette in luce il frutto delle ricerche recenti nello sviluppo di procedure speditive e analitiche indirizzate alla conoscenza del patrimonio architettonico, in particolare dei tessuti storici, al fine di individuare le vulnerabilità strutturali a scala architettonica e urbana. La finalità è quella di un'azione preventiva che, a livello territoriale, si manifesti nella programmazione di priorità d'intervento e, a livello architettonico, nella possibilità di valutazione del rischio. Questo, a seconda del livello di approfondimento conoscitivo raggiunto, può essere valutato mediante procedure speditive di tipo qualitativo e/o analitiche di tipo quantitativo. L'architetto restauratore si confronta con le altre competenze specialistiche, quelle di tipo urbanistico e di tipo strutturale; di conseguenza, si sostiene il principio per cui le attività di conservazione sul patrimonio architettonico sono il risultato di competenze multidisciplinari per il coordinamento delle quali occorre una visione 'orizzontale' capace di relazionare le parti tra loro per un equilibrato giudizio finale che contempi le ragioni della conservazione e le esigenze di sicurezza.

2.1 Centri storici in zona sismica: la conoscenza 'integrata' dell'architettura in aggregato.

La conoscenza della costruzione storica in muratura è il presupposto fondamentale ai fini di un'attendibile valutazione della sicurezza sismica e, dunque, della progettazione di un buon intervento di miglioramento sismico, se necessario²⁶⁴.

La fase della conoscenza è parte del processo di conservazione, «*ossia di perpetuazione di esiti storici e materiali trascorsi, attraverso i quali la memoria, sistematicamente raccolta, trova nuovi riferimenti di arricchimento e nuove conferme*»²⁶⁵. Questa può compiersi per successivi momenti di approfondimento, attraverso un 'percorso'²⁶⁶ che – a partire dal rilievo geometrico e dai diversi tematismi in cui questo si articola – conduce ad una valutazione intuitiva del suo comportamento e all'individuazione dei valori tangibili e intangibili di questa, per poi definire, attraverso la modellazione della realtà, la fase di calcolo, che conduce ad un giudizio sulla sicurezza e, eventualmente, alla definizione dell'intervento.

Sono questi i presupposti che caratterizzano il progetto di miglioramento sismico dell'architettura storica, ossia quel progetto di conservazione della concezione strutturale originaria e delle successive stratificazioni strutturali, capace di rispettare l'equilibrio che si è stabilito nella fabbrica con il trascorrere del tempo²⁶⁷ e di contenere il decadimento della struttura, per assicurarne un uso che la faccia vivere nella testimonianza dei suoi valori originari e di quelle stesse trasformazioni che fanno parte della sua consistenza²⁶⁸.

L'intervento di consolidamento è, dunque, come già sottolineato²⁶⁹, parte integrante di un progetto di restauro e con esso ha lo scopo di conservare l'architettura storica; anche Marco

²⁶⁴ L. SANTORO, *Rischio sismico e patrimonio monumentale. Linee guida*, Dario Flaccovio editore, settembre 2007, p.43.

²⁶⁵ M. DALLA COSTA, *Il progetto di restauro per la conservazione del costruito, Scuola di specializzazione in storia, analisi e valutazione dei Beni Architettonici e Ambientali*, Politecnico di Torino - Regione autonoma Valle d'Aosta, Celid, Torino 2000, p. 13. La citazione è riportata in R. IENTILE, *Per un consolidamento consapevole dei beni architettonici*, Celid, agosto 2011, pp.9-11.

²⁶⁶ Come definito al Cap. IV del D.P.C.M. 09 febbraio 2011, *Valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14-01-2008*, G.U. n.47 del 26 febbraio 2011, suppl. ordinario n.54.

²⁶⁷ Questi concetti sono spesso disattesi nella prassi operativa. Un caso studio di approfondimento che evidenzia questi aspetti è: R. IENTILE, *Il consolidamento come strategia di connessione tra sicurezza strutturale e conservazione: analisi critica di un intervento "nascosto"*, in A. AVETA, S. CASIELLO, F. LA REGINA, R. PICONE (a cura di), atti del convegno *Restauro e consolidamento dei beni architettonici e ambientali. Problematiche attuali*, Napoli, 31 marzo-1 aprile 2003, Mancosu Editore, 2005, pp.107-112. Invece, un caso studio che manifesta l'attuazione dei concetti teorici nella prassi operativa è riportato in: C. DONÀ, *Sicurezza strutturale e conservazione del costruito storico: alla ricerca di una reciproca conciliabilità*, in Atti del XIII convegno ANIDIS – L'ingegneria sismica in Italia, Bologna, Palazzo Re Enzo 28 giugno – 2 luglio 2009.

²⁶⁸ R. IENTILE, *Per un consolidamento consapevole dei beni architettonici*, Celid, agosto 2011, pp.9-11.

²⁶⁹ Il concetto è espresso anche nel Cap. I, in particolare con riferimento al contributo teorico e operativo di R. Di Stefano che delinea in diverse occasioni il reale rapporto che deve sussistere tra le attività del consolidamento e il restauro architettonico.

Dezzi Bardeschi unisce al concetto di restauro quello di decadimento strutturale, e al concetto di decadimento strutturale quello di conservazione²⁷⁰. In sostanza, non può esserci restauro dell'architettura storica senza un programma preciso e definito di interventi strutturali, redatto negli stessi tempi della discussione generale dell'intervento²⁷¹.

È chiaro che ai fini della questione del miglioramento sismico del patrimonio di architettura storica, il problema della conoscenza, ovvero della definizione della qualità minima del progetto di conoscenza per l'esistente, è un fattore determinante per il raggiungimento dell'obiettivo di conservazione dello stesso, garantendone, al contempo, la necessaria sicurezza. Si pone innanzitutto il problema del livello di approfondimento della conoscenza e della "scala" a cui riferirla.

Possiamo cominciare con l'individuazione di due momenti diversi in cui è possibile 'conoscere' ciò di cui abbiamo bisogno; dall'individuazione di questo momento derivano diversi approcci operativi: è possibile una conoscenza a posteriori o una conoscenza anteriore al verificarsi dell'evento sismico.

È intuitivo comprendere che il progetto di conoscenza per la conservazione dovrebbe essere realizzato prima e non dopo il sisma, affinché l'esecuzione di opere non "a guasto avvenuto", limiti i possibili danni sismici. Cosa più difficile è, invece, comprendere i limiti 'fisici' dell'oggetto su cui concentrare le analisi e quanto approfondire queste; insieme alle istanze storiche ed estetiche è necessario riconoscere anche quelle strutturali – costruttive. Il tentativo di comprensione degli aspetti strutturali e costruttivi ha come scopo ultimo anche quello di quantificare il comportamento meccanico, espresso da deformazioni, dissesti e stati tensionali. L'impiego di modelli numerici o lo studio dell'equilibrio dinamico diventa così uno strumento di verifica e di interpretazione di quanto storicamente avvenuto da mettere in campo in una fase successiva, già di dettaglio, in prospettiva di un possibile intervento di miglioramento sismico dell'unità strutturale e/o dell'aggregato oggetto di studio.

²⁷⁰ «Restaurare una fabbrica significa innanzitutto contenere il decadimento strutturale, la fatiscenza e il degrado biologico, saperla conservare, non semplicemente in effigie ma nelle sue reali strutture fisiche, nei componenti materici che ne costituiscono l'irripetibile contesto specifico, unico, individuo in cui solo consiste l'autenticità stessa dell'opera», Cfr M. Dezzi Bardeschi, *Restauro: punto e da capo*, Franco Angeli, Milano 1992, p.53.

²⁷¹ Il concetto è valido anche con riferimento al caso particolare del rudere per il quale gli interventi atti a frenare il decadimento strutturale sono ancora più necessari e urgenti. Cfr R. IENTILE, *Per un consolidamento consapevole dei beni architettonici*, *Celid*, agosto 200, pp.9-10. Per ulteriori approfondimenti vedi pure S. CASIELLO, *Tutela e Conservazione di edifici allo stato di rudere*, in «Restauro» 12/1974. Inoltre, si evidenzia che numerosi sono i casi di importanti progetti di restauro, anche recenti, che non hanno minimamente tenuto conto degli aspetti statici della costruzione, con la conseguenza del verificarsi di gravi danni in seguito al sisma; valga su tutti il caso dell'Oratorio dei Ghisilieri a L'Aquila, di cui si parlerà al Cap. III del presente lavoro.

La necessità di ampliare la conoscenza, ovvero di non limitarla al singolo edificio, ma di estenderla al tessuto urbano del quale fa parte, è emersa dall'esperienza operativa e di ricerca all'indomani del terremoto dell'Irpinia del 1980 e si è consolidata in seguito al sisma di Umbria e Marche del 1997, fino alle esperienze recenti, soprattutto applicative, in Abruzzo (2009) e in Emilia (2012).

L'obiettivo generale è dunque l'approfondimento delle conoscenze necessarie per la prevenzione sismica nel caso di edifici fortemente interconnessi con un tessuto edilizio urbano.

La fase conoscitiva deve avere una reale estensione operativa nei confronti del progetto di conservazione; è soprattutto l'approccio al costruito che deve essere corretto, *«si deve conoscere per un chiaro atto di progettazione per il costruito»*. Un progetto di restauro è un progetto multidisciplinare *«che non può e non si deve esaurire in un passivo atto di tutela, finalizzato solo alla sicurezza, ma che si deve spingere nella ricerca ideale del rapporto tra forma, struttura e destinazione d'uso, tra conservazione ed innovazione, tra passato e futuro»*²⁷².

La conoscenza degli insediamenti storici colpiti dal sisma

Innanzitutto va considerato il problema della definizione del livello di conoscenza per quei centri colpiti dal sisma in cui si deve operare in una situazione di emergenza.

L'osservazione risulta di fatto molto complessa da eseguire in situazione post sismica: individuare gli aggregati strutturali in una situazione di crollo e dissesto diffuso è certamente più complesso che in situazioni ordinarie.

Alcuni studi recenti²⁷³ propongono in una prima fase la definizione di un progetto di rimozione delle macerie al quale segue la determinazione di una struttura logica entro cui collocare tutte le informazioni da raccogliere sul campo inerenti il danno sui diversi isolati del tessuto edilizio²⁷⁴; poi, il primo problema da risolvere è il riconoscimento della configurazione volumetrica ante-sisma dell'isolato oggetto di studio, per la quale, in assenza di documentazione e supporti cartacei descrittivi, si ricorre all'osservazione delle macerie al

²⁷² C. BLASI, *Conoscenza empirica e analisi delle strutture*, in C. BLASI (a cura di), *Architettura storica e terremoti. Protocolli operativi per la conoscenza e la tutela*, Wolters Kluwer Italia, 2013, pp.13-14.

²⁷³ D. INDELICATO, *Valutazione e riduzione della vulnerabilità sismica degli aggregati edilizi nei centri storici. Il caso di Villa Sant'Angelo*, Tesi di Dottorato, Università degli studi di Catania - Dottorato di ricerca in Progetto e Recupero Architettonico, Urbano e Ambientale, XXIII ciclo, 2010.

²⁷⁴ Si individua innanzitutto un isolato campione. L'isolato campione è scelto secondo alcuni parametri: garanzia delle condizioni minime di sicurezza per gli operatori e significatività riguardo al danno subito, ovvero crolli estesi o quadri fessurativi di varia gravità, tale da permettere di compiere operazioni estendibili, per lo meno in linea teorica anche agli altri isolati.

fine di riconoscere quegli elementi che costituivano l'assemblaggio costruttivo degli edifici e la posizione da loro assunta durante il crollo²⁷⁵. Questa modalità di conoscenza del tessuto storico in situazione post sismica permette di individuare le cause dei danni subiti dall'isolato, ovvero i 'fattori di vulnerabilità', già presenti nella situazione precedente al sisma, in modo da contribuire alla individuazione di 'vincoli' progettuali futuri. Ma non solo. I risultati dello studio condotto poi su tutti gli altri isolati del tessuto storico consentono di stabilire una graduatoria di danno differenziata che contribuisce a definire le priorità nella gestione dell'intervento che segue la fase dell'emergenza e una conoscenza realisticamente puntuale rispetto a quella proveniente dalle schede di rilievo di agibilità post sismica²⁷⁶. Infine, le analisi così condotte permettono la raccolta di un campionario di elementi di forza e di debolezza pertinenti alle costruzioni murarie in aggregato che contribuisce anche ad un avanzamento della cultura locale in riferimento ai materiali e alle tecniche costruttive impiegate.

In termini di conoscenza *ex post*, da porre alla base dei successivi interventi sulla città storica colpita da un sisma, è particolarmente utile segnalare qualche studio meno recente che però contribuisce significativamente alla comprensione del senso con cui bisogna condurre le operazioni sul tessuto storico colpito dal sisma già nella prima fase della conoscenza. Il riferimento è al contributo di studi della Scuola di Specializzazione di Napoli che bene relaziona il tema della conservazione con il tema del danno subito dal patrimonio architettonico in seguito al sisma. Al fine di inventariare i centri colpiti e, dunque, di proporre una prima conoscenza delle realtà urbane gravemente colpite dal sisma del novembre del 1980, fu pubblicato nel 1982 il volume *Campania oltre il terremoto. Verso il recupero dei valori architettonici*: l'intera regione fu suddivisa in aree geografico – culturali, individuando, non i confini amministrativi di comuni e province, quanto il rapporto esistente tra i fattori naturali e la produzione dei beni culturali²⁷⁷. Il bagaglio conoscitivo elaborato costituito da catalogazione, giudizi critici e riconoscimenti di uno o più interessi (dal

²⁷⁵ Le operazioni conoscitive individuate per lo studio di ciascun isolato sono in sintesi: individuazione in pianta della posizione dei muri che delimitano i singoli edifici, ovvero le unità edilizie e le singole celle murarie, insieme con le principali dimensioni planimetriche delle cellule e degli spessori delle pareti; effettuazione di una battuta di livello sui fronti esterni, soprattutto per isolati in forte pendenza; individuazione dei numeri di piano e delle rispettive altezze interpiano; individuazione della conformazione delle coperture; individuazione della tipologia degli orizzontamenti e, soprattutto, delle manomissioni, quali cordoli in c.a., solai a differente tecnologia, ecc.; infine descrizione puntuale del danneggiamento.

²⁷⁶ Scheda AeDES di 1° livello di rilevamento danno, pronto intervento e agibilità per edifici ordinari nell'emergenza post-sismica.

²⁷⁷ Fu compiuto il censimento di tutti i 548 centri storici, di cui solo una percentuale modesta non aveva subito alterazioni del patrimonio architettonico.

linguistico, all'antropologico, all'archeologico, all'ambientale, all'architettonico e così via), documentazioni fotografiche, ecc. avrebbero potuto costituire una risorsa fondamentale per programmare interventi conservativi e sviluppo dei centri urbani, ma così non fu. Oltre che con un'azione operativa concreta sul territorio, la Scuola di Specializzazione condusse una profonda azione di sensibilizzazione dell'opinione pubblica e dei politici riguardo i rischi conseguenti all'applicazione della legge sismica del 1981²⁷⁸ non adeguata a coniugare i temi della sicurezza con quelli della conservazione, che prescriveva interventi capaci di snaturare i monumenti, cancellando stratificazioni secolari, mortificando il rispetto dell'autenticità, demolendo elementi strutturali tipici delle tradizioni costruttive locali pur di garantire la sicurezza sismica. L'unico risultato di questa intensa attività scientifica, culturale e operativa della Scuola e, in particolare, del prof. Roberto Di Stefano, direttore di questa, fu quello di bloccare molte demolizioni²⁷⁹.

Questo studio è fondamentale in particolare per un motivo che emerge già nel titolo *il recupero dei valori architettonici*, che ben evidenzia lo scopo di qualunque operazione di restauro e che distingue la qualità delle nostre attività da tutti gli altri operatori nel campo del patrimonio culturale. Tutte le ricerche che si conducono sul tema del miglioramento sismico del patrimonio di architettura storica e, dunque, delle modalità di conoscenza di questo, sono particolarmente concentrate sullo sviluppo di 'protocolli' operativi, sul 'come' piuttosto che sul 'cosa' e sul 'perché' perdendo di vista il fine delle nostre operazioni, ovvero la conservazione dei valori immateriali espressi dal tessuto materiale al fine della trasmissione di questi alle generazioni future.

²⁷⁸ Legge 14 maggio 1981, n. 219 (in Suppl. ordinario alla Gazz. Uff., n. 134, del 18 maggio). - Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 19 marzo 1981, n. 75, recante ulteriori interventi in favore delle popolazioni colpite dagli eventi sismici del novembre 1980 e del febbraio 1981. Provvedimenti organici per la ricostruzione e lo sviluppo dei territori colpiti.

Con riferimento al momento storico e all'evoluzione del quadro legislativo V. Sopra, Cap. I; in particolare 1.3 - *Legislazione italiana, Carte del Restauro e raccomandazioni: contenuti in evoluzione asincrona.*

²⁷⁹ Cfr. A. AVETA, *Note a margine della sessione IV "intervento edilizio, qualità abitativa e sicurezza sociale"*, in *Terremoto '80. Ricostruzione e sviluppo*, Convegno di Studi urbanistici per il trentennale degli eventi sismici in Campania, Basilicata e Puglia, 23-24 novembre 2010 – Fisciano (SA).

Il prof. Aldo Aveta nel contributo denuncia l'incapacità dell'amministrazione regionale nella gestione della fase post emergenza; non si seppe o non si volle cogliere l'importanza dello studio della Scuola che avrebbe potuto guidare nella definizione di tempi e azioni programmatiche. Inoltre, solo nel 2002, è stata emanata la L. R. n. 26 del 18 ottobre 2002, *Norme ed incentivi per la valorizzazione dei centri storici della Campania e per la catalogazione dei Beni Ambientali di qualità paesistica. Modifiche alla Legge Regionale 19 febbraio 1996, n.3*, (Bollettino Ufficiale della Regione Campania n.50 del 21 ottobre 2002) con anni di ritardo rispetto ad altre realtà regionali della nostra nazione; ma, in ogni caso, poco si è fatto per la salvaguardia attiva del patrimonio dei centri storici. Ad oggi la situazione presenta gli evidenti effetti di una gestione fallimentare delle risorse territoriali.

La conoscenza per la prevenzione

In questo discorso, c'è poi da considerare il vasto patrimonio non ancora colpito da un sisma che, però, subisce quotidianamente trasformazioni minute, causate dalla mancata comprensione del ruolo che questi edifici hanno ricoperto nella storia di una comunità: le trasformazioni obliterano la sostanza storica di questi edifici e spesso li rendono fragili di fronte agli eventi naturali.

Di conseguenza, si è posto il problema di mettere a punto tecniche di conoscenza che siano un valido sostegno, economicamente sostenibile, al tentativo di tramandare alle generazioni future questa risorsa con un buon grado di sicurezza. Si tratta, cioè, di concepire un iter di lavoro per approssimazioni successive: innanzitutto indagini 'speditive' che facciano scaturire 'campanelli d'allarme' per la consistenza della città storica nella sua complessità, fornendo prime e qualitative indicazioni circa le possibili criticità da indagare con successivi e più approfonditi progetti di conoscenza²⁸⁰: l'idea è di compiere un iter di lettura della città storica con l'utilizzo di alcune delle comuni analisi urbane, declinate però in modo da evidenziare punti di debolezza in chiave sismica²⁸¹. Non si analizza in questa fase il singolo edificio nelle singole specificità, ma si individuano quelle carenze e problematiche già rilevabili alla scala urbana, rimandando poi a studi particolareggiati il loro approfondimento e sviluppo.

Un esempio pratico sono gli elaborati che riguardano lo studio evolutivo di un tessuto urbano, il rilievo delle destinazioni d'uso e il rilievo speditivo dello stato di conservazione. Nel caso dello studio dell'evoluzione storica di un tessuto urbano, la lettura congiunta di epoca di formazione e successive trasformazioni può subito evidenziare le aree da ritenersi più critiche e per le quali prevedere studi di dettaglio. Ancora, un rilievo delle destinazioni d'uso, attuali ed in sequenza storica dove possibile, può evidenziare le aree in abbandono; oppure, la valutazione della modifica funzionale di edifici può portare a trasformazioni

²⁸⁰ M. GIAMBRUNO, R. SIMONELLI, *La conoscenza dei centri storici in zona sismica: un approccio metodologico*, in C. BLASI (a cura di), *Architettura storica e terremoti. Protocolli operativi per la conoscenza e la tutela*, Wolters Kluwer Italia, 2013, pp.131-132.

²⁸¹ A tal proposito alcuni esempi sono costituiti dai seguenti progetti e ricerche applicative: *Piano di ricostruzione di Fonticchio* (L'Aquila) 2012; *Conoscenza dell'Ex Quartiere IPC Regina Elena, ora Quartiere Mazzini*, Milano, analisi condotta nell'ambito dei contratti di *Quartiere II' per la predisposizione di Linee Guida per la conservazione*, 2004 (Incarico dell'Azienda Lombarda Edilizia Popolare – Aler, Politecnico di Milano, Dipartimento di Progettazione dell'Architettura, responsabile scientifico: Ottolini G., coordinatore generale: Baffa M., gruppo di lavoro: Bortolotto S., Giambruno M., Palo M.C., Simonelli R.); *Protezione conservazione e gestione del patrimonio architettonico nei centri storici – il caso del quartiere Castello di Berat*, Progetto di internazionalizzazione Italia – Albania, 2006. Istituti per i Monumenti culturali di Berat, Nalbn A., Pliku M., Politecnico di Milano, Giambruno M., Simonelli R., Gabaglio R., Palo M.C., Capretti L., Marinori R., Masciadri K., Serra L.). Gli esempi riportati sono citati in C. BLASI (a cura di), *Architettura storica e terremoti. Protocolli operativi per la conoscenza e la tutela*, Wolters Kluwer Italia, 2013.

sostanziali nell'uso e nella conformazione planimetrica, con probabili effetti di natura strutturale; anche il rilievo dei fronti urbani in continuità può fornire questo tipo di informazioni, con l'indicazione degli elementi decorativi, dei balconi, degli aggetti e nuove aperture, aggiunte, sopraelevazioni, svuotamenti. Infine, un rilievo speditivo dello stato di conservazione degli edifici di un insediamento storico può porre in luce zone che presentano maggiori problematiche di natura strutturale e per le quali prevedere approfondimenti. È evidente che non è possibile definire una volta per tutte un percorso di indagine valido per qualsiasi realtà; ma è possibile indicare un approccio che cerca di registrare e decifrare il maggior numero di informazioni possibili, e che è aperto a successivi approfondimenti emersi di volta in volta e considerati necessari per la piena comprensione delle singole realtà. Il fine è creare quel bagaglio di conoscenze indispensabili per guidare le successive analisi verso la fase progettuale, nel rispetto delle peculiarità del sito.

L'indagine a scala urbana aiuta sia nell'individuazione delle zone critiche cui riservare poi analisi di dettaglio che nella definizione delle unità minime di analisi e di progetto, che devono tener conto dell'organismo strutturale, dei caratteri urbani, morfologici e materici da preservare per tramandare la memoria della città storica nella sua complessità. Dalla conoscenza deriva la comprensione e l'interpretazione dei macro-fenomeni in atto in un contesto, evidenziandone al contempo specificità, potenzialità e criticità²⁸².

In questo quadro generale, che tiene conto dell'evoluzione disciplinare nel campo della conservazione e del restauro e, dunque, dell'ampliamento dell'oggetto meritevole di tutela²⁸³, un ulteriore passo in avanti è l'applicazione della normativa tecnica del 2008²⁸⁴ agli insediamenti storici. Questo passaggio è l'obiettivo dello "*Studio propedeutico all'elaborazione di strumenti d'indirizzo per l'applicazione della normativa sismica agli insediamenti storici*"²⁸⁵. Lo Studio, presentato il 20.04.2012 all'Assemblea Generale del Consiglio Superiore, costituisce il risultato della prima fase dell'attività svolta da un gruppo di lavoro²⁸⁶ costituito con «la finalità di effettuare una ricognizione delle problematiche

²⁸² M. GIAMBRUNO, R. SIMONELLI, *La conoscenza dei centri storici in zona sismica: un approccio metodologico*, in C. BLASI (a cura di), *Architettura storica e terremoti. Protocolli operativi per la conoscenza e la tutela*, Wolters Kluwer Italia, 2013, pp.132-136.

²⁸³ V. sopra Cap I.

²⁸⁴ D.M. 14 gennaio 2008, *Norme tecniche per le costruzioni*, G.U. n. 29 del 4 febbraio 2008 - suppl. Ordinario n. 30; D.P.C.M. 09 febbraio 2011, *Valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14-01-2008*, G.U. n.47 del 26 febbraio 2011, suppl. ordinario n.54.

²⁸⁵ In seguito sinteticamente indicato come *Studio*.

²⁸⁶ Il gruppo di lavoro, istituito con nota del Presidente del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici n.7547 del 6.9.2010 è stato costituito da: arch. Mario Avagnina, prof. Antonio Borri, arch. Fabrizio Brammerini, prof. Caterina Carocci, arch. Irene Cremonini, arch. Maria Elisabetta D'Antonio, prof. Valter Fabietti, arch.

connesse all'applicazione della normativa sismica negli insediamenti storici e di costituire una guida alla redazione di strumenti di indirizzo normativo non cogenti»²⁸⁷.

Lo Studio muove dall'esigenza di conservare «*l'originario tessuto urbano ed edilizio*» e di «*conseguire [...] adeguati livelli di sicurezza nei confronti delle azioni sismiche*». E ciò anche in relazione all'introduzione di nuovi criteri nei confronti della conservazione urbana, espressi dalla Raccomandazione UNESCO sul paesaggio storico del 27 maggio 2011. Lo Studio, si legge nella premessa, «*è finalizzato a promuovere e stimolare una "politica di prevenzione sismica attiva" a livello di insediamenti storici, concepiti, nel loro insieme morfologico e funzionale, come componente vitale dei centri urbani*». Lo studio vuole contribuire all'applicazione della normativa delle Linee Guida nei diversi contesti territoriali: «*la principale questione affrontata ha riguardato il delicato passaggio dalla lettura dei tessuti edilizi per singoli edifici (o meglio 'unità strutturali') e per aggregati, alla lettura in chiave urbanistica del centro storico, con finalità di prevenzione sismica*».

Lo Studio si compone di tre capitoli; il primo, introduttivo, che specifica i contenuti generali del documento e il campo d'azione di questo, in cui già nel titolo si evidenzia il passaggio dal concetto di 'centro storico' a quello di 'insediamento storico'; il secondo capitolo, riguarda la scala urbana ed è articolato in principi generali, quadro conoscitivo e metodologie di valutazione e, infine, criteri e azioni d'intervento; in conclusione, il terzo capitolo approfondisce invece il tema alla scala dell'aggregato, provando a correlare le analisi dell'insediamento storico a quella dei suoi aggregati edilizi e applicando i concetti della nuova normativa – livelli di conoscenza, fattori di confidenza ecc. – a questi, per poi provare a definire i criteri di intervento per la sicurezza e la conservazione dell'aggregato e, dunque, dello stesso tessuto storico.

In particolare, con riferimento alla conoscenza dei centri storici in zona sismica, il capitolo I dello studio chiarisce che l'oggetto di riferimento è l'«*insediamento storico*», «*in un'accezione allargata rispetto a quella dei vecchi "centri" urbani tradizionalmente intesi*»²⁸⁸.

Francesco Fazzio, arch. Maurizio Ferrini, ing. Eugenio Gaudenzi, prof. Sergio Lagomarsino, prof. Massimo Olivieri, prof. Manuela Ricci.

²⁸⁷ Nella presentazione si parla di una stesura finale seguente all'invio al Consiglio di contributi specialistici ed osservazioni dopo la pubblicazione di questo sul sito del Consiglio Superiore; ma ad oggi nessuna novità.

²⁸⁸ I centri storici, anche se non vincolati in maniera specifica, sono comunque da intendersi «beni culturali estesi». Infatti, oltre che sede di importanti monumenti sono rappresentazione della cultura stratificata di una comunità, luogo di memorie storiche comunitarie ed individuali, dunque, patrimonio identitario della popolazione. È quanto riportato nel voto n.92/2010 reso all'Assemblea Generale del Consiglio Superiore del 23.07.2010 relativo al parere sull'allineamento delle *Linee guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale alle nuove Norme Tecniche sulle costruzioni*.

È chiaro che il centro storico non è da considerarsi come somma di edifici da tutelare, ma come 'insediamenti e strutture urbane complesse' da tutelare e valorizzare. In questa direzione va il Codice Urbani²⁸⁹ che considera gli insediamenti storici come un'importante componente del patrimonio culturale, quale luogo privilegiato di ubicazione dei beni culturali, individuati da specifici provvedimenti²⁹⁰. Tali insediamenti, intesi come 'beni culturali complessi', sono tutelabili nell'insieme a prescindere dalla qualificazione dei singoli immobili rinvenibili al loro interno, nonché come 'beni paesaggistici'.

Queste considerazioni e indicazioni normative sono frutto della maturazione di un lungo dibattito sviluppatosi a partire dagli anni '60 del secolo scorso sul tema dei centri storici e dei principi che devono guidare le operazioni di conservazione, tutela e valorizzazione di questi²⁹¹. Si passa dal concetto espresso dalla Convenzione per la protezione dei beni culturali in caso di conflitto umano, firmata all'Aja nel 1954, di «*centri comprendenti un numero considerevole di beni culturali, detti "centri monumentali"*», alla comprensione della necessità d'includere nelle azioni di tutela l'intero contesto urbano e ambientale nel quale tali edifici di pregio sono inseriti. Infatti, di lì a poco, nel 1964, la Carta di Venezia chiarirà che la definizione di monumento storico comprende «*tanto la creazione architettonica isolata quanto l'ambiente urbano o paesistico che costituisce la testimonianza di una civiltà particolare, di un'evoluzione significativa [...]*». Sullo stesso registro si pone quanto formulato dalla Commissione Franceschini nel 1964²⁹² e il dibattito è acceso in tutta

²⁸⁹ D.Lgs. n.42 del 22 gennaio 2004, *Codice dei beni culturali e del paesaggio, ai sensi dell'articolo 10 della legge 6 luglio 2002, n. 137*, G.U. n. 45 del 24 febbraio 2004 – Suppl. Ordinario n. 28.

²⁹⁰ Provvedimenti statali – mediante le dichiarazioni di interesse storico – artistico, storico – relazionale e, per i beni di appartenenza pubblica, mediante le corrispondenti verifiche dell'interesse culturale, art. 140 del codice.

²⁹¹ Per una ricognizione sul tema si veda T. COLETTA, *La conservazione dei centri storici minori abbandonati. Il caso della Campania*, tesi di dottorato, Università degli studi di Napoli Federico II, Dottorato in Conservazione dei Beni Architettonici e del Paesaggio XVIII ciclo, anno accademico 2004-2005, Coordinatore e Tutor prof. Stella Casiello, pp. 5-13.

²⁹² Commissione d'indagine per la tutela e la valorizzazione del patrimonio storico, archeologico, artistico e del paesaggio, comunemente denominata Commissione Franceschini, istituita con legge n.310 del 26 aprile 1964. La Commissione precisa che sono da considerare centri storici urbani quelle strutture insediative «*che costituiscono unità culturale o la parte originaria e autentica degli insediamenti, e testimoniano i caratteri di una viva cultura urbana [...] Ai fini operativi, la tutela dei centri storici si dovrà attuare [...] mediante piani regolatori [...] I piani regolatori relativi ai centri storici urbani dovranno avere riguardo ai centri medesimi nella loro interezza, e si ispireranno ai criteri di conservazione degli edifici nonché delle strutture varie e delle caratteristiche costruttive, di consolidamento e di restauro, di risanamento interno igienico sanitario, in modo che, come risultato ultimo, i centri stessi costituiscano tessuti culturali non mortificati [...]*».

Europa²⁹³. Un decennio dopo, nella Carta Europea del Patrimonio Architettonico²⁹⁴ si legge che *«Il patrimonio architettonico europeo non è fondato solo dai nostri monumenti più importanti, ma anche dagli insiemi che costituiscono le nostre antiche città e i nostri tradizionali villaggi nel loro ambiente naturale o costruito [...] [che] anche in assenza di edifici eccezionali, possono offrire una qualità ambientali che ne fa un'opera d'arte diversa ed articolata; sono questi insiemi che devono essere conservati come tali»*. Si va dalla considerazione dei centri storici come 'insiemi o gruppi di edifici' a comprendere l'ambiente nel suo complesso, inclusi gli spazi aperti, gli spazi ineditati, le aree pubbliche, nonché le comunità che li abitano e li rendono vivi. La Carta del Restauro²⁹⁵, propone di considerare il valore dei centri storici anche dal punto di vista della loro 'struttura urbanistica'²⁹⁶, che *«possiede, di per sé stessa significato e valore»*; la Carta lega la salvaguardia dell'organismo urbanistico alla riorganizzazione degli insediamenti storici nel loro più ampio contesto urbano e territoriale e nei loro rapporti e connessioni con sviluppi futuri.

In questo contesto di riferimento, nel trentennio seguente il secondo conflitto mondiale, qui brevemente sintetizzato, si inseriscono pure gli studi di Piero Gazzola e Loris Fontana²⁹⁷ che propongono una 'lettura culturale delle entità territoriali' che tenga conto anche del loro 'comportamento d'uso'. L'idea cardine consiste nell'individuare entità territoriali che possono distinguersi per notevole valore culturale e per notevole valore economico. Le entità territoriali sono precise porzioni di suolo che risultano contraddistinte per valore culturale e per "caratteristiche intrinseche"²⁹⁸. Gazzola e Fontana ritengono opportuna una minuta descrizione dell'origine e della formazione delle unità territoriali enucleate, della flora e della fauna, dei modi di uso del suolo, del carattere degli insediamenti urbani, delle strutture viarie, della storia, dell'economia e dello stato di popolazione di un'area. Gli indicatori più attinenti alla vulnerabilità fisica del bene sono impiegati per i soli siti monumentali per i

²⁹³ Confrontazione A del Consiglio d'Europa tenutasi a Barcellona nel maggio 1965 e a cui si deve la definizione di primi ed importanti *«Criteri e metodi per un inventario dei siti e dei complessi di interesse storico, artistico ai fini della loro difesa e valorizzazione»*; quarta Confrontazione D (Aja, 1967), relativa alla *«Conservazione attiva dei siti e dei complessi d'interesse storico o artistico integrata nel quadro della pianificazione territoriale»*; la Confrontazione E (Avignone, 1968), che ha per tema *«La realizzazione della politica di salvaguardia e valorizzazione dei siti e dei complessi d'interesse storico-artistico»*.

²⁹⁴ Amsterdam, 1975.

²⁹⁵ Circolare Ministero Beni Culturali n.117 del 6.4.1972.

²⁹⁶ *«Per quanto riguarda i singoli elementi attraverso i quali si attua la salvaguardia dell'organismo nel suo insieme, sono da prendere in considerazione tanto gli elementi edilizi, quanto gli altri elementi costituenti gli spazi esterni (strade, piazze, ecc.) ed interni (cortili, giardini, spazi liberi, ecc.), nonché eventuali elementi naturali che accompagnino l'insieme, caratterizzandolo più o meno accentuatamente (contorni naturali, corsi d'acqua, singolarità geomorfologiche, ecc.)»*

²⁹⁷ P. GAZZOLA, L. FONTANA, *Analisi culturale del territorio: il centro storico urbano*, Marsilio Editore, 1973.

²⁹⁸ In particolare si individuano 7 entità territoriali: territorio, sistema, sottosistema, comprensorio, zona omogenea, distretto e sito

quali è chiesto di specificarne lo stato di conservazione, secondo un giudizio di carattere generale²⁹⁹. L'area denominata 'Centro Storico Urbano' costituisce un caso singolare di sito urbano che risulta caratterizzato da una complessità di ordine superiore rispetto alle altre categorie di riferimento. Da un punto di vista strettamente descrittivo, secondo Gazzola e Fontana, l'area del centro storico urbano «*non è definita dalla somma di eventuali monumenti notevoli, che possono anche mancare, bensì dalla continuità di tutti quei fatti minori e maggiori quali i tipi edilizi e il loro spazio di pertinenza, il tessuto viario, gli edifici monumentali, gli spazi pubblici, le particolarità geografiche, etc. che rappresentano la linea di sviluppo di una tradizione e di una civiltà*»³⁰⁰. L'individuazione topografica del Centro storico urbano costituisce un passaggio cruciale, in cui l'insieme degli strumenti legislativi appare insufficiente e inadeguato per comprendere appieno il valore sociale, economico e culturale posseduto dal Centro storico urbano³⁰¹. Ancora dieci anni dopo, nel 1985, La Convenzione per la salvaguardia del patrimonio architettonico d'Europa inserisce gli agglomerati rurali di interesse storico, archeologico, artistico, scientifico, sociale o tecnico e sufficientemente coerenti per essere oggetto di una delimitazione topografica, all'interno della definizione di patrimonio; nel 1990 la seconda Carta di Gubbio introduce il concetto di territorio storico, inteso come «*espressione complessiva dell'identità culturale e soggetto quindi in tutte le sue parti (città esistente e periferie, paesaggi edificati, territorio rurale) di una organica strategia di intervento*», attribuendogli il valore di risorsa identitaria, oltre che culturale.

Questo breve excursus ha lo scopo di evidenziare che lo Studio tiene conto di questa evoluzione culturale del concetto di centro storico e suggerisce alcuni 'principi' ai quali le normative regionali e i comuni possono ricorrere per individuare tali contesti, in rapporto alle caratteristiche del patrimonio, dei valori culturali e ambientali, del capitale sociale e produttivo di cui dispongono. Di conseguenza, appurato che il centro storico è da considerarsi come un insieme da tutelare e valorizzare, si invita a «*non circoscrivere in modo*

²⁹⁹ I gradi di conservazione possono essere: eccellente, buono, soddisfacente, mediocre, cattivo, pessimo. Per approfondimenti consulta: P. GAZZOLA, L. FONTANA, *Analisi culturale del territorio: il centro storico urbano*, Marsilio Editore, 1973.

³⁰⁰ P. GAZZOLA, L. FONTANA, *Analisi culturale del territorio: il centro storico urbano*, Marsilio Editore, 1973, p.77.

³⁰¹ C. ROSTAGNO, *Rassegna ragionata di definizioni di centro storico*, in S. MENONI (a cura di), *La salvaguardia dei valori storici, culturali e paesistici nelle zone sismiche italiane. Proposte per un manuale*, Gangemi Editore, 2006, pp. 33-38.

rigido l'insediamento storico al principale nucleo, ma considerare anche i suoi intorni»³⁰².

L'insediamento storico è un'unità culturale e socio-economica, l'accessibilità è parte dell'insediamento storico³⁰³; così come la variabilità nel tempo dell'insediamento storico³⁰⁴ e la periodizzazione per la definizione dello stesso³⁰⁵.

Definito l'oggetto di applicazione del documento – l'insediamento storico – il documento evidenzia il primo problema che si pone ai fini dell'applicabilità della normativa tecnica a tali insediamenti, ovvero i problemi conoscitivi e valutativi³⁰⁶. Lo strumento operativo impiegato per conseguire il giusto livello di approfondimento conoscitivo ai fini della prevenzione sismica urbana è l'aggregato. Lo studio individua tre livelli di approfondimento

³⁰² Per centro storico deve intendersi, il sistema degli insediamenti storici che ricadono nel Comune, che possono sostenersi a vicenda, con ruoli diversi, sia nella valorizzazione che nell'organizzazione dell'attività di prevenzione sismica. Il Piano Paesaggistico della Sardegna contempla sistemi storico-culturali interconnessi tra loro, capaci di individuare il filo conduttore degli interventi di valorizzazione e tutela più significativi e opportuni, in armonia con le linee di sviluppo urbanistico ed edilizio compatibili. La legge 29/1998 della Regione Sardegna, afferma che appartiene alla categoria dei centri storici urbani ogni altra struttura insediativa, anche extra urbana, che costituisca eredità significativa di storia locale, qualora il recupero rientri nelle finalità della legge medesima, ovvero valorizzazione delle risorse immobiliari e limitazione del consumo di suolo.

³⁰³ La Carta del Restauro si poneva già un'esigenza di funzionalità, da esplicitarsi anche in una attenzione ai temi dell'accessibilità, dei collegamenti territoriali e dei rapporti tra parte storica ed addizioni successive, e territorio in senso più lato.

³⁰⁴ Per la carta di Cracovia (2000) «*il patrimonio architettonico, urbano e paesaggistico, così come i singoli manufatti di questo, è il risultato di una identificazione associata ai diversi momenti storici ed ai vari contesti socio-culturali*». L'identificazione ed il riconoscimento del valore del patrimonio, quindi, che non può essere del tutto oggettivo e misurabile, è «*un processo di continua evoluzione e cambiamento*». Lo studio delle dinamiche di cambiamento e operazione preliminare all'intervento della stessa rilevanza delle analisi storiche e tipologiche. Il cambiamento «*coinvolge tutti i settori della popolazione, e richiede un processo di pianificazione integrata all'interno del quale si colloca una grande varietà di interventi*».

³⁰⁵ Nel Piano paesaggistico della Puglia si utilizza la dizione città storica (IGM storica del 1870), con la quale si comprende (e perimetra) la città antica (che va orientativamente dal nucleo di fondazione fino alle molteplici addizioni relative alle successive civilizzazioni entro la cinta muraria o altre delimitazioni naturali o artificiali) e la città moderna (fino agli anni '40, in coincidenza con cartografia IGM 1949) che ha una data variabile di fondazione nei diversi contesti, ma che comunque, a differenza della città antica, riguarda una stratificazione di due o tre secoli. I criteri per il tracciamento della perimetrazione della città storica si basano sul confronto sistematico tra la parte edificata presente nella Cartografia IGM al 25000 del 1949, e la parte edificata riportata dalla Cartografia IGM storica del 1870 (disponibile in scala 1:50000). Per la perimetrazione della città moderna, cioè per le parti di espansione, il confronto sistematico è stato effettuato tra l'edificato presente nella Cartografia IGM al 25000 del 1949 e la Cartografia Tecnica Regionale.

³⁰⁶ Insieme a quelli applicativi e gestionali. Per quanto riguarda i problemi conoscitivi e valutativi, nel corso dell'attività del Gruppo di lavoro sono stati affrontati i seguenti punti: l'influenza della scala e della complessità dell'insediamento storico; l'individuazione dei rapporti tra insediamento storico, contesto urbano e territoriale; individuazione delle parti componenti l'insediamento, a diversa scala – tessuti, aggregati edilizi e unità strutturali – e, in funzione di diversi parametri di omogeneità (sotto il profilo morfologico, tipologico, funzionale, ecc.); individuazione dei diversi sistemi componenti (viabilità, reti tecnologiche, funzioni urbane, servizi, ecc.) e l'individuazione delle relazioni reciproche tra parti e sistemi; valutazione del livello di funzionalità attuale dell'insediamento storico, delle sue parti e dei sistemi componenti; individuazione delle componenti essenziali della risposta urbana al sisma (struttura urbana minima); valutazione dei livelli di rischio delle diverse parti e dei diversi sistemi; implicazioni relative alla pericolosità sismica e la necessità di studi di microzonazione sismica; valutazioni di vulnerabilità e di esposizione di edifici strategici interni o in relazione all'insediamento storico; valutazione di vulnerabilità e di esposizione dei diversi sistemi funzionali urbani interni all'insediamento storico o relativi all'insediamento storico nel suo insieme.

della conoscenza: i primi due sono riferiti all'insediamento storico nel suo complesso e, in particolare, ai sistemi funzionali in cui questo si articola; il terzo, invece, si riferisce agli aggregati, all'interno dei quali possono coesistere anche diversi sistemi funzionali.

I sistemi funzionali individuati sono i 'sistemi funzionali essenziali per la qualità urbana' (S1) e i 'sistemi infrastrutturali principali' (S2).

Sistemi e insiemi di manufatti che costituiscono l'insediamento storico (suddivisi in base agli obiettivi di prestazioni sismiche indicati al par. 2.1)	TABELLA 1- QUADRO CONOSCITIVO							Tipi di valutazione di vulnerabilità urbana (combinazioni dei sei tipi di conoscenze) possibili per ogni livello di approfondimento delle conoscenze e relativo indice attendibilità delle scelte di prevenzione (las)
	Livelli di approfondimento delle conoscenze	CONOSCENZE NECESSARIE PER POTER VALUTARE L'ATTITUDINE AL DANNO SISMICO DELL'INSEDIAMENTO STORICO						
		Localizzazione	Caratterizzazione funzionale	Caratterizzazione dell'esposizione	Caratterizzazione del contesto	Caratterizzazione della pericolosità di sito	Caratteristiche strutturali manufatti	
S.1 SISTEMI FUNZIONALI ESSENZIALI PER LA QUALITA' URBANA	I Livello	Individuazione dei sistemi funzionali (formati da edifici) e delle loro organizzazione spaziale (cartografia)	Misura degli standard funzionali	Quantificazione dei componenti ciascun sistema	Descrizione della morfologia urbana (forma, visibilità e spazi, aggregazione, ecc)	Interazione dei vari sistemi con microzone qualitativamente omogenee per effetti sul moto sismico (MSL1) e con zone di pericolosità idrogeologica e idraulica	Descrizione dei tipi strutturali e morfologie dominanti tra i manufatti che compongono i vari sistemi; epoca costruz., ecc.	Valutazioni di tipo qualitativo della vulnerabilità dei sistemi funzionali urbani (con indice di attendibilità delle scelte di prevenzione las dipendente da quanti dei sei tipi di conoscenze sono disponibili)
	II Livello	Relazioni di coesistenza di più sistemi nel medesimo sub-ambito dell'IS. Interferenze tra sistemi componenti	Analisi funzionale dei sistemi: ruolo gerarchico dei componenti; ruolo nel territorio, con riferimento alla scala vasta e urbana; ridondanza e rarità	Quantificazioni dei livelli di esposizione di ciascun sistema (es. presenza, intensità d'uso edifici, ecc.)	Gerarchie di aggregati che interessano ciascun sistema in base a stime speditive del livello di potenziali interazioni strutturali tra US	Quantificazione degli effetti di sito (MS L2) Stima % di ciascun sistema sottoposta a alti FA	Valutazione speditiva del livello di vulnerabilità degli edifici, per ciascun sistema funzionale (anche con metodi campionari)	Valutazioni di tipo semiquantitativo della vulnerabilità dei sistemi funzionali urbani (con las dipendente dal livello di approfondimento dei sei tipi di conoscenze si)
	III Livello				Eventuali rilievi (scala 1:200) di aggregati più critici, con uso della simbologia sintetica descritta al successivo punto 5		Eventuali più approfondite verifiche qualitative o quantitative semplificate di vulnerabilità di alcuni edifici (per specifiche esigenze)	Eventuali approfondimenti qualitativi o quantitativi delle valutazioni mirati (limitati a parti di sistemi o ad ambiti territoriali o a singoli edifici o tipi di conoscenze)
S.2 SISTEMI INFRASTRUTTURALI PRINCIPALI	I Livello	Individuazione dei sistemi a rete e relativa di distribuzione spaziale (cartografia)	Analisi funzionale dei sistemi a rete (es. schemi e flussi, ecc.)	Lunghezza dei tratti di rete di ciascun sistema e indici di duazione dei nodi	Interferenza delle reti con la morfologia urbana descritta in S.1 - I livello	Interazione reti/idrografia, orografia e microzone qualitativamente omogenee per effetti sul moto sismico (MSL1)	Individuazione speditiva di caratteristiche tipologiche e di età dei manufatti di ciascun sistema	Valutazioni di tipo qualitativo della vulnerabilità dei sistemi a rete (con indice di attendibilità las dipendente da quanti dei sei tipi di conoscenze sono disponibili)
	II Livello	Relazioni di coesistenza di più sistemi. Interferenze tra sistemi componenti	Valutazione degli standard di prestazione attuale (utenti serviti, quantità erogate, ecc.). Gerarchie di reti e nodi. Individuazione di alternative/ridondanze reali (per quantità, qualità, ubicazione)	Quantificazioni di tratti di rete di ciascun sistema in rapporto alle gerarchie di importanza dei tratti e dei nodi	Interferenza reti/situazioni di contesto (es. reti elettriche-edifici; reti gas-cavità, ecc.)	Quantificazione degli effetti di sito (MS L2). Stima della % di ogni sistema a rete interessati da Fa alti o da effetti di cedimento	Valutazione qualitativa del livello di vulnerabilità di reti e nodi di ogni sistema (anche con giudizi esperti). Individuazione di reti e nodi più critici (più vulnerabili)	Valutazioni di tipo semiquantitativo della vulnerabilità dei sistemi a rete (con las dipendente dal livello di approfondimento dei sei tipi di conoscenze)
	III Livello				Eventuali approfondimenti di indagine per le situazioni di interferenza più critiche		Eventuali verifiche quantitative di alcune reti e/o nodi (per specifiche esigenze)	Eventuali approfondimenti qualitativi o quantitativi delle valutazioni mirati (limitati a parti di sistemi o ad ambiti territoriali)

Tab.1: Individuazione dei sistemi che costituiscono l'insediamento storico con l'indicazione del quadro conoscitivo e dei relativi livelli di approfondimento per la valutazione della vulnerabilità urbana.

All'interno di ciascuno di questi si riconoscono alcuni componenti principali che determinano altri sistemi funzionali quali 'manufatti in classe III e IV – strategici per l'organizzazione della protezione civile e sensibili per affollamento o per effetti' – e 'ulteriori manufatti importanti per lo SLDis' (vedi tab.2 di seguito riportata); per il secondo sistema funzionale invece i componenti essenziali da individuare come sottosistemi sono i 'manufatti di valore storico-architettonico in classe d'uso III o IV' e i 'manufatti di valore storico architettonico in classe d'uso I e II e di manufatti di valore storico-testimoniale' (vedi tab.3 di seguito riportata);

Sistemi e insiemi di manufatti che costituiscono l'insediamento storico (suddivisi in base agli obiettivi di prestazioni sismiche indicati al par. 2.1)	TABELLA 1- QUADRO CONOSCITIVO							Tipi di valutazione di vulnerabilità urbana (combinazioni dei sei tipi di conoscenze) possibili per ogni livello di approfondimento delle conoscenze e relativo indice attendibilità delle scelte di prevenzione (las)
	Livelli di approfondimento delle conoscenze	CONOSCENZE NECESSARIE PER POTER VALUTARE L'ATTITUDINE AL DANNO SISMICO DELL'INSEDIAMENTO STORICO						
		Localizzazione	Caratterizzazione funzionale	Caratterizzazione dell'esposizione	Caratterizzazione del contesto	Caratterizzazione della pericolosità di sito	Caratteristiche strutturali manufatti	
COMPONENTI DEI SISTEMI S.1 E S.2 1.1 MANUFATTI IN CLASSE III E IV (STRATEGICI PER L'ORGANIZZAZIONE DELLA PROTEZIONE CIVILE E SENSIBILI PER AFFOLLAMENTO O PER EFFETTI)	I Livello	Localizzazione di manufatti in classe d'uso III e IV (cartografia)	Destinazioni d'uso rilevabili da dati disponibili	Raccolta dai dati esistenti per quantificare dimensioni dei manufatti e relative utenze	Descrizione della morfologia urbana che interessa gli edifici di classe III e IV (forma, viabilità e spazi, tipo di aggregazione degli edifici, ecc.)	Interazioni dei manufatti con microzone qualitativamente omogenee per effetti sul moto sismico (MSL1) e con zone a pericolosità idrogeol. ecc.)	Tipi costruttivi e morfologie degli edifici di classe III e IV, epoca costruzione, stato manutenzione, ecc.	Valutazioni di tipo qualitativo della vulnerabilità del sottosistema degli edifici di classe III e IV (con las dipendente dalla presenza di tutti i sei tipi di conoscenze)
	II Livello		Ruolo degli edifici nel sistema di appartenenza, anche in riferimento alla scala vasta o urbana. Indici di concentrazione e specializzazione funzionale degli ambiti.	Stima di presenze max (addetti, utenti, residenti), intensità di uso, cioè durata delle presenze nell'anno. Eventuali prestazioni multi funzionali degli edifici	Classificazione degli aggregati che interessano gli edifici di classe III e IV in base al livello di potenziali interazioni strutturali tra US	Quantificazione degli effetti di sito (MS L2) che interferiscono con gli edifici di classe III e IV	Acquisizione di esistenti verifiche ai sensi dell'OPCM 3274/03 o valutazioni semiquantitative per implementare analisi multicriterio (criteri edilizi, funzionali e urbanistici) per assumere decisioni localizzative	Valutazioni di tipo semiquantitativo della vulnerabilità del sottosistema dei manufatti di classe III e IV (con las dipendente dal livello di approfondimento dei sei tipi di conoscenze)
	III Livello				Eventuali rilievi (scala 1:200) degli aggregati contenenti edifici di classe III o IV, con uso di simbologia descritta al successivo punto 5		Verifiche quantitative semplificate su alcuni edifici per completare le analisi multicriterio e assumere decisioni localizzative	Eventuali approfondimenti qualitativi o quantitativi delle valutazioni mirati (limitati a singoli componenti/contesti o ad ambiti territoriali o a singoli tipi di conoscenze)
1.2 ULTERIORI MANUFATTI IMPORTANTI PER LO SLDIS	I Livello	Localizzazione di manufatti importanti	Destinazioni d'uso rilevabili da dati statistici disponibili	Elementi quantitativi di esposizione degli edifici ricavabili dai dati esistenti	Livello di potenziali interazioni strutturali tra US negli aggregati che includono manufatti importanti	Interazione con microzone di cui alla MS L1 e con zone di pericolosità idrogeologica	Tipi costruttivi e morfologie degli edifici, epoca costruz., stato manutenzione, ecc.	Valutazioni di tipo qualitativo del livello di vulnerabilità urbana dell'insieme di manufatti importanti per lo SLDIS (las dipende dalla presenza di tutte le sei conoscenze)
	II Livello		Ruolo di ciascun edificio nel sistema funzionale di appartenenza (vedi S1) e ruolo territoriale. Indici di concentrazione e specializzazione funzionale degli ambiti.	Stima di presenze max, intensità di uso, n.Ul e n. di addetti in edifici. Eventuali prestazioni multifunzionali degli edifici	Classificazione degli aggregati che interessano i manufatti importanti, in base al livello di potenziali interazioni strutturali tra US	Interferenze con microzone di cui alla MS L2 e quantificazione degli effetti di amplificazione	Acquisizione di eventuali esistenti verifiche ai sensi dell'OPCM 3274/03 o predisposizione di valutazioni semiquantitative	Valutazioni semiquantitative della vulnerabilità dell'insieme di manufatti importanti per lo SLDIS (con las dipendente dal livello di approfondimento dei sei tipi di conoscenze)
	III Livello				Eventuali rilievi (scala 1:200) degli aggregati con manufatti importanti, con uso della simbologia descritta al punto 5		Eventuali verifiche incentivate (analoghe a quelle dell'OPCM 3274/03)	Eventuali approfondimenti qualitativi o quantitativi delle valutazioni mirati (limitati a singoli manufatti/contesti)

Tab.2: Individuazione delle componenti dei sistemi che costituiscono l'insediamento storico con l'indicazione del quadro conoscitivo e dei relativi livelli di approfondimento per la valutazione della vulnerabilità urbana.

Sistemi e insiemi di manufatti che costituiscono l'insediamento storico (suddivisi in base agli obiettivi di prestazioni sismiche indicati al par. 2.1)	TABELLA 1- QUADRO CONOSCITIVO							Tipi di valutazione di vulnerabilità urbana (combinazioni dei sei tipi di conoscenze) possibili per ogni livello di approfondimento delle conoscenze e relativo indice attendibilità delle scelte di prevenzione (las)
	Livelli di approfondimento delle conoscenze	CONOSCENZE NECESSARIE PER POTER VALUTARE L'ATTITUDINE AL DANNO SISMICO DELL'INSEDIAMENTO STORICO						
		Localizzazione	Caratterizzazione funzionale	Caratterizzazione dell'esposizione	Caratterizzazione del contesto	Caratterizzazione della pericolosità di sito	Caratteristiche strutturali manufatti	
2.1 MANUFATTI DI VALORE STORICO-ARCHITETTONICO IN CLASSE D'USO III O IV	I Livello	Individuazione cartografica degli edifici di valore storico-architettonico vincolati ai sensi del Codice BB.CC.	Classi d'uso degli edifici vincolati	Elementi quantitativi di esposizione degli edifici	Caratterizzazione del contesto insediativo degli edifici di tipo 2.1 ed individuazione speditiva degli aggregati con edifici tipo 2.1	Interazione con microzone di cui alla MS L1	Classificazione tipologica degli edifici in base ai tipi della direttiva BB.CC	Classificazione tipologica degli edifici in base ai tipi della direttiva BB.CC
	II Livello	Individuazione cartografica di eventuali ulteriori beni storico-architettonici vincolati al restauro scientifico dalla pianificazione	Ruolo dei beni nel sistema di appartenenza. Indici di concentrazione e specializzazione funzionale degli ambiti territoriali	Stima di presenze max e intensità d'uso. Prestazioni multifunzionali degli edifici	Livello di potenziali interazioni strutturali tra US negli aggregati che includono gli edifici di valore storico-architettonico	Interferenze con microzone di cui alla MS L2 e quantificazione degli effetti attesi	Acquisizione di eventuali esistenti verifiche ai sensi dell'OPCM 3274/03 o redazione di valutazioni semiquantitative per implementare analisi multicriterio (criteri edilizi, funzionali e urbanistici) per decisioni localizzative	Acquisizione di eventuali esistenti verifiche dei beni vincolati ai sensi dell'OPCM 3274/03 o redazione di valutazioni semiquantitative per implementare analisi multicriterio (criteri edilizi, funzionali e urbanistici) per decisioni localizzative
	III Livello				Eventuali rilievi (scala 1:200) degli aggregati con edifici di valore storico-architettonico, con uso della simbologia di cui al punto 5		Verifiche quantitative semplificate su alcuni edifici per completare le analisi multicriterio e decidere localizzazioni	Verifiche quantitative semplificate su alcuni edifici per completare le analisi multicriterio e assumere decisioni localizzative
2.2 MANUFATTI DI VALORE STORICO-ARCHITETTONICO IN CLASSE D'USO I E II E DI MANUFATTI DI VALORE STORICO-TESTIMONIALE	I Livello	Individuazione degli edifici di valore storico-architettonico vincolati ai sensi del Codice BB.CC.	Classi d'uso degli edifici vincolati ai sensi del Codice BB.CC.	Elementi quantitativi di esposizione degli edifici	Caratterizzazione del contesto insediativo. Individuazione speditiva degli aggregati con edifici tipo 2.2	Interazione con microzone di cui alla MS L1	Classificazione tipologica degli edifici (eventualmente anche in base ai tipi della direttiva BB.CC.)	Classificazione tipologica degli edifici (eventualmente anche in base ai tipi della direttiva BB.CC.)
	II Livello	Individuazione di edifici vincolati dal piano al restauro scientifico o riconosciuti di valore storico-testimoniale	Classi d'uso degli edifici vincolati dalla pianificazione al restauro scientifico	Stima di presenze max e intensità d'uso negli edifici di tipo 2.2	Livello di potenziali interazioni strutturali tra US negli aggregati che interessano gli edifici di valore storico-architettonico o testimon.	Interferenze con microzone di cui alla MS L2 (quantificazione degli effetti)	Valutazioni speditive della vulnerabilità degli edifici o acquisizione di eventuali verifiche esistenti per i manufatti vincolati	Valutazioni speditive della vulnerabilità degli edifici o acquisizione di eventuali verifiche esistenti per i manufatti vincolati
	III Livello				Eventuali rilievi (scala 1:200) di aggregati con edifici di valore storico-architettonico o testimoniale, con uso della simbologia del punto 5			

Tab.3: Individuazione delle componenti dei sistemi che costituiscono l'insediamento storico con l'indicazione del quadro conoscitivo e dei relativi livelli di approfondimento per la valutazione della vulnerabilità urbana.

Infine, ulteriori sottosistemi sono le 'reti infrastrutturali e di accessibilità a servizio dei manufatti di valore storico architettonico in classe d'uso III e IV' e i manufatti lungo le vie di accesso e fuga di servizio a questi.

Sistemi e insiemi di manufatti che costituiscono l'insediamento storico (suddivisi in base agli obiettivi di prestazioni sismiche indicati al par. 2.1)	TABELLA 1- QUADRO CONOSCITIVO							Tipi di valutazione di vulnerabilità urbana (combinazioni dei sei tipi di conoscenze) possibili per ogni livello di approfondimento delle conoscenze e relativo indice attendibilità delle scelte di prevenzione (las)
	Livelli di approfondimento delle conoscenze	CONOSCENZE NECESSARIE PER POTER VALUTARE L'ATTITUDINE AL DANNO SISMICO DELL'INSEDIAMENTO STORICO						
		Localizzazione	Caratterizzazione funzionale	Caratterizzazione dell'esposizione	Caratterizzazione del contesto	Caratterizzazione della pericolosità di sito	Caratteristiche strutturali manufatti	
3. RETI INFRASTRUTTURALI E DI ACCESSIBILITA' A SERVIZIO DEI MANUFATTI DI CUI AI PUNTI 1.1 E 2.1	I Livello	Consiste nella selezione, dalle conoscenze sui sistemi di tipo S.2, di elementi riguardanti i sottosistemi di accesso e fuga e di reti infrastrutturali relativi ai manufatti di classe d'uso III e IV e il sistema di esodo dagli stessi						
	II Livello	Scelta, tra tutte le reti censite in S2, delle alternative migliori di accesso e fuga a servizio dei manufatti di cui ai punti 1.1 e 2.1, in base agli standard funzionali attuali, lunghezza e plurifunzionalità	Gerarchie delle reti e dei nodi. Valutazione qualitativa degli standard di prestazione attuale di reti e strade (utenze servite, quantità erogate, percorribilità, ecc.)	Quantificazioni dei tratti di reti e dei nodi di ogni sistema, suddivisi in base alle gerarchie di importanza. Individuazione di alternative/ridondanze reali, per quantità, qualità, ubicazione, possibilità di controalimentazione	Interferenza reti/situazioni di contesto (es. reti elettriche-edifici; reti gas-cavità; reti stradali-edifici, ecc.)	Quantificazione degli effetti di sito (MS L2). Stima della % di ogni sistema a rete interessata da Fa più alti o da effetti di cedimento	Valutazione qualitativa (anche con utilizzo di giudizi esperti) del livello di vulnerabilità di reti e nodi di ogni sistema a servizio dei manufatti di cui ai punti 1.1 e 2.1.	Valutazioni di tipo semiquantitativo della vulnerabilità dei sottosistemi di accessibilità e dei sottosistemi dei servizi a rete funzionali agli edifici di cui ai punti 1.1. e 2.1 (con las dipendente dal livello di approfondimento di ciascuno dei sei tipi di conoscenze)
	III Livello				Eventuale valutazione delle caratteristiche di vulnerabilità dei contesti o dei manufatti critici influenti su reti e nodi		Eventuali valutazioni quali-quantitative della vulnerabilità di alcuni nodi, con uso anche di giudizi esperti	Eventuali approfondimenti mirati qualitativi o quantitativi delle valutazioni (limitati a parti dei sottosistemi o ad ambiti territoriali o a singoli tipi di conoscenze)
4. MANUFATTI LUNGO LE VIE DI ACCESSO E FUGA	I Livello	Individuazione dei manufatti interferenti con i percorsi di accessibilità e fuga individuati al precedente punto 3			Caratterizzazione delle interferenze: es. edifici a filo strada; manufatti critici perché passibili di esplosione, incendio, crollo indotto; sovrappassi; elementi di finitura sporgenti, ecc.	Interazione degli edifici lungo le vie di accesso e fuga con idrografia, orografia e microzone qualitativamente omogenee per effetti sul moto sismico (MSL1)	Classificazioni morfotipologiche dei manufatti interferenti	Valutazioni di tipo qualitativo circa i possibili effetti indotti al sistema delle vie di accesso e fuga
	II Livello				Caratterizzazione degli effetti indotti (parziale o totale ostruzione; ferimento passanti; ecc.) da manufatti critici per forma e contenuto	Quantificazione degli effetti di sito (MS L2). Stima della % dei percorsi di accesso e fuga interessata da Fa più alti o da effetti di cedimento	Stime spedite di vulnerabilità dei manufatti interferenti con le vie di fuga	Valutazioni semiquantitative della vulnerabilità indotta alle vie di accesso e fuga (con las dipendente dal livello di approfondimento di ciascuno dei tre tipi di conoscenze)
	III Livello				Classificazione degli aggregati interferenti con le strade in base ai possibili livelli di interazione strutturale tra le US		Eventuali valutazioni quantitative, semplificate della vulnerabilità di manufatti che potrebbero avere effetti molto rilevanti sulle vie di fuga	Eventuali approfondimenti mirati qualitativi o quantitativi delle valutazioni di vulnerabilità dei manufatti e dei relativi aggregati edilizi (situazioni più critiche)

Tab.4: Individuazione delle componenti dei sistemi che costituiscono l'insediamento storico con l'indicazione del quadro conoscitivo e dei relativi livelli di approfondimento per la valutazione della vulnerabilità urbana.

Per ogni sistema funzionale si definiscono la localizzazione, la caratterizzazione funzionale, la caratterizzazione dell'esposizione, del contesto, della pericolosità del sito e le caratteristiche strutturali dei manufatti per ottenere, al primo livello di approfondimento, una valutazione di tipo qualitativo della vulnerabilità di ciascuno dei sistemi funzionali urbani e, al secondo livello di approfondimento, una valutazione semiquantitativa.

La consapevolezza che nell'insediamento storico sono presenti manufatti afferenti a tutte le tipologie costruttive e strutturali e che queste sono generalmente poste in aggregato, evidenzia la difficoltà di definire un approccio capace di contemplare le molteplici questioni derivanti dalla complessità della realtà costruttiva.

Lo *Studio* articola anche la conoscenza degli aggregati secondo tre livelli e questa costituisce lo strumento tecnico per compiere consistente parte dell'analisi dell'intero insediamento storico, secondo quanto precedentemente esposto. I diversi livelli proposti costituiscono successivi approfondimenti delle analisi su un aggregato, ma i primi due possono essere inclusi nei primi due livelli conoscitivi adottati nell'analisi dell'intero insediamento storico. Quindi, al primo e secondo livello di approfondimento, l'obiettivo è di identificare gli

aggregati dell'insediamento storico e di seguito di evidenziare quelli soggetti a maggior rischio sismico, secondo una valutazione qualitativa, in modo da stabilire una graduatoria di priorità per criticità tra gli aggregati identificati, ovvero un elenco di aggregati campione significativi dal punto di vista tipologico. Sia dalla graduatoria di priorità che dalla selezione degli aggregati campione saranno estrapolati gli aggregati da sottoporre agli approfondimenti previsti al terzo livello di analisi. L'obiettivo del terzo livello di analisi è la conoscenza di dettaglio dell'aggregato con l'identificazione dei punti di debolezza e di forza nella sua configurazione attuale e la valutazione qualitativa della sua vulnerabilità mediante la costruzione dello scenario sismico possibile³⁰⁷. In particolare, il rilievo critico dell'aggregato – che si basa sulla identificazione e localizzazione dei fattori che influenzano il comportamento meccanico della costruzione, sulla conoscenza della natura dei materiali, delle modalità costruttive, dei segni delle trasformazioni storiche – è accompagnato da approfondimenti sull'ipotesi di formazione ed evoluzione, sull'analisi tipologica e della tecnica costruttiva, sulla storia sismica locale, sullo scenario di danno qualitativo e sulla suddivisione dell'aggregato in US per la definizione di eventuali scenari di danno quantitativo³⁰⁸.

Sistemi e insiemi di manufatti che costituiscono l'insediamento storico (suddivisi in base agli obiettivi di prestazioni sismiche indicati al par. 2.1)	TABELLA 1 - QUADRO CONOSCITIVO						Tipi di valutazione di vulnerabilità urbana (combinazioni dei sei tipi di conoscenze) possibili per ogni livello di approfondimento delle conoscenze e relativo indice attendibilità delle scelte di prevenzione (Ias)	
	Livelli di approfondimento delle conoscenze	CONOSCENZE NECESSARIE PER POTER VALUTARE L'ATTITUDINE AL DANNO SISMICO DELL'INSEDIAMENTO STORICO						
		Localizzazione	Caratterizzazione funzionale	Caratterizzazione dell'esposizione	Caratterizzazione del contesto	Caratterizzazione della pericolosità di sito		Caratteristiche strutturali manufatti
5.AGGREGATI	I Livello	Consiste nel mettere a sistema le conoscenze acquisite per i punti precedenti al fine di identificare gli aggregati dell'IS (per i quali la NTC non fornisce indicazioni univoche per la complessità delle configurazioni che possono caratterizzare i tessuti storici) e di articolare una prima graduatoria di criticità, tenendo conto di localizzazione, caratterizzazione funzionale, esposizione, pericolosità di sito, caratteristiche strutturali dei manufatti, vulnerabilità sistemi funzionali. Eventuale individuazione preliminare di punti di limitata interferenza strutturale						Valutazioni qualitative della criticità degli aggregati (in base alle analisi di vulnerabilità urbana)
	II Livello				Selezione dal quadro conoscitivo di piano dei documenti utili a interpretare il processo di formazione dei tessuti edilizi. Eventuale verifica ad hoc dei punti degli aggregati con limitata interferenza strutturale (giunti tecnici o reali). Classificazione degli aggregati in base a possibili livelli di interazione strutturale tra le US componenti l'aggregato.	Interferenze con MS L2	Individuazione di vulnerabilità specifiche	Ulteriori graduatorie di criticità degli aggregati in base ai livelli di interazione strutturale tra edifici
	III Livello			Individuazione di eventuali vincoli all'intervento connessi a valori storico-architettonici o tipologici e testimoniali	Rilievi di aggregati campione (scala 1:200), con caratterizzazione (costruttiva/strutturale, delle trasformazioni storiche e/o recenti, di degrado e dissesto) realizzata mediante simbologia sintetica	Eventuale influenza degli effetti locali sui meccanismi di danno	Valutazione preliminare dei meccanismi di danno attivabili (scenari qualitativi di danno nell'aggregato) o valle della realizzazione dei rilievi in scala 1:200. Eventuali scenari quantitativi di danno	Definizione di scenari qualitativi o quantitativi di danno sismico negli aggregati

Tab.5: Quadro conoscitivo e relativi livelli di approfondimento per la valutazione della vulnerabilità urbana degli aggregati individuati nell'insediamento storico.

³⁰⁷ Gruppo di lavoro istituito con nota del Presidente del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici n. 7547 del 6.9.2010 *Studio propedeutico all'elaborazione di strumenti d'indirizzo per l'applicazione della normativa sismica agli insediamenti storici*, 20.04.2012, Cap. 3.1.

³⁰⁸ Gruppo di lavoro istituito con nota del Presidente del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici n. 7547 del 6.9.2010 *Studio propedeutico all'elaborazione di strumenti d'indirizzo per l'applicazione della normativa sismica agli insediamenti storici*, 20.04.2012, Cap. 3.4 e 3.5.

Secondo quanto elaborato dallo *Studio* lo svolgimento di queste analisi dovrebbe essere a carico della pubblica amministrazione che in questo modo si attiva per la valutazione preventiva della sicurezza sismica all'interno della pianificazione ordinaria e, al contempo, coniuga i normali interventi di trasformazione urbanistica ed edilizia con gli obiettivi di riduzione del rischio e la conservazione dell'insediamento storico³⁰⁹.

Emerge la necessità di integrare gli specialismi afferenti alle diverse discipline per il raggiungimento degli obiettivi dello studio già in questa prima fase, dedicata esclusivamente alla conoscenza dell'insediamento storico.

Intanto, è utile richiamare pure le linee guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale³¹⁰ che, come già brevemente accennato nel capitolo precedente, dedicano ampio spazio alla fase della conoscenza – si badi bene però – del manufatto; il testo normativo specifica già nel titolo che la conoscenza è un 'percorso' che si articola in diverse fasi, ognuna delle quali può essere condotta con diversi livelli di approfondimento, in funzione dell'accuratezza delle operazioni di rilievo, delle ricerche storiche e delle indagini sperimentali. Tali operazioni sono funzione degli obiettivi preposti. Con riferimento, invece, all'architettura in aggregato, sulla base della prima stesura delle Linee guida per il patrimonio culturale del luglio 2010, i laboratori ReLUIS³¹¹, avevano elaborato nell'ottobre dello stesso anno, un testo riguardante in maniera più specifica il tema degli aggregati, *Linee guida per il rilievo, l'analisi ed il progetto di interventi di riparazione e consolidamento sismico di edifici in muratura in aggregato*. Il testo, ad oggi in forma di bozza, ripercorreva per il patrimonio culturale in forma di aggregato lo stesso iter di lavoro individuato per il patrimonio culturale in forma non aggregata. Anche in questo caso il percorso della conoscenza costituiva la base fondamentale per qualunque successivo ragionamento per la valutazione qualitativa della sicurezza e di modellazione ed analisi

³⁰⁹ Gruppo di lavoro istituito con nota del Presidente del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici n. 7547 del 6.9.2010 *Studio propedeutico all'elaborazione di strumenti d'indirizzo per l'applicazione della normativa sismica agli insediamenti storici*, 20.04.2012, Cap. 3.1.

³¹⁰ D.P.C.M. 09 febbraio 2011, *Valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14-01-2008*, G.U. n.47 del 26 febbraio 2011, suppl. ordinario n.54.

³¹¹ La Rete dei Laboratori Universitari di Ingegneria Sismica (ReLUIS) è stata costituita con atto convenzionale sottoscritto il 17 aprile 2003. Si tratta di un consorzio interuniversitario che ha lo scopo di coordinare l'attività dei Laboratori Universitari di Ingegneria Sismica, fornendo supporti scientifici, organizzativi, tecnici e finanziari alle Università consorziate e promovendo la loro partecipazione alle attività scientifiche e di indirizzo tecnologico nel campo dell'Ingegneria Sismica, in accordo con i programmi di ricerca nazionali ed internazionali in questo settore.

strutturale del costruito storico ai fini di un giudizio finale in termini di conservazione e sicurezza.

In sostanza, il fine della conoscenza deve essere quello di impostare la valutazione della vulnerabilità (sotto il profilo tecnico) e l'individuazione dei valori (sotto il profilo conservativo): *«Il 'processo' del conoscere è interpretazione, in cui si tenta di produrre l'immagine che renda la cosa, e la 'riuscita' del conoscere è la 'contemplazione', in cui immagine e cosa s'identificano in un'unica forma»*³¹².

È auspicabile la costruzione di un rapporto sinergico tra gli strumenti urbanistici e i progetti di miglioramento sismico del centro storico, dove la conoscenza del centro storico nella sua stratificazione e dell'edificio nella sua sostanza costruttiva e materica può portare ad individuare modalità corrette d'intervento. Il Piano, entro cui tutti i progetti di miglioramento sismico devono inserirsi, dovrà prevedere strumenti conoscitivi da cui ogni progetto dovrà prendere avvio, fornendo al progettista un percorso guidato all'effettiva conoscenza della specificità del manufatto su cui si trova ad intervenire. Lo strumento urbanistico può, infatti, darsi il compito di governare la qualità degli interventi sul costruito, senza determinarne gli esiti: il progettista è guidato attraverso una griglia conoscitiva del singolo edificio, dell'aggregato o di interi tessuti urbani, che garantisca le scelte più corrette per la conservazione ed il miglioramento sismico del costruito diffuso. Il processo conoscitivo andrebbe "imposto" negli esiti al progettista affinando e dettagliando le indagini in relazione ai possibili gradi di libertà dell'intervento. Lo scopo è quello di far raggiungere al progettista un livello di consapevolezza e di conoscenza dell'edificio sul quale opera, che guidi poi verso scelte progettuali attente alle specificità rilevate e mirate alla risoluzione delle problematiche effettive. Il piano diviene in questo modo il luogo in cui si incontrano le conoscenze e le competenze a livello urbano e del singolo manufatto in modo tale da rendere lo strumento urbanistico funzionale alla salvaguardia ed alla valorizzazione dei centri storici ben oltre l'emergenza³¹³.

³¹² L. PAREYSON, *Estetica. Teoria della formatività*, Bompiani, maggio 1996, p.11.

³¹³ M. GIAMBRUNO, R. SIMONELLI, *La conoscenza dei centri storici in zona sismica: un approccio metodologico*, in C. BLASI (a cura di), *Architettura storica e terremoti. Protocolli operativi per la conoscenza e la tutela*, Wolters Kluwer Italia, 2013, pp.136-138.

2.2 La valutazione del rischio sismico di architetture e siti storici

Introduzione

L'edilizia degli insediamenti storici assume in generale rilevanza culturale perché è il risultato di vicende costruttive articolate e protratte nel tempo che hanno definito l'aspetto attuale dei tessuti edilizi, connotati da stratificazioni costruttive di valenza storica e testimoniale. Tali situazioni, se messe in relazione al problema sismico, fanno emergere problematiche peculiari che ricadono sulla valutazione della sicurezza e, di conseguenza, sulla definizione degli interventi che devono contemperare le esigenze contrapposte della tutela e della sicurezza stessa³¹⁴.

La conservazione di architetture e siti storici è uno dei problemi più difficili con i quali la moderna civiltà è chiamata a confrontarsi perché l'argomento, coinvolge ambiti molto diversi tra loro afferenti tematiche di tipo tecnico e umanistico. In particolare poi, per quanto riguarda il tema della valutazione del rischio sismico, ovvero il problema di quale sicurezza garantire al costruito storico per la giusta conservazione, è da molti anni che in ambito accademico e attraverso raccomandazioni e norme tecniche si cerca di dare una risposta soddisfacente.

La definizione del rischio sismico

Il rischio sismico è definito dal prodotto di tre fattori: pericolosità, esposizione e vulnerabilità; ovvero, il rischio sismico è la possibilità della perdita di proprietà o di funzionalità degli edifici a causa di un terremoto³¹⁵.

La pericolosità è definita come la probabilità che si verifichi in un dato luogo, o entro una data area, e entro un certo periodo di tempo, un terremoto capace di causare danni³¹⁶. Questa componente del rischio si riferisce, quindi, esclusivamente alla descrizione del fenomeno

³¹⁴ Gruppo di lavoro istituito con nota del Presidente del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici n. 7547 del 6.9.2010 *Studio propedeutico all'elaborazione di strumenti d'indirizzo per l'applicazione della normativa sismica agli insediamenti storici*, 20.04.2012, Cap. 3.1.

³¹⁵ Alla perdita di funzionalità si affiancano definizione basate su perdite in termini economico- sociali, «la probabilità che le conseguenze degli effetti di un certo terremoto sul piano economico e sociale superino, in un certo intervallo di tempo, una determinata soglia», V. PETRINI, *La proposta di riclassificazione sismica del territorio nazionale nel Progetto finalizzato Geodinamica del CNR*, relazione al corso organizzato dalla regione Emilia Romagna sulla prevenzione dei danni da terremoto, Bologna 1983. In particolare in questa seconda definizione il rischio sismico è espresso in funzione di una soglia ammissibile del possibile danno e dunque si può anche esprimere come il prodotto tra la probabilità che si verifichi il sisma di riferimento nell'arco di tempo considerato (P_i/T) e il danno generato (D); il riferimento ai concetti espressi è in D. INDELICATO, *Valutazione e riduzione della vulnerabilità sismica degli aggregati edilizi nei centri storici. Il caso di Villa Sant'Angelo*, Tesi di Dottorato, Università degli studi di Catania - Dottorato di ricerca in Progetto e Recupero Architettonico, Urbano e Ambientale, XXIII ciclo, 2010, p.8.

³¹⁶ Barazza F., Carniel R., Del Pin E., Di Cecca M., Grimaz S., Martini F., Manarolla I., Ruscetti M., Progetto Rischio Sismico, Gruppo di Ricerca in Sismologia applicata, Università di Udine, Dipartimento di Georisorse e Territorio, 2009

fisico; si escludono le conseguenze che l'evento genera sulla vita umana concentrandosi invece sull'analisi dell'evento sismico in sé e, quindi, si valuta la pericolosità solo in relazione agli effetti naturali generati³¹⁷.

Il secondo termine dell'equazione è l'esposizione, cioè la dislocazione, consistenza, qualità e valore dei beni e delle attività presenti sul territorio che possono essere influenzate direttamente o indirettamente dall'evento sismico³¹⁸. Questa componente riguarda dunque i soggetti che possono essere danneggiati, in vario modo, dal terremoto, le cui caratteristiche fisiche sono definite invece dal parametro della pericolosità.

Lo studio degli effetti del sisma parte dunque dallo studio della natura stessa dell'evento e, pertanto, fonda su conoscenze di tipo geologico e geofisico. Questa premessa fa comprendere che per la valutazione del rischio sismico di architetture e siti storici gioca un ruolo primario la valutazione della vulnerabilità.

L'aspetto della vulnerabilità sismica viene studiato con la finalità di comprendere quali elementi siano in grado di influenzare la reazione del costruito all'azione sismica, stabilendo una correlazione tra la causa – ovvero il terremoto – e l'effetto – ovvero il danno – che esso produce sugli edifici interessati. Per questo motivo in letteratura sono presenti numerose definizioni della vulnerabilità basate su aspetti diversi: sul concetto di danneggiamento o riduzione della funzionalità dell'elemento; sulla quantificazione numerica; sull'associazione della propensione al danno all'intensità del terremoto.

In generale, la vulnerabilità sismica è riferita alla propensione al danneggiamento dell'elemento, sia esso un organismo urbano, un edificio o un componente costitutivo di quest'ultimo. Il termine 'propensione' fa riferimento ad una valutazione qualitativa della vulnerabilità e, quindi, sottintende la necessità di far riferimento alle caratteristiche intrinseche del sistema ed alle sue relazioni con il contesto, riconoscendo la distinzione e

³¹⁷ In letteratura si distingue tra pericolosità diretta ed indotta. La pericolosità sismica diretta riguarda l'evento di natura sismica e le sue caratteristiche (magnitudo, intensità e tipo di scossa, accelerazione delle onde sismiche, tipo di sorgente, ecc.), mentre la pericolosità sismica indotta è la serie di eventi di natura geologica che possono essere innescati per effetto della scossa sismica, quale ad esempio, maremoti, frane e smottamenti, fenomeni di liquefazione dei terreni ecc. si fa quindi sempre riferimento alle caratteristiche geofisiche.

³¹⁸ F. BARAZZA, R. CARNIEL, E. DEL PIN, M. DI CECCA, S. GRIMAZ, F. MARTINI, I. MANAROLLA, M. RIUSCETTI, *Progetto Rischio Sismico*, Gruppo di Ricerca in Sismologia applicata, Università di Udine, Dipartimento di Georisorse e Territorio, 2009. Il riferimento è in D. INDELICATO, *Valutazione e riduzione della vulnerabilità sismica degli aggregati edilizi nei centri storici. Il caso di Villa Sant'Angelo*, Tesi di Dottorato, Università degli studi di Catania - Dottorato di ricerca in Progetto e Recupero Architettonico, Urbano e Ambientale, XXIII ciclo, 2010, p.8.

l'autonomia della vulnerabilità rispetto al danno³¹⁹. È chiaro che altre definizioni invece si riferiscono ad un'accezione quantitativa e misurabile della vulnerabilità³²⁰.

Con riferimento ad una valutazione qualitativa, il danno varia in funzione della vulnerabilità, proprio in relazione alla maggiore o minore propensione al danneggiamento³²¹: il danno sismico (D) può essere espresso come il prodotto tra l'Azione Sismica (A) e la Vulnerabilità Sismica (V). Questa formulazione esprime proprio la suscettibilità al danneggiamento dell'edificio secondo il legame causa effetto: il danno è tanto maggiore quanto maggiore è la vulnerabilità dell'edificio e l'intensità dell'azione sismica cui è soggetto. Per ottenere una misura quantitativa della vulnerabilità a partire da queste considerazioni sono pertanto necessari almeno due parametri: l'azione sismica e il danno. Per il parametro dell'azione sismica le NTC concorrono alla definizione di questa con apposite formulazioni basate su studi scientifici; invece, la scelta del parametro rappresentativo del danno presenta maggiori problemi. Alcune proposte includono stime economiche dei costi di ricostruzione rispetto ai costi per la realizzazione di un nuovo edificio simile a quello danneggiato; oppure valori discreti corrispondenti ad arbitrari stati di danneggiamento. È chiaro che la misura quantitativa della vulnerabilità di un edificio o di un sistema di edifici può essere intesa solo ai fini di un indirizzo generale delle scelte di intervento e non fornisce dei risultati univocamente ammissibili. Impostazioni alternative sono quelle che fanno riferimento ad indicatori meccanici di danno. Si prende in esame il modello meccanico dell'edificio esistente per il quale l'inizio del danno e il collasso sono associati al raggiungimento di stati limite, mentre l'aumentare del danno intermedio è collegato all'evoluzione di variabili meccaniche. Nella aderenza del modello meccanico all'edificio reale sta il punto delicato di questa rappresentazione, soprattutto se si tratta di antichi edifici in muratura³²².

La valutazione della vulnerabilità sismica per la definizione del rischio: metodi e strumenti

In sostanza, il problema della valutazione del rischio sismico per architetture e siti storici si

³¹⁹ Per queste definizioni si vedano anche: AA VV, *Manuale per la riabilitazione e la ricostruzione post sismica degli edifici*, Regione Umbria, Dei, Roma, 1999; W. FABIETTI, *Vulnerabilità e trasformazione dello spazio urbano*, Alinea, Firenze, 1999; I. CREMONINI, *Rischio sismico e pianificazione nei centri storici*, Alinea, Firenze, 1994; F. BRAMERINI, G. DI PASQUALE, G. ORSINI, A. PUGLIESE, R. ROMEO, F. SABETTA, *Rischio sismico del territorio italiano. Proposta di una metodologia e risultati preliminari*, Rapporto tecnico interno SSN, Roma, 1995.

³²⁰ Per approfondimenti sulle definizioni di vulnerabilità presenti in letteratura consulta: D. INDELICATO, *Valutazione e riduzione della vulnerabilità sismica degli aggregati edilizi nei centri storici. Il caso di Villa Sant'Angelo*, Tesi di Dottorato, Università degli studi di Catania - Dottorato di ricerca in Progetto e Recupero Architettonico, Urbano e Ambientale, XXIII ciclo, 2010, pp.8-10.

³²¹ M. GUCCIONE, M. R. NAPPI, A. P. RECCHIA, *Patrimonio culturale e disastri: l'impatto del sisma sui beni monumentali, prospettive di prevenzione*, Gangemi 1999.

³²² S. MENONI (a cura di), *La salvaguardia dei valori storici, culturali e paesistici nelle zone sismiche italiane. Proposte per un manuale*, Gangemi editore, 2006, pp. 81-100.

riconduce ad una riflessione sulla vulnerabilità sismica del patrimonio storico. Un giudizio sulla vulnerabilità dei monumenti non è facilmente generalizzabile e quantificabile, proprio per la specificità di ogni architettura e per la grande varietà di forme, modalità e qualità costruttive, epoche e trasformazioni storiche; inoltre, non va dimenticato il ruolo di contenente di importanti opere artistiche che gli edifici monumentali sono spesso chiamati a svolgere. La complessità della tematica deriva quindi dalla presenza di una pluralità di fattori che afferiscono ad ambiti disciplinari diversi³²³.

Tutte le costruzioni storiche in muratura sono state realizzate sulla base delle 'regole dell'arte', fondate sull'esperienza acquisita nella realizzazione di strutture analoghe; forma e dimensioni degli elementi strutturali erano ottimizzati per sopportare solamente le azioni verticali e le spinte orizzontali statiche di archi e volte, in funzione della limitata resistenza a trazione della muratura. Un'azione sismica orizzontale, invece, modifica la curva delle pressioni indotta da carichi verticali e, in genere, produce lesioni diffuse e collassi parziali. In particolare, gli edifici di edilizia residenziale presenti nei centri storici sono spesso realizzati basandosi su tipologie e particolari costruttivi che, in alcuni casi, possono evidenziare importanti carenze rispetto alle condizioni di sicurezza necessarie in occasione dell'evento sismico. Inoltre, il terremoto è un'azione non frequente e l'esperienza dei costruttori varia in funzione dell'area geografica e del tempo: nelle zone caratterizzate da un'elevata sismicità, dove il terremoto è un'azione spesso frequente, negli edifici sono presenti particolari costruttivi o presidi antisismici capaci di contrastare l'attivazione e l'evoluzione di un meccanismo di danno; in aree di modesta sismicità, gli stessi presidi antisismici possono essere individuati unicamente in quegli edifici realizzati immediatamente dopo un evento catastrofico; tuttavia, l'incomprensione della loro importanza strutturale ne determina la scomparsa tra le modalità costruttive dell'area dopo poche generazioni.

In sintesi, la vulnerabilità degli edifici storici può essere ricondotta ad alcuni parametri: la qualità della muratura; la forma e le dimensioni degli elementi architettonici, uniti al loro stato di degrado; la presenza di presidi antisismici. Inoltre, la vulnerabilità è particolarmente elevata per il costruito storico in muratura per le ragioni prima esposte: la costruzione era concepita prevalentemente per sopportare azioni verticali; il materiale muratura è caratterizzato da una scarsa resistenza a trazione; le strutture rigide attraggono

³²³ M. GUCCIONE, M. R. NAPPI, A.P. RECCHIA, *Patrimonio culturale e disastri. L'impatto del sisma sui beni monumentali. Prospettive di prevenzione*, Gangemi Editore, febbraio 1998, p.25.

dinamicamente forze d'inerzia elevate; la carenza di collegamenti tra gli elementi murari, specie in presenza di successive fasi di accrescimento o trasformazioni le rende vulnerabili ai meccanismi locali³²⁴.

Le ricerche sulla valutazione della vulnerabilità dell'architettura storica³²⁵, in una prima fase di attività compresa tra il terremoto del Friuli e della Campania (1976-1980) e di Umbria e Marche (1997), si concentrano, in particolare, sull'architettura di tipo monumentale (soprattutto Chiese) e sulla valutazione qualitativa di questa fondata sulla comprensione delle relazioni esistenti tra zona sismica, elemento costruttivo e danno atteso³²⁶. Si cominciò ad osservare come i meccanismi di danno analizzati fossero a volte riconducibili a elementi di vulnerabilità dell'edificio isolato³²⁷, altre volte direttamente connessi con il contesto aggregato in cui l'edificio è inserito³²⁸ o, ancora, legati alla locale tradizione costruttiva o alle modifiche subite dagli edifici rispetto alla loro concezione generale³²⁹.

Il risultato delle ricerche degli anni '90 fu, dunque, la definizione di un metodo di valutazione del danno funzionale alla previsione del danno atteso, con la finalità di individuare i

³²⁴ S. LAGORMARSINO, *La prevenzione sismica come strumento di conservazione dei beni culturali*, in «Ingenio».

³²⁵ I riferimenti principali sono: F. DOGLIONI, A. MORETTI, V. PETRONI, *Le chiese e il terremoto: dalla vulnerabilità constatata nel terremoto del Friuli al miglioramento antisismico nel restauro, verso una politica di prevenzione*, Lint editoriale, 1994; A. GIUFFRÈ, C. CAROCCI, *Codice di pratica per la sicurezza e la conservazione del centro storico di Palermo*, Laterza, 1999.

³²⁶ M. GUCCIONE, M. R. NAPPI, A.P. RECCHIA, *Patrimonio culturale e disastri. L'impatto del sisma sui beni monumentali. Prospettive di prevenzione*, Gangemi Editore, febbraio 1998, p.25.

L'idea dello studio sull'impatto del sisma sul patrimonio culturale, in particolare sui monumenti nasce dalla volontà di consolidare le esperienze maturate negli anni degli studi effettuali sugli effetti che il terremoto del 1980 ebbe sui monumenti di Campania e Basilicata. Gli autori hanno studiato i temi preposti sulla base dell'analisi dei danni e degli interventi post sismici realizzati dal Ministero per i Beni Culturali e Ambientali su oltre 450 monumenti, 3714 beni storico artistici e 63 aree archeologiche. Sono privilegiate le valenze tecnologiche e strutturali del monumento con un approccio globale di cui si considera non solo la complessità strutturale ma anche di 'valore' includendo i contenuti storico artistici e i beni storico artistici veri e propri.

³²⁷ Ad esempio, la tipologia e la connessione tra elementi verticali e orizzontali, la tipologia di fondazioni e di copertura, la mancanza di omogeneità nei materiali e nelle tecniche costruttive utilizzate.

³²⁸ Ad esempio, la connessione insufficiente tra edifici adiacenti, oppure edifici adiacenti di altezza diversa o solai sfalsati, ecc.

³²⁹ In questo senso, gli studi di Antonino Giuffrè sui centri irpini colpiti dal terremoto del 1980 hanno portato ad una vera rivoluzione nelle modalità di approccio alla comprensione degli edifici esistenti in muratura, alla luce della normativa sismica allora vigente e delle modalità di intervento da essa proposte. Dalle osservazioni dei crolli e dei danneggiamenti scaturiscono le considerazioni sulle modalità con cui si è verificato il danno, fino a giungere alla definizione di meccanismi di danno su porzioni individuabili della costruzione. Da qui il concetto di macroelemento, di meccanismi di I modo, riferiti ai comportamenti della parete fuori dal piano per un'azione sismica ortogonale alla parete stessa, e di II modo, riferiti al comportamento della parete nel piano per un'azione sismica parallela al piano della parete. Si perviene alla spiegazione sulle possibili modalità dicrollo attraverso una modellazione meccanica delle strutture da cui desumere interventi di consolidamento. La cattiva esecuzione dell'architettura non anticipa il collasso ma influisce sulla qualità del danno e sulla effettiva attivazione dei meccanismi.

meccanismi che caratterizzano il comportamento degli edifici monumentali nei riguardi di eventi sismici. Seppure in forma embrionale, la finalità comune a questi studi fu quella di individuare caratteri, modalità e applicabilità di interventi di tipo preventivo. L'ottica era quella di un forte legame tra l'analisi del danno e le deduzioni che ne potessero derivare per una logica operativa; non si pretese di pervenire ad una quantificazione precisa e dettagliata della vulnerabilità sismica; piuttosto, si improntò un quadro organico delle parti maggiormente vulnerabili e delle configurazioni in cui sono ricorrenti i danni di maggiore gravità senza pervenire ad una motivazione omogenea ed approfondita delle cause e del comportamento globale che necessitava, allora come adesso, di riferimenti modellistici più complessi³³⁰.

L'obiettivo, esplicitamente dichiarato, era anche di accentuare la distanza dagli approcci di tipo strutturale a favore di un giudizio maggiormente aderente alla complessità del manufatto, alla presa in esame delle sue molteplici valenze, difficilmente restituibili in una modellazione. Il nodo cruciale era costituito dal riconoscimento delle relazioni più ricorrenti tra il dato reale del danno e alcune costanti proprie delle tipologie specialistiche individuate che ne influenzarono la risposta sismica per individuare gli indicatori di particolari condizioni di vulnerabilità e anche per selezionare le parti del monumento maggiormente a rischio. Inoltre, fin da subito, si intuì che la metodologia individuata andava legata ad un contesto territoriale omogeneo e circoscrivibile per storia, cultura, tecniche, materiali, eventi sismici subiti, etc. e da qui fornire le prime indicazioni per un intervento sul manufatto in una prospettiva di prevenzione del danno, al fine di limitare questo piuttosto che ripararlo: l'individuazione dei possibili meccanismi di danno atteso avrebbe permesso di intervenire oltre che preventivamente, in modo preciso e limitato, possibilmente in aderenza alla concezione strutturale originaria del manufatto che, ovviamente, si riconosceva come un valore da salvaguardare, contenente quei principi di resistenza originaria necessari. In tal modo l'intervento antisismico sui beni culturali si pose nell'ambito del miglioramento sismico così come delineato nei documenti dal Comitato Nazionale per la Prevenzione del patrimonio culturale dal rischio sismico fino alle ultime normative, escludendo definitivamente le categorie di intervento afferenti all'adeguamento. Si proponeva, quindi,

³³⁰ Si fa anche il tentativo di introdurre nella valutazione di vulnerabilità anche i beni più fragili come elementi di finitura e di decorazione che sono parte integrante del monumento e che rivestono anche un ruolo statico-strutturale da esso acquisito nel corso del tempo.

la prevenzione quale strumento di tutela unico e appropriato da cui non è possibile prescindere e da cui possono derivare anche i benefici di natura economica³³¹.

Gli obiettivi di queste analisi furono di impostare uno strumento speditivo di valutazione che consentisse di individuare le opere minime preventive da realizzare in sede di intervento generale sui beni monumentali, con l'uso integrato di discipline che vanno dalla storia alla scienza e tecnica delle costruzioni, dalla sismologia al restauro, con l'intento di individuare le modalità per ottimizzare le capacità residue. Il fondamento fu anche qui del consolidamento come parte del progetto di restauro che richiede un approccio integrato e specifico a tutte le scale dell'intervento.

Poi, negli ultimi 15 anni, il progredire di questi studi, con l'acquisizione di una maggiore consapevolezza 'fisica' del fenomeno e delle relazioni tra azione e danno atteso con riferimento agli elementi costruttivi dell'architettura storica ha indotto le ricerche a concentrarsi sulla volontà di 'quantificare' numericamente questi aspetti; ovvero si è correlato l'aspetto qualitativo con quello quantitativo per tentare di formulare un giudizio 'oggettivo', che non dipendesse solo da valutazioni qualitative fondate sulla sensibilità e la formazione specifica dell'operatore o su contesti diversi che poi non potessero permettere un confronto tra i risultati. La volontà di considerare anche aspetti quantitativi nella valutazione della vulnerabilità è derivata anche dall'incapacità di porre un confine reale tra l'intervento di miglioramento e quello di adeguamento, poiché in fase operativa non vi erano dei parametri che guidassero nel passaggio da un aspetto all'altro.

Il quadro operativo e metodologico attuale per la quantificazione della vulnerabilità è molto articolato e si avvale dei risultati di numerose ricerche che hanno sviluppato metodi finalizzati ad ottenere un indice di vulnerabilità utilizzando due differenti procedimenti, detti di I e II livello³³².

³³¹ L'approfondimento del tema dei costi, sulla base degli interventi post-sismici in Irpinia, ha permesso di giungere ad una valutazione della convenienza economica della prevenzione, non solo a livello teorico, bensì delle singole categorie di intervento e di opere. Il confronto tra intervento massimo realizzato ex post e intervento minimo realizzabile ex ante permette di definire il quadro sia a livello metodologico, ovvero la legittimità teorica di certe operazioni, sia a livello operativo, la specificità di certe tecniche e la conoscenza delle relative tecnologie, sia a livello economico, la convenienza della prevenzione. Cfr. A. P. RECCHIA, *La standardizzazione dei costi per gli interventi sui beni culturali e ambientali*, in *Note di economia dei Beni Culturali e Ambientali*, anno II, n.1, Roma 1994, pp.2-4; M. GUCCIONE, *Il recupero post sismico in Campania e Basilicata: considerazioni in margine ad una disamina dei costi dell'intervento*, in *Note di economia dei Beni Culturali e Ambientali*, anno II, n.1, Roma 1994, pp.42-50.

³³² Cfr. Ministero del Lavoro e della Previdenza Sociale, Dipartimento della Protezione Civile, Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti, *Censimento di vulnerabilità degli edifici pubblici strategici e speciali nelle regioni Abruzzo, Basilicata, Calabria, Campania, Molise, Puglia e Sicilia Orientale*, Dipartimento della Protezione Civile, 1999 ed in particolare il cap. 4.2 *Vulnerabilità degli edifici in muratura*, a cura di A. CHERUBINI, L. CORAZZA, G. DI PASQUALE, M. DOLCE, A. MARTINELLI, V. PETRINI.

Con il primo, all'interno di un centro edificato si individuano diverse tipologie edilizie definendo tre classi di vulnerabilità (A, B, C)³³³ per ciascuna delle quali si stabilisce una relazione tra la sollecitazione sismica e il danno atteso tramite una matrice di probabilità di danno³³⁴. In tal modo si riesce ad ottenere una corrispondenza diretta tra tipologia edilizia e danno. Il secondo metodo si basa sulla raccolta di dati riguardanti informazioni tipologiche e costruttive di ciascun edificio, alle quali si assegnano punteggi indipendenti, successivamente combinati per definire un indice di vulnerabilità *I_v*. Ad ogni valore dell'indice di vulnerabilità viene associata una curva di fragilità che mette in relazione il fattore di danno – definito come rapporto tra il costo dell'intervento di riparazione ed il valore dell'opera – ed il valore massimo dell'accelerazione sismica attesa.

Il rapporto intensità-vulnerabilità-danno può essere valutato pertanto sia utilizzando le matrici di probabilità che l'indice di vulnerabilità, che operano in modi differenti. Il primo metodo non valuta il singolo fabbricato il quale viene inserito in un sistema di edifici con la stessa classe di vulnerabilità che rappresenta differenti tipologie; il danno è descritto in modo qualitativo, associandolo a stati lesionativi o di collasso parziale e totale. Il secondo metodo, invece, permette di ottenere una valutazione specifica con un indice numerico ottenuto a partire da indicatori indipendenti, a ciascuno dei quali è attribuito un peso nel computo totale e differenti punteggi a seconda delle caratteristiche, secondo quattro classi di vulnerabilità. Le due metodologie, a partire dalla fine degli anni novanta, sono state e sono tuttora oggetto di revisione critica, sino a giungere a proposte di approcci misti³³⁵.

Cfr. S. GIOVINAZZI, S. LAGOMARSINO, *Una metodologia per l'analisi di vulnerabilità del costruito*, X congresso Nazionale 'L'ingegneria sismica in Italia', Potenza-Matera 9-13 settembre 2001. L'articolo illustra i metodi per la valutazione della vulnerabilità a partire dagli studi del GNDT.

Cfr. Istituto nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti, Dipartimento della Protezione Civile, Università degli studi di Genova, Progetto SAVE – Strumenti Aggiornati per la Vulnerabilità sismica del Patrimonio Edilizio e dei sistemi urbani; Task 3 Itinerario e vulnerabilità del patrimonio monumentale dei parchi dell'Italia centro – meridionale e meridionale, Volume III – *Analisi di vulnerabilità e rischio sismico degli edifici monumentali*, febbraio 2005.

³³³ Le classi di vulnerabilità sono definite nelle scale macrosismiche; a partire da quella MKS (Medvedev, Sponheuer, Karnik 1964, 1976 e 1981) che riconosce tre livelli (A, B, C a vulnerabilità sismica decrescente). Alla classe A corrispondono gli edifici in muratura più scadente (struttura portante in pietrame), alla classe B gli edifici in muratura più resistente (struttura portante in mattoni) e alla classe C gli edifici con muratura in cemento armato. Successivamente è stata introdotta la scala EMS (European Macroseismic Scale (EMS 1992 e 1998), che estende a sei i precedenti livelli collegando la vulnerabilità alle tipologie edilizie e allo stato di conservazione degli edifici. In particolare, le prime tre classi corrispondono grosso modo a quelle della scala MSK, le seconde tre sono rivolte ad edifici in cemento armato con progetto antisismico di livello più elevato e ad edifici con struttura in legno o in acciaio.

³³⁴ Le matrici forniscono direttamente in ogni riga la distribuzione di probabilità condizionata (P) del danno (D) per una definita classe tipologica (T) e per un sistema di assegnata intensità (I) la probabilità che si verifichi un determinato livello di danno per una definita classe di edifici.

³³⁵ L.M. MONACO, *Dissesti e vulnerabilità statica*, in A. AVETA (a cura di), *Diagnostica e conservazione. L'insula 14 del Rione Terra*, Edizioni Scientifiche Italiane, settembre 2008, pp.147-149.

Dal punto di vista operativo è stato introdotto l'uso di schede opportunamente formulate secondo due tipologie denominate di primo e di secondo livello perché si possono associare rispettivamente ai metodi precedentemente descritti per la determinazione della vulnerabilità. Tale metodologia è stata recepita nella direttiva per il patrimonio culturale nel D.P.C.M. del 23 febbraio 2006 - *Approvazione dei modelli per il rilevamento dei danni, a seguito di eventi calamitosi, ai beni appartenenti al patrimonio culturale*³³⁶.

Lo sviluppo storico che le indagini di vulnerabilità sismica hanno avuto negli ultimi trent'anni evidenzia il passaggio dalla considerazione della vulnerabilità secondo un approccio fisico – strutturale sulle costruzioni al concetto di vulnerabilità sistemico-funzionale³³⁷.

Salvo casi rari, gli edifici del tessuto storico sono contigui ed è evidente che l'indagine sulla vulnerabilità non possa limitarsi a prendere in esame il singolo fabbricato ma deve considerare anche le condizioni del contesto in cui è inserito³³⁸.

L'analisi di vulnerabilità sismica dovrebbe interessare un'intera parte di tessuto urbano piuttosto che essere circoscritta ad un solo manufatto, nel tentativo di ricercare 'le regole dell'arte', le caratteristiche autentiche, tipologiche e costruttive, le qualità peculiari dei materiali e delle strutture, e tutti gli altri indicatori significativi per la valutazione del rischio³³⁹. È chiaro anche che la vulnerabilità sismica del centro storico non è data dalla somma delle vulnerabilità dei singoli manufatti ma piuttosto dalla debolezza delle relazioni che le varie componenti stabiliscono tra di loro; di conseguenza, la scelta metodologica ricade su di un processo analitico diretto a stabilire priorità all'interno del tessuto storico, a studiare il rapporto tra questo e la restante città edificata, a comprendere il ruolo dell'insediamento storico nel territorio. L'obiettivo consiste dunque nell'individuazione delle relazioni più deboli, siano esse tra parti urbane o sistemi insediativi, per proporre le misure idonee alla riduzione della vulnerabilità sismica secondo una scala di priorità³⁴⁰.

³³⁶ Segue il D.P.C.M. n.1064 del 15 marzo 2013, *Approvazione del manuale per la compilazione della scheda per il rilievo dei danni ai beni culturali, Chiese (modello A-DC)*, GU Serie Generale n.231 del 2 ottobre 2013.

³³⁷ S. MENONI (a cura di), *La salvaguardia dei valori storici, culturali e paesistici nelle zone sismiche italiane. Proposte per un manuale*, Gangemi editore, ottobre 2006, p.81.

³³⁸ L.M.MONACO, *Dissesti e vulnerabilità statica*, in A. AVETA (a cura di), *Diagnostica e conservazione. L'insula 14 del Rione Terra*, Edizioni Scientifiche Italiane, settembre 2008, p.147.

³³⁹ R. IENTILE M. NARETTO, *Patrimonio architettonico e rischio sismico. Un percorso tra conoscenza e obiettivi di conservazione*, Celid, luglio 2012, pp. 9-11.

³⁴⁰ O. SEGNALINI, *Patrimonio storico e territorio*, in D. BENETTI, M. GUCCIONE, O. SEGNALINI (A CURA DI), *Primo repertorio dei centri storici in Umbria. Il terremoto del 26 settembre 1997*, Gangemi editore, pp.124-126

In virtù dell'indiscusso valore riconosciuto ai centri storici, la definizione di modelli per la valutazione della vulnerabilità sismica dovrebbe essere orientata verso analisi di dettaglio, in grado di cogliere e rappresentare l'assoluta originalità e il pregio di ciascun centro; allo stesso tempo, la grandissima diffusione di centri di valore storico e culturale sul territorio italiano, impone l'adozione di modelli semplificati. L'osservazione empirica dei danni provocati agli edifici da terremoti di media o alta intensità ha sempre evidenziato come edifici, soggetti sostanzialmente alla stessa eccitazione, manifestano comportamenti diversi, in relazione alla tipologia, alle regole costruttive, ai materiali impiegati e allo stato di manutenzione: le scale macrosismiche hanno pertanto costantemente inserito riferimenti alla qualità strutturale per cercare di quantificare l'intensità locale a partire dai danni osservati.

Nel caso dell'architettura storica in aggregato, le ricerche attuali non sono particolarmente avanzate nella definizione di modelli che descrivano le modalità di danneggiamento: la tendenza è concepire l'aggregato come somma delle unità edilizie che lo compongono, senza tener conto del concreto legame tra queste e di quella evoluzione e storia costruttiva che inciderà sulla sua vulnerabilità³⁴¹.

Le procedure di valutazione qualitativa e quantitativa della vulnerabilità urbana prevedono l'utilizzo di 'indicatori di vulnerabilità' e 'variabili di vulnerabilità'. Gli indicatori di vulnerabilità sono di diversi tipi: fisica, riferita ai sistemi spaziali, ovvero alla configurazione morfologica dell'insediamento, o ai sistemi a rete, ovvero strade e trasporti in genere; funzionale, riferita alla perdita di utilizzazione del sistema urbano e economico-sociale, riferita alla possibilità di perdita in termini economici e sociali del sistema urbano. Ad ognuno di questi indicatori si associa un valore numerico che esprime la vulnerabilità all'azione sismica, e che con il valore dell'esposizione e della pericolosità fornisce il rischio del sistema urbano considerato. I risultati sono finalizzati a stime da impiegare nelle attività di tipo urbanistico, ad esempio legate alla collocazione di attività o all'indirizzo di scelte di progetto prioritarie.

Le principali esperienze di ricerca impegnate nella definizione delle metodologie di valutazione della vulnerabilità sismica urbana sono gli studi di I. Cremonini che cerca di

³⁴¹ D. INDELICATO, *Valutazione e riduzione della vulnerabilità sismica degli aggregati edilizi nei centri storici. Il caso di Villa Sant'Angelo*, Tesi di Dottorato, Università degli studi di Catania - Dottorato di ricerca in Progetto e Recupero Architettonico, Urbano e Ambientale, XXIII ciclo, 2010, p.17.

coniugare le indagini di tipo urbanistico con le procedure di tipo architettonico³⁴², seguiti dai Programmi di Recupero post sisma delle Marche³⁴³ fino allo *Studio* del 2012.

A qualunque scala si riferisca, l'analisi di vulnerabilità sismica mette in atto un processo di conoscenza dell'edificato e di valutazione della vocazione a subire crisi per effetto del sisma stesso; questo significa studiare gli elementi costruttivi dell'architettura storica, le sequenze d''archivio materiale' del luogo, per ottenere un chiaro indirizzo nell'individuazione dei meccanismi di equilibrio o di possibile danno. Di conseguenza, la scelta degli interventi che contestualmente possono garantire la sicurezza può essere declinata sulla storia della fabbrica per la tutela della stessa, scongiurando il pericolo di trovarsi, dopo l'intervento, con la riproposizione di un modello contraddittorio rispetto a quello autentico e, dunque, con un'identità dell'esistente che cambia, in peggio³⁴⁴. La fabbrica dunque può portare con sé l'autenticità del suo essere o i segni inconfondibili di una cancellazione di storia e di cultura.

Anche l'Istituto Superiore per la Conservazione ed il Restauro si è occupato del problema legato al rischio sismico dei beni culturali all'interno del sistema 'Carta del Rischio'. Il progetto della Carta del Rischio del patrimonio culturale fu elaborato dall'Istituto Centrale del Restauro e realizzato con i fondi della legge 84/90. L'intento era ed è quello di costituire il più esteso sistema di banche dati, alfa numeriche e cartografiche, in grado di raccogliere, esplorare, sovrapporre, elaborare le informazioni intorno ai potenziali fattori di rischio che investono la configurazione materiale del patrimonio culturale, in rapporto con una prima, anche se incompleta, determinazione della tipologia e della distribuzione del patrimonio stesso, almeno nelle sue emergenze principali³⁴⁵, attraverso una sperimentazione dedicata alla raccolta di dati su vulnerabilità, esposizione e pericolosità sismiche del patrimonio culturale.

³⁴² I. CREMONINI, *Rischio sismico e pianificazione nei centri storici. Metodologie ed esperienze in Emilia Romagna*, Alinea, 1994.

³⁴³ C. CAROCCI, V. CERADINI, M. PANZETTA, I. CREMONINI, P. MAZZOTTI, M. SMARGIASSO, *Rassegna ragionata dei Programmi di Recupero Post sisma*, Attività di ricerca promossa dal Comitato Tecnico Scientifico della regione Marche, Bollettino Ufficiale della regione Marche, anno XXXIII n.3 Ed. S., 21 marzo 2002.

³⁴⁴ R. IENTILE, M. NARETTO, *Patrimonio architettonico e rischio sismico. Un percorso tra conoscenza e obiettivi di conservazione*, Celid, luglio 2012, pp. 9-11.

³⁴⁵ M. CORDARO, *La conoscenza del patrimonio storico a rischio*, in D. BENETTI, M. GUCCIONE, O. SEGHALINI (A CURA DI), *Primo repertorio dei centri storici in Umbria. Il terremoto del 26 settembre 1997*, Gangemi editore, pp.11-12.

Un recente progetto di ricerca³⁴⁶ ha indagato circa 3000 beni del patrimonio culturale nelle regioni Sicilia e Calabria mediante l'applicazione di due metodi. Il primo è basato su un approccio di tipo tradizionale che definisce tre classi di rischio desunte dalla combinazione dei parametri di pericolosità, esposizione e vulnerabilità; il secondo è impostato su strategie di calcolo innovative, ma anche complesse, integrate in un 'Sistema di Supporto alle Decisioni' ('SSD') che definisce livelli di vulnerabilità e di rischio raggruppabili in classi. Entrambi i criteri desumono i parametri di vulnerabilità V^{347} da tre tracciati schedografici di vulnerabilità sismica formulati per tre diverse tipologie architettonico costruttive: edilizia isolata o in aggregato: ville, palazzi, case; torri-campanili; chiese-teatri-sistemi edilizi complessi³⁴⁸. Il ragionamento, qui brevemente descritto, si riferisce alla singola emergenza architettonica, ma già nel 1997 si auspicava l'interesse del sistema informatico della Carta del Rischio verso gli 'aggregati urbani' e i centri storici in quanto tali, per l'evidenza che la salvaguardia delle singole emergenze o particolarità culturali è praticabile solo a condizione della salvaguardia del contesto urbano cui si riferiscono. L'obiettivo prefissato consisteva anche nel fornire ad amministrazioni e organi competenti gli strumenti conoscitivi e operativi indispensabili per una politica in grado di stimolare la produzione del nuovo unita al mantenimento dei valori essenziali di identità e di memoria³⁴⁹ che, di contro, si evincono dal costruito storico.

³⁴⁶ Progetto Carta del Rischio del Patrimonio culturale – Dati sulla vulnerabilità e pericolosità sismica del patrimonio culturale della regione Sicilia e della regione Calabria. Responsabile del procedimento dott. Alessandro Bianchi e responsabile dei dati dott. Carlo Cacace. Il lavoro è iniziato nel 2007 e conclusosi nel 2010 ed è stato condotto da un raggruppamento temporaneo di prestatori di servizi costituito dalla RPA s.r.l. di Perugia, da Intersistemi Italia S.p.A di Roma e dalla SGA. Storia Geofisica Ambiente s.r.l. di Bologna. Sono stati censiti esattamente 1296 beni in Calabria e 1950 in Sicilia, impiegando tracciati schedografici strutturati secondo l'impostazione fornita dalle Linee Guida, con un livello di approfondimento inferiore, ma con un maggiore carattere speditivo. Sono state applicate due metodologie per comprendere la qualità dei risultati e la possibilità di confrontarli tra loro, nonché per chiarire le relazioni tra il sistema carta del rischio e il sistema LV1 proposto dalla normativa. Gli interventi di rinforzo moderni, introdotti nei primi decenni del Novecento e utilizzati in tutta Italia a partire dalla seconda metà del secolo scorso, hanno introdotto delle vulnerabilità congenite nel costruito storico. Sia il terremoto di Umbria-Marche nel 1997 che quello Aquilano del 2009 hanno messo in luce i fallimenti di consolidamenti moderni, ad esempio realizzati con cordoli in cemento armato rigidi e pesanti, spesso non ammorsati ai muri d'ambito, e con solette di rinforzo in calcestruzzo piene o latero-cementizie, sovradimensionate e quasi sempre gravanti sulle strutture esistenti. Per approfondimenti e dettagli sul lavoro svolto e sui risultati vedi A. DONATELLI, *Terremoto e architettura storica. Prevenire l'esigenza*, Gangemi Editore, ottobre 2010, pp.193-210.

³⁴⁷ Nel primo modello espressi in termini qualitativi, nel secondo denominati 'livelli di fragilità' e tradotti in entrambi i modelli in valori numerici normalizzati fra 0 e 1

³⁴⁸

Per Approfondimenti sulle schede, caratteristiche e compilazione consulta A. DONATELLI, *Terremoto e architettura storica. Prevenire l'esigenza*, Gangemi Editore, ottobre 2010, pp.193-199.

³⁴⁹ M. CORDARO, *La conoscenza del patrimonio storico a rischio*, in D. BENETTI, M. GUCCIONE, O. SEGALINI (A CURA DI), *Primo repertorio dei centri storici in Umbria. Il terremoto del 26 settembre 1997*, Gangemi editore, pp.11-12.

L'approccio messo a punto dalla Carta del Rischio risponde all'obiettivo di censire i beni architettonici da conservare, in tal modo localizzati nel territorio e caratterizzati da un'indicazione del comportamento in caso di sima. Si tratta di una procedura speditiva e unicamente finalizzata a individuare situazioni connotate da un elevato rischio sismico, tramite criteri ampiamente cautelativi anche se non sempre esaustivi; è possibile, in fasi successive di elaborazione, approfondire e confermare o modificare il livello di rischio stabilito.³⁵⁰

Le procedure impiegate dalla Carta del Rischio si potrebbero inquadrare come una sorta di 'LV0', utile a individuare le situazioni quantomeno a elevato rischio e a fornire tutti gli elementi utili per poter applicare il più approfondito 'LV1', rielaborando opportunamente i dati raccolti e ordinati nel database 'Carta del Rischio'.

Oggi, lo strumento nelle mani del professionista per la prevenzione dal rischio sismico del patrimonio architettonico è rappresentato dalle Linee Guida che propongono un approccio metodologico basato su un giudizio qualitativo complessivo, che si basa però su dati quantitativi³⁵¹ per cui il concetto di miglioramento esprime un «*concetto di sicurezza equivalente; di quella sicurezza, cioè, che si caratterizza per essere un intelligente confronto tra gli aspetti della conoscenza*». Infatti, la modellazione e la verifica delle strutture storiche in muratura è un problema complesso, per la difficoltà di considerare adeguatamente la geometria, i materiali, le condizioni di vincolo interno e la stessa evoluzione delle vicende storiche attraverso le quali la costruzione si è formata e trasformata. Anche l'inserimento in agglomerati urbani complessi, nei quali è difficile distinguere edifici isolati o unità costruttive strutturalmente autonome, rende problematica la scelta della scala della modellazione e la definizione dei confini spaziali e dei vincoli della struttura. Donde la

³⁵⁰ A. DONATELLI, *Terremoto e architettura storica. Prevenire l'esigenza*, Gangemi Editore, ottobre 2010, p.209. È comunque opportuno che anche questo metodo sia ulteriormente perfezionato con maggiore accuratezza in alcune parti, in special modo per ciò che riguarda gli interventi pregressi e, in particolare quelli nel corso del XX secolo che hanno fatto uso spropositato della tecnologia del cemento armato e che nei recenti eventi sismici hanno ancora una volta manifestato tutti i limiti.

Numerosi crolli del costruito storico sono stati causati da interventi moderni in cemento armato, in modo particolare realizzati dal Soprintendente Mario Moretti negli anni sessanta del XX secolo, rivelatesi inefficaci ed eseguiti senza un approfondimento storico – critico volto a comprendere caso per caso le debolezze strutturali e, soprattutto, le prioritarie esigenze architettoniche. D. Fiorani, *Edifici storici, stratificazioni e danni nell'Aquilano, una panoramica*, in ARKOS 2009, pp.8-17. Per approfondimenti sul tema S. Lagomarsino, *Vulnerabilità sismica delle chiese aquilane: interpretazione del danno e considerazioni sul miglioramento strutturale*, in ARKOS 2009, pp. 30-37; L. Sorrentino et al, *La chiesa di San Biagio a L'Aquila*, in ARKOS, 2009, pp.30-37.

³⁵¹ Una filosofia di approccio alla conoscenza e all'indirizzo d'intervento sulle costruzioni storiche, condivisa tanto dalla Parte 1-4 dell'Eurocodice 8, quanto dalle Raccomandazioni per l'Analisi, Conservazione e Restauro Strutturale dei Beni Architettonici dell'ICOMOS

necessità di affidarsi a diversi parametri di valutazione, strutturando il grado di giudizio sulla vulnerabilità dell'edificio attraverso osservazioni 'per parti' e contemplando contemporaneamente criteri qualitativi e quantitativi utili per la formulazione del giudizio finale. Del resto, i criteri che permettono di definire una costruzione sicura attualmente si basano sulla determinazione degli effetti delle azioni sulla costruzione (approccio analitico) e sulla previsione del comportamento strutturale attraverso indicatori qualitativi (approccio qualitativo). Questi due criteri, benché non antitetici tra loro, sono difficilmente posti in relazione e confronto; riuscire a prevedere la qualità del danno e, contemporaneamente, garantire il rispetto dell'autenticità del comportamento strutturale della costruzione è un'operazione complessa³⁵².

Le linee guida prevedono due scale di approccio al problema della valutazione della sicurezza sismica del patrimonio tutelato: l'analisi del rischio a scala territoriale e quella dell'intervento sul singolo manufatto. A scala territoriale (LV1), l'attribuzione della vita nominale a ciascun manufatto tutelato e la corrispondente valutazione dell'indice di sicurezza consentono di redigere una graduatoria di rischio, utile ad indirizzare le priorità d'intervento sui manufatti più vulnerabili e significativi. Ancora più utile è valutare la vita nominale rispetto alla quale il manufatto è sicuro; in questo caso la graduatoria definisce il tempo limite entro il quale gli interventi preventivi dovrebbero essere attuati. Alla scala del singolo manufatto, invece, nel caso in cui si valuti che la sua vulnerabilità attuale sia eccessiva in relazione alla pericolosità sismica del sito, il progetto di miglioramento sismico dovrà essere indirizzato al minimo intervento, attraverso l'uso di tecniche poco invasive e, per quanto possibile, reversibili; la valutazione della vita nominale garantita dall'intervento ci dirà quindi il tempo nel quale la costruzione potrà essere considerata sicura, al termine del quale una nuova verifica dovrà essere eseguita³⁵³.

Tornando ad una valutazione a scala territoriale, la direttiva per i beni culturali definisce il livello LV1 come un livello di «analisi qualitativa e valutazione con modelli semplificati»³⁵⁴ in grado di stimare l'indice di sicurezza sismica, ovvero il rapporto tra la capacità del sistema

³⁵² C. DONÀ, *Sicurezza strutturale e conservazione del costruito storico: alla ricerca di una reciproca conciliabilità*, in Atti del XIII convegno ANIDIS- L'ingegneria sismica in Italia, 2009 Bologna, pp. 1-2

³⁵³ S. LAGOMARSINO, *La nuova normativa sismica è buona per il restauro?*, in Atti del Convegno *Responsabilità nella conservazione del costruito storico*, A. CENTRONI E M.G. FILETICI (a cura di), ARCo Associazione per il recupero del costruito, Roma, Villa Medici 29-30 Novembre 2010, Gangemi editore, p.105.

³⁵⁴ Cap. 5.3.1 del D.P.C.M. 09 febbraio 2011, *Valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14-01-2008*, G.U. n.47 del 26 febbraio 2011, suppl. ordinario n.54.

e la domanda³⁵⁵, espressi in termini di periodo di ritorno³⁵⁶ dell'azione sismica che porta al generico stato limite ed il corrispondente periodo di ritorno di riferimento³⁵⁷. I modelli semplificati per il livello LV1 sono indicati dalla direttiva secondo modelli meccanici basati sulla tipologia costruttiva³⁵⁸: «L'indice di sicurezza fornisce una percezione temporale delle eventuali vulnerabilità sismiche del manufatto»³⁵⁹.

Il ministero per i Beni e le attività culturali ha elaborato inoltre una metodologia per la scala territoriale per la conoscenza e il monitoraggio dello stato di consistenza dei beni architettonici tutelati; si tratta di strumenti di valutazione rigorosi ma agili, basati su una raccolta scrupolosa di informazioni attraverso moduli schedografici sull'accertamento del comportamento strutturale a seguito della conoscenza e sulla formulazione di un preliminare giudizio qualitativo del rischio sismico³⁶⁰. L'interpretazione qualitativa del funzionamento sismico è in genere basata su una lettura per macroelementi, ovvero individuando le parti architettoniche caratterizzate da un comportamento in una certa misura autonomo rispetto al resto della costruzione: su ciascun macroelemento possono essere individuati uno o più meccanismi di collasso, valutando la maggiore o minore vulnerabilità alla presenza di presidi antisismici di tipo tradizionale o moderno; o una maggiore vulnerabilità indotta da

³⁵⁵ Se la capacità è maggiore della domanda, quindi se $I_s > 1$ la struttura è sicura, viceversa se $I_s < 1$ la struttura non è sicura.

³⁵⁶ BREVEMENTE OCCORRE CAPIRE GLI STATI LIMITE QUALI SONO, COSA SI INTENDE PER PERIODO DI RITORNO E COSA PER PERIODO DI RITORNO DI RIFERIMENTO.

Secondo le NTC, infatti, il periodo di ritorno caratterizza la pericolosità sismica di un luogo, definita come probabilità che, in un certo lasso di tempo, si verifichi nello stesso luogo un evento sismico di entità almeno pari a un valore prefissato. Tale lasso di tempo, espresso in anni, è detto periodo di riferimento VR. La probabilità è detta probabilità di eccedenza o di superamento nel periodo di riferimento PVR.

³⁵⁷ Il periodo di ritorno di riferimento è a sua volta funzione della vita nominale, ovvero dell'intervallo di tempo per il quale si decide di progettare l'intervento e pertanto nel corso del quale la struttura è considerata sicura e la classe d'uso di questo, ovvero quanto può essere generalmente affollato

³⁵⁸ ovvero palazzi, ville e strutture con pareti di spina ed orizzontamenti intermedi; chiese, luoghi di culto ed altre strutture a grandi aule senza orizzontamenti intermedi; torri, campanili ed altre strutture a prevalente sviluppo verticale.

Il livello LV1 occorre per stabilire le priorità d'intervento, si valuta tuttavia l'accelerazione al suolo corrispondente al raggiungimento dello stato limite ultimo 'aSLU'. Questo valore, rapportato all'accelerazione di picco caratteristica del sito, è utile a definire un indice di sicurezza sismica 'I_s', volto ad organizzare una scala delle priorità. Si ricorda che 'aSLU' è calcolato mediante un algoritmo espresso in funzione dell'indice di vulnerabilità, 'iv', a sua volta determinato dall'applicazione delle schede per la valutazione del danno e della vulnerabilità, suddivise in base alla tipologia architettonica (chiese e palazzi).

³⁵⁹ Cap. 5.3.1 del D.P.C.M. 09 febbraio 2011, *Valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14-01-2008*, G.U. n.47 del 26 febbraio 2011, suppl. ordinario n.54.

³⁶⁰ Allegato A, Programma per il monitoraggio dello stato di conservazione dei beni architettonici tutelati, si divide in 4 moduli – anagrafico identificativo, fattori di sensibilità, morfologia degli elementi, stato di conservazione. Si basa su un livello di conoscenza speditivo ovvero fa riferimento a dati acquisiti mediante osservazione diretta della qualità della fabbrica, una prima stima dimensionale della stessa e a fonti documentarie, quali indagini storiche sul manufatto e sull'ambito; a differenza del livello di conoscenza analitico che fa riferimento ad una conoscenza geometrico e materico costruttiva della fabbrica, a dati indiretti quali valutazioni eseguite per analogia su studi e ricerche, analisi in situ o in laboratorio.

trasformazioni, dissesti ed interventi di consolidamento non corretti. Il risultato di questa valutazione si esprime in forma linguistica, attraverso un livello di vulnerabilità alto, medio o basso³⁶¹.

La direttiva, consapevole delle difficoltà operative per la valutazione della sicurezza sismica del patrimonio di architettura storica, con l'obiettivo di rendere agevoli queste operazioni, propone dei modelli meccanici semplificati di valutazione riferiti a ciascuna tipologia architettonica, sebbene «*il concetto di tipologia male si adatta a manufatti storici, che dovrebbero essere considerati elementi unici nella storia del costruire*»; tuttavia, il riconoscimento di caratteri ricorrenti nel comportamento strutturale è utile a chiarire il significato di concetti teorici e metodologici nella loro applicazione a situazioni reali³⁶². In particolare, per quanto riguarda la tipologia *Chiese, luoghi di culto ed altre strutture con grandi aule, senza orizzontamenti intermedi*, vengono introdotte delle correlazioni tra l'indice di vulnerabilità i_v , calcolato con la scheda chiese e le accelerazioni allo stato limite ultimo e allo stato limite di danno. La scheda chiese è stata utilizzata nelle emergenze successive a eventi sismici a partire dal 1997 rappresentando un valido strumento per valutare il comportamento sismico delle chiese, dal quale trarre sia indicazioni utili in una fase di emergenza, sia i primi suggerimenti per la messa a punto dell'intervento. È evidente che le stime dei livelli di danno e di vulnerabilità calcolati con la scheda – attraverso un indice di danno i_d e un indice di vulnerabilità i_v – presentano una valenza puramente statistica e risultano corrette se applicate ad un'analisi territoriale in grado di stabilire liste di priorità e una razionale programmazione degli interventi³⁶³.

A tal proposito, la ricerca di Adalgisa Donatelli³⁶⁴ compie un importante lavoro critico e di integrazione rispetto alla metodologia per la valutazione del rischio a scala territoriale LV1 con riferimento ai modelli semplificati per la valutazione della vulnerabilità sismica delle Chiese. Analizzando le schede 'chiese' compilate sulla base dei modelli forniti dalle

³⁶¹ Cap. 5.3.1 del D.P.C.M. 09 febbraio 2011, *Valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14-01-2008*, G.U. n.47 del 26 febbraio 2011, suppl. ordinario n.54.

³⁶² Cap. 5.4 del D.P.C.M. 09 febbraio 2011, *Valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14-01-2008*, G.U. n.47 del 26 febbraio 2011, suppl. ordinario n.54.

³⁶³ Allegato C, *Modello per la valutazione della vulnerabilità sismica delle chiese*, D.P.C.M. 09 febbraio 2011, *Valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14-01-2008*, G.U. n.47 del 26 febbraio 2011, suppl. ordinario n.54. A. DONATELLI, *Terremoto e architettura storica. Prevenire l'emergenza*, Gangemi editore, ottobre 2010, p.100.

³⁶⁴ A.DONATELLI, *Terremoto e architettura storica. Prevenire l'emergenza*, Gangemi editore, ottobre 2010, pp. 193-199.

precedenti ricerche, si è constatato che la natura speditiva di questi strumenti comporta una determinazione complessiva dell'indice di vulnerabilità indipendente da specifiche caratteristiche delle strutture murarie che, invece, influenzano significativamente la risposta sismica³⁶⁵. Questi modelli, inoltre, non contengono chiari riferimenti alle vicissitudini storico-costruttive dell'edificio che, pertanto, sono escluse dalla valutazione complessiva dell'indice di vulnerabilità. Alla luce di queste considerazioni, la ricerca ha predisposto un nuovo tipo di scheda di approfondimento, denominato 'scheda di approfondimento per il rilievo della vulnerabilità muraria', elaborata a partire dalla scheda murature di I livello allegata alla scheda 'chiese', nella quale l'apparecchio murario esaminato è descritto qualitativamente; si è quindi determinato un indice di vulnerabilità muraria v_m al quale partecipano indicatori numerici in grado di tradurre l'influenza dell'efficienza e della qualità costruttiva della muratura sul comportamento sismico della struttura, unicamente sulla base di indagini visive. In particolare, in questo procedimento di stima, sono stati presi in considerazione, oltre ai parametri relativi alle caratteristiche meccaniche e 'adesivo-coesive' della muratura, le eventuali modalità di fessurazione osservate e i fattori che hanno causato l'allontanamento dalle condizioni iniziali, osservando che, in presenza di un apparecchio murario non efficiente e/o di cattiva qualità costruttiva, l'attivazione di meccanismi localizzati può determinare un quadro fessurativo più diffuso. Tali fattori derivano spesso dalla quantità di trasformazioni che l'edificio ha subito nel tempo. In questa logica, la scheda di approfondimento elaborata è stata coadiuvata da una sezione specifica, denominata 'sezione di approfondimento storico-architettonico', incentrata sulla storia architettonico-costruttiva dell'edificio e finalizzata a fornire un giudizio qualitativo sulla sua vulnerabilità intrinseca dovuta a discontinuità costruttive e/o di trasformazione³⁶⁶

La compilazione delle schede per il rilievo del danno e della vulnerabilità sismica sulle fabbriche prescelte, in generale, ha permesso di verificare l'impostazione concettuale della metodologia applicata e di valutare i risultati conseguiti, soprattutto rispetto al loro effettivo livello di attendibilità. La scheda 'chiese', nata come strumento speditivo legato all'urgenza della fase post-sisma, rivela in tempo di pace con valenza preventiva valori tanto più affidabili quanto più l'edificio è leggibile nelle sue componenti strutturali. Ne consegue che, se la fabbrica è stata oggetto di interventi nascosti, l'applicazione di tale strumento, se non accompagnata da un sufficiente livello di conoscenza storico-architettonica, risulta meno

³⁶⁵ [perché come è fatta la scheda?vedi p.100 terza colonna]

³⁶⁶ A. DONATELLI, *Terremoto e architettura storica. Prevenire l'emergenza*, Gangemi editore, ottobre 2010, p.109. **APPROFONDIRE**

attendibile. È evidente allora che, per comprendere il comportamento della struttura nei confronti del sisma, lo strumento speditivo è tanto più efficace quanto più leggibile risulta la fabbrica e o quanto più approfondita è la comprensione storico architettonica. In quest'ultimo caso però la scheda viene a perdere la sua natura speditiva ponendosi piuttosto come uno strumento di sintesi in grado di tradurre quantitativamente conoscenze acquisite dall'osservazione diretta e dalla ricerca storico critica. Per la scheda murature di approfondimento viceversa la definizione di strumento speditivo non pare corretta: essa costituisce piuttosto un procedimento che mette in relazione le indagini dirette con quelle indirette, così da acquisire informazioni sulla vulnerabilità muraria anche senza la realizzazione di prove strutturali specifiche, considerando che, quanto più la comprensione dei livelli di carenza muraria è attendibile, tanto più le prove dirette possono essere limitate, consentendo un maggior rispetto della consistenza materiale della fabbrica e un significativo risparmio economico³⁶⁷.

Le metodologie a scala territoriale, al di là dei risultati quali-quantitativi utili a individuare le fabbriche a maggior rischio e, quindi, a indirizzare meglio le risorse economiche, hanno anche il pregio di fornire un primo quadro sui presidi e sulle carenze strutturali che caratterizzano una certa tipologia architettonica in un preciso ambito territoriale. L'individuazione delle caratteristiche 'sismo resistenti' e, viceversa, delle debolezze di una fabbrica storica non può raggiungere un adeguato approfondimento senza l'aiuto di un paziente studio storico-critico; quest'ultimo è, in tal senso, finalizzato a individuare la concezione strutturale dell'edificio dall'attuale configurazione fino all'organismo originario, in un processo a ritroso che si avvale degli strumenti d'indagine propri del restauro architettonico³⁶⁸. La disamina di presidi e carenze strutturali è in genere condotta con l'applicazione delle schede per il rilievo del danno e della vulnerabilità sismica, finalizzate a valutare un indice di vulnerabilità muraria v_{km} espressione dell'influenza dell'efficienza e della qualità costruttiva muraria sul comportamento sismico della struttura, anche in riferimento all'evoluzione della fabbrica. Infatti dall'applicazione delle schede di stima speditive emerge che, senza una buona conoscenza storico costruttiva dell'edificio, il risultato è meno attendibile³⁶⁹, a meno che gli apparecchi costruttivi, gli stati di danno e gli

³⁶⁷ A. Donatelli, *Terremoto e architettura storica. Prevenire l'emergenza*, Gangemi editore, ottobre 2010, pp.118-119.

³⁶⁸ È quello che dimostra Donatelli sul suo caso studio delle 5 chiese

³⁶⁹ Senza un supporto storico-critico peraltro, il risultato della scheda non inifica il sistema di verifica, ma determina, a favore di sicurezza, elevati valori degli indici con ovvie conseguenze di sovradimensionamento dell'intervento se la procedura venisse impiegata in fase di progettazione.

interventi pregressi siano tutti visibili³⁷⁰. È chiaro che la compilazione delle schede speditive può avere valenza alla scala territoriale e non può essere impiegata per lo studio del singolo edificio³⁷¹.

Con riferimento, invece, al singolo manufatto e agli strumenti operativi che la direttiva propone, il livello LV2 si configura come una 'valutazione su singoli macroelementi' del manufatto e si applica nel caso in cui sono previsti interventi di restauro che interessano singole parti della costruzione. In queste circostanze, la valutazione della sicurezza sismica può essere eseguita facendo riferimento a modelli locali riferiti a porzioni strutturalmente autonome della costruzione, ovvero macroelementi. La direttiva, non obbliga ad una 'accurata' valutazione del comportamento complessivo della struttura, «specie quando questa risulta molto articolata e l'intervento ha un impatto modesto sul comportamento complessivo», bensì richiede che un giudizio complessivo di sicurezza fornito con l'impiego degli strumenti del LV1³⁷². È però necessario ricordare che l'individuazione dei meccanismi locali di dissesto è un'operazione di tipo empirico che viene effettuata in base all'esperienza storica dei meccanismi ricorrenti nelle varie tipologie edilizie. Solo la capacità d'intuizione del progettista potrà garantire l'individuazione delle situazioni più pericolose, spesso dovute non solo al rischio di collasso di macroelementi, ma anche a manufatti non strutturali, come comignoli o controsoffitti, oppure a dettagli costruttivi minuti e difficili da individuare, come l'assenza di chiodature tra le strutture lignee di una copertura o l'assenza di ammorsature tra le murature³⁷³.

Per il livello LV3, infine, «la verifica complessiva della risposta sismica del manufatto non richiede necessariamente il ricorso ad un modello globale della costruzione, ma è possibile procedere alla scomposizione della struttura in parti, a condizione che venga valutata la ripartizione delle azioni sismiche tra i diversi sistemi strutturali, in ragione delle diverse

³⁷⁰ . In presenza di rivestimenti che celano gli apparecchi murari e di rinforzo disposti all'interno delle murature, solo la conoscenza storico critica della costruzione consente di raggiungere un livello di attendibilità dei risultati più aderente alla situazione reale Donatelli,

³⁷¹ **OSSERVAZIONI DA SVILUPPARE**

aspetti interessanti, spiegare la procedura messa a punto
aspetti negativi, si ragiona in termini di beni piuttosto che di contesto storico inteso come insediamento storico.
la ricerca di donatelli si concentra particolarmente su chiese ad aula unica presenti a messina e reggio calabria,
ma potrebbe estendersi il ragionamento in termini di aggregato ??

³⁷² Cap. 5.3.2 del D.P.C.M. 09 febbraio 2011, *Valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14-01-2008*, G.U. n.47 del 26 febbraio 2011, suppl. ordinario n.54.

³⁷³ C. BLASI, *Conoscenza empirica e analisi delle strutture, in Architettura storica e terremoti. Protocolli operativi per la conoscenza e la tutela*, a cura di BLASI C., Wolters Kluwer Italia, novembre 2013, p.11.

rigidezze e dei collegamenti tra le stesse; tale ripartizione può essere operata in modo approssimato, purché venga garantito l'equilibrio nei riguardi della totalità delle azioni orizzontali». La valutazione può quindi essere eseguita con gli stessi metodi utilizzati a livello LV2, ma sistematicamente su ciascun elemento della costruzione. Questo tipo di valutazione è da svolgere nel caso si debba modificare il comportamento strutturale accertato – fatto inaccettabile su un manufatto riconosciuto come bene culturale! – o se si tratta di un edificio strategico e, dunque, l'istanza della sicurezza prevale, in un certo senso, per l'importanza sociale del manufatto. Va fortemente sottolineato che, nonostante ciò, la verifica complessiva della risposta sismica del manufatto non richiede necessariamente il ricorso ad un modello globale della costruzione, ma è possibile procedere alla scomposizione della struttura per parti, a condizione che venga valutata la ripartizione delle azioni sismiche tra i diversi elementi strutturali, in ragione delle differenti rigidezze e dei collegamenti tra le stesse; di conseguenza, la valutazione può essere eseguita con gli stessi metodi usati al livello LV2, ma riferiti a ciascun elemento della costruzione.

Sebbene modelli e metodi di cui fin qui si è riferito e discusso sono indicati, generalmente, per la valutazione del rischio del singolo manufatto, piuttosto che con riferimento al comportamento in aggregato, per dare un giudizio sulla sicurezza, in generale di qualunque architettura storica, occorre agire sempre secondo il metodo proprio del progetto di restauro, in cui la conoscenza svolge un ruolo fondamentale per avviare qualunque azione di prevenzione, integrando strumenti qualitativi e quantitativi oggi a nostra disposizione, senza perdere di vista la 'personalità del malato', che sia un edificio o che sia un aggregato.

2.3 La riduzione della vulnerabilità sismica: la prevenzione

All'eventualità di una distruzione del patrimonio edilizio, istantanea ed imprevedibile, dapprima subita con fatalistica accettazione, si oppone nel corso della storia delle costruzioni la necessità di comprendere le leggi e le modalità di manifestazione del fenomeno sismico al fine di poterlo rendere prevedibile e quantificabile da incontrollabile ed incommensurabile. Nasce, così, ancora embrionalmente, dalla seconda metà del XVIII secolo, il concetto di prevenzione antisismica, dapprima con gli studi di stampo geologico, geotecnico ed ingegneristico e, poi, solo negli ultimi 50 anni, con studi specifici per il patrimonio architettonico, concentrati sulle difficoltà di applicazione dei risultati raggiunti sul costruito in genere. L'istantanea distruttività del sisma comporta sia il pericolo della perdita di vite umane che dei valori culturali comuni che esso rappresenta per la collettività presente e futura.

È chiaro che prevenire non vuol dire arrestare l'azione di degrado che l'opera subisce per il trascorrere del tempo e, per il quale, assume «*maggior gloria*». Questo concetto, insieme alla puntualizzazione di cosa si debba intendere per 'restauro preventivo' erano stati già espressi da Cesare Brandi: «*Restauro preventivo è dizione inconsueta che potrebbe indurre nell'errore di credere che possa esservi una specie di profilassi che [...] possa immunizzare l'opera d'arte nel suo corso del tempo. Codesta profilassi [...] non esiste né può sussistere [...]*»³⁷⁴. Il nodo cruciale è, ancora una volta, nel riconoscimento dell'opera d'arte che avviene nella coscienza individuale, per poi impersonare istantaneamente la coscienza universale, a cui è demandato il compito di conservare e trasmettere l'opera d'arte al futuro. Questo compito impone di parlare di 'restauro preventivo' e non solo di prevenzione perché si tratta di un 'imperativo morale' e, già secondo Cesare Brandi, l'area del restauro preventivo consiste nella tutela, nella rimozione dei pericoli e nella assicurazione di condizioni favorevoli. «*Ma perché queste condizioni siano effettive e non rimangano petizioni astratte, occorre che l'opera d'arte sia esaminata, in primo luogo riguardo all'efficienza dell'immagine che in essa si concreta, in secondo luogo riguardo allo stato di conservazione delle materie di cui risulta. Ed ecco come questa indagine si pone filologica e scientifica, da cui soltanto potrà essere chiarita l'autenticità con la quale l'immagine sarà stata trasmessa fino a noi, e lo stato di consistenza della materia di cui risulta. Senza questa precisa indagine filologica e scientifica, né l'autenticità dell'opera in quanto tale potrà dirsi confermata dalla riflessione, né assicurata nella sua consistenza l'opera al futuro*»³⁷⁵

³⁷⁴ C. BRANDI, *Teoria del Restauro*, Einaudi, 2000, p.53.

³⁷⁵ C. BRANDI, *Teoria del Restauro*, Einaudi, 2000, p.54.

D'altra parte, l'esigenza della prevenzione dalle varie tipologie di rischio del patrimonio culturale matura in Italia a partire dalla metà degli anni settanta, quando si afferma l'idea che l'attività di tutela non poteva esercitarsi sulla base di una selezione di beni di riconosciuta eccellenza ma doveva applicarsi anche sul patrimonio storico diffuso come ambito contestuale di comprensione e di valorizzazione primaria del territorio italiano³⁷⁶ e, quindi, contemporaneamente all'evoluzione del concetto di monumento e al dibattito sulla conservazione e tutela dei centri storici giunto fino ai nostri giorni³⁷⁷.

Anche il vivace dibattito scientifico³⁷⁸ che è seguito al terremoto del 1980-81 nelle due regioni della Campania e della Basilicata ha contribuito alla crescita della ricerca scientifica sulla pericolosità del territorio, sulla vulnerabilità delle strutture, sull'esposizione: studi che hanno tutti in comune l'obiettivo di una valutazione più realistica possibile del rischio sismico da cui derivare strategie di prevenzione.

Il restauro, inteso come azione diretta sul bene, si misura in termini positivi, ovvero di interventi fatti e, per questo, risulta molto appagante sebbene sia la celebrazione di un fallimento³⁷⁹, «[...] anche con la migliore delle tecniche, il restauro rimane pur sempre un intervento post factum, capace cioè di riparare un danno, ma non certo di impedire che si produca né tanto meno di prevenirlo»³⁸⁰; al contrario, la prevenzione, intesa come un insieme di operazioni spesso indirette e poco impattanti³⁸¹, si misura in termini negativi, ovvero di danni non avvenuti, ma è in realtà il risultato di un successo che si manifesta con

³⁷⁶ G. CAPPONI, *Presentazione* al volume di A. DONATELLI, *Terremoto e architettura storica. Prevenire l'esigenza*, Gangemi Editore, ottobre 2010, pp.7-8.

Cfr. G. URBANI, *Piano Pilota per la Conservazione programmata del patrimonio culturale dell'Umbria*, ICR, 1975: partendo dalla realtà territoriale dell'Umbria, procedendo per ambiti comunali, si esaminavano i principali fattori potenziali del degrado e si realizzavano carte tematiche della pericolosità da porsi in relazione con le carte della distribuzione e della tipologia del patrimonio diffuso, al fine di valutare in concreto tutti i rischi cui il patrimonio era esposto. Il contributo di maggior rilievo del progetto fu quello di fornire dei modelli di schede conservative del patrimonio culturale per consentire una valutazione sul campo dell'effettivo stato di conservazione dei beni e dunque una più dettagliata e precisa connessione con i fattori di danno rilevati nelle diverse condizioni ambientali. Il Piano Pilota non ebbe alcun seguito.

Ancora, sul tema si segnala il progetto *della Carta del rischio del patrimonio culturale* del 1990 con la creazione di una serie imponente e complessa di banche dati cartografiche e alfanumeriche di primaria importanza per la definizione in termini generali dei vari fattori di rischio e di vulnerabilità del patrimonio. **Per approfondimenti sul tema della Carta del Rischio vedi pp. Del presente studio.**

³⁷⁷ Vedi pure 2.1 del presente capitolo.

³⁷⁸ Per approfondimenti consulta:

G. PROIETTI, *Dopo la polvere: rilevazione degli interventi di recupero post-sismico del patrimonio archeologico, architettonico ed artistico delle Regioni Campania e Basilicata danneggiato dal terremoto del 23 novembre 1980 e del 14 febbraio 1981; (anni 1985 - 1989)*, Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato, 1994.

M. GUCCIONE, M.R. NAPPI, A.P. RECCHIA, *Patrimonio Culturale e disastri. L'impatto del sisma sui beni monumentali. Prospettive di prevenzione*, Gangemi editore, febbraio 1998

³⁷⁹ Ruskin affermava che il restauro è la peggiore delle distruzioni possibili

³⁸⁰ G. Urbani, *Piano pilota per la conservazione programmata dei beni culturali dell'Umbria*, in ID, *Intorno al restauro*, a cura di B. Zanardi, Skira, Milano, 2000.

³⁸¹ (studio, controllo, diminuzione dei fattori di rischio)

la conservazione del bene per un ulteriore periodo di tempo. È difficile far passare l'idea che sia necessario impiegare uomini, mezzi e risorse affinché non succeda nulla, seppure il Codice dei BB.CC. all'art. 29 definisce la conservazione come una coordinata e programmata attività di studio, prevenzione, manutenzione e restauro³⁸².

Dovrebbe prevalere l'idea che se gli eventi estremi non sono prevedibili è invece possibile individuare i beni e gli ambiti territoriali maggiormente esposti, e quindi operare preventivamente con un monitoraggio delle aree critiche e con un'azione di costante controllo del patrimonio; in questo contesto, la finalità che si può perseguire è quella di limitare i fenomeni di degrado, di abbandono o gli interventi derivanti da comportamenti umani che certamente accentuano la vulnerabilità dei beni a fronte delle calamità naturali. I disastri di origine naturale in Italia non sono dovuti solo ai caratteri di pericolosità del territorio ma anche all'interazione tra i fenomeni naturali e un sistema antropico particolarmente vulnerabile³⁸³.

Dal punto di vista metodologico è evidente la convergenza delle tematiche della riduzione dei rischi nelle finalità di tutela del patrimonio culturale e paesaggistico che ricade nelle zone soggette a diversi livelli di pericolosità. La riduzione della vulnerabilità per il patrimonio culturale presuppone la ricerca di misure adeguate da inquadrare nell'ambito più specifico dell'intervento sui beni, confrontandosi con gli aspetti di natura disciplinare, tecnica e normativa che da questo derivano. Inoltre, è fondamentale non separare l'oggetto dal contesto, i cui rapporti di solidarietà orientano decisamente la valutazione del rischio, oltre a segnalare l'interazione tra valori culturali e valori ambientali.

Insomma, deve prevalere l'aspetto metodologico - procedurale su quello pratico-operativo, e il metodo è quello della disciplina del restauro e della conservazione. Infatti il tema del rischio sismico impone di pensare in termini globali, proprio come impone il progetto di Restauro, includendo in un unico ragionamento dinamica dei suoli, schemi strutturali, tecniche costruttive, fattori di degrado, conoscenze storiche. Una visione orizzontale necessaria per arrivare ad una valutazione qualitativa e quantitativa attendibile. Nella prassi manca sempre una visione di contesto che sappia individuare le criticità a grande scale per impostare delle vere politiche di prevenzione. L'organizzazione della conoscenza finalizzata

³⁸² L. MORO, *Presentazione* al volume di A. DONATELLI, *Terremoto e architettura storica. Prevenire l'emergenza*, Gangemi editore, ottobre 2010, p. 9.

³⁸³ M. GUCCIONE, M. R. NAPPI, A.P. RECCHIA, *Patrimonio culturale e disastri. L'impatto del sisma sui beni monumentali. Prospettive di prevenzione*, Gangemi Editore, febbraio 1998, pp.15-16.

alla definizione di un percorso di prevenzione passa necessariamente per l'interazione tra diverse discipline³⁸⁴.

L'analisi di vulnerabilità è, quindi, uno studio di previsione, ovvero di stima delle probabilità con cui si ritiene che un edificio o un aggregato urbano possano subire danni sotto un certo evento sismico³⁸⁵. L'obiettivo della valutazione della vulnerabilità del patrimonio di interesse storico-artistico e architettonico nasce da una serie di riflessioni sul ruolo e sulle ricadute che tale valutazione, se affidabile, potrebbe indurre sull'affermarsi della prevenzione come strumento fattivo per l'opera di salvaguardia dei beni. Il problema della perdita irreversibile di una parte consistente del patrimonio culturale ripropone nel contesto metodologico della prevenzione l'esigenza di una meditata riflessione sui tempi e modalità di questo intervento e sull'uso di tecnologie e materiali appropriati³⁸⁶.

La scelta di dare priorità al momento preventivo afferisce ad una politica di programmazione consapevole della presenza in Italia di un rapporto tra terremoto e patrimonio con caratteristiche senza eguali; la possibilità di intervenire prima dell'evento atteso ed in assenza dell'accidentalità prodotta dallo stato di emergenza, o in conseguenza di esso, comporta una serie di questioni, dall'analisi dei costi a quelle legate al valore. Per quest'ultimo è chiaro che il valore storico artistico culturale non è l'unico valore da considerare: vi sono altri valori che non si possono dimenticare, sia monetizzabili, sia non monetizzabili (che spesso sono raggruppati sotto il termine intangibili).

La forte relazione che lega l'identità culturale del bene monumentale con la questione della sicurezza ha ben evidenziato il nesso che è presente tra il concetto di rischio e la valutazione della sua riduzione, in relazione ad un intervento di restauro volto sia alla conservazione del bene che al miglioramento dei suoi requisiti prestazionali. L'attuazione di una politica di prevenzione comporta la possibilità di agire secondo i principi del restauro, in particolare del 'minimo intervento', nel senso di intervento strettamente necessario e ben localizzato.

«Pertanto è solo a titolo pratico che si distingue un restauro preventivo da un restauro effettivo [...], in quanto l'uno e l'altro valgono per l'unico indivisibile imperativo che la

³⁸⁴ L. MORO, *Presentazione* al volume di A. DONATELLI, *Terremoto e architettura storica. Prevenire l'emergenza*, Gangemi editore, ottobre 2010, pp. 9-10.

³⁸⁵ A. Donatelli, *Terremoto e architettura storica. Prevenire l'emergenza*, Gangemi editore, ottobre 2010, p.15.

³⁸⁶ La necessità di elaborare pertanto strumenti di valutazione diversi nasce non solo dalla presenza di caratteri unici e irripetibili del patrimonio, ma anche dalle differenti capacità di resistenza a fronte dell'impatto sismico. In questo contesto è evidente l'opportunità di una ricerca mirata alla definizione di interventi effettivamente necessari, appropriati sotto il profilo tecnico-scientifico, per migliorare la resistenza dei manufatti monumentali, per la considerazione complessiva che i grandi numeri del patrimonio e l'estensione delle aree soggette in Italia a rischio sismico impongono

coscienza si pone all'atto del riconoscimento dell'opera d'arte nella sua duplice polarità estetica e storica e che porta alla sua salvaguardia come immagine e come materia»³⁸⁷.

La prevenzione e, dunque, la riduzione del rischio sismico dei siti storici implica un insieme di azioni volte ad agire contemporaneamente sull'esposizione e sulla vulnerabilità. Non potendo intervenire sulla pericolosità, tranne in alcuni casi in cui è possibile migliorare le condizioni del suolo allo scopo di mitigare alcuni effetti indotti dal terremoto, si interviene sull'esposizione, cercando di influire sulla distribuzione territoriale degli elementi esposti a rischio (quali popolazione, beni e funzioni) e sulla vulnerabilità, cercando di ridurre la possibilità che tali sistemi possano subire danni.

Le tecniche di riduzione della vulnerabilità urbana, cioè riferite al sistema spaziale, al sistema dell'accessibilità, al sistema delle funzioni, al sistema dei servizi strategici a rete, comportano azioni complesse di tipo urbanistico.

Abbiamo visto che l'attuazione di politiche di prevenzione sismica richiede innanzitutto la conoscenza, a scala territoriale, del rischio cui sono soggetti i manufatti esistenti ed in particolare il patrimonio tutelato³⁸⁸. Ridurre la vulnerabilità a scala urbana vuol dire evitare il danno paesaggistico e culturale, con la perdita di beni storico architettonici, ed evitare il danno sociale, con la perdita di valori identitari derivanti dal danneggiamento irreversibile dei manufatti componenti, dei tessuti e delle morfologie urbane, oltre che garantire la vita delle persone che vivono e frequentano per vari motivi l'insediamento storico.³⁸⁹ Tuttavia, la necessità di conservare le caratteristiche degli insediamenti storici rende impossibile l'applicazione generalizzata di livelli di sicurezza massimi che richiederebbe interventi di consolidamento tali da alterare tutti quei caratteri distintivi del patrimonio storico. Di conseguenza, la strategia di differenziazione degli stati limite definita dalle NTC per la sostenibilità economica e per la praticabilità delle politiche di prevenzione è essenziale per un'efficace politica di prevenzione sismica negli insediamenti storici e va opportunamente applicata all'insediamento storico. Così come avviene per i singoli edifici, si definisce lo

³⁸⁷ C. BRANDI, *Teoria del Restauro*, Einaudi, 2000, pp.55-56.

³⁸⁸ art. 2.1 – *Strumenti per la valutazione della sicurezza sismica a scala territoriale*, DPCM 09 febbraio 2011 - *Linee guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale tutelato, con riferimento alle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008*, pubblicata sulla G.U. n 47 del 26 febbraio 2011, suppl. ord. n.54.

³⁸⁹ Cap. 2.1.1 – *Livelli di prestazione sismica e insediamenti storici* e cap. 2.1.2 – *Concetto di 'Stati Limite' per l'insediamento storico nel suo complesso* dello *Studio propedeutico all'elaborazione di strumenti di indirizzo per l'applicazione della normativa sismica agli insediamenti storici*, 20.04.2012, Gruppo di lavoro istituito con nota del Presidente del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici n°7547 del 06.09.2010.

Stato Limite di Salvaguardia delle vite umane (SLVis³⁹⁰, per quanto riguarda gli stati limite ultimi SLU) e lo Stato limite di danno per gli insediamenti storici (SLDis³⁹¹, per quanto riguarda gli stati limite di esercizio SLE), gli unici stati limite ad avere senso nella valutazione dell'insediamento storico³⁹².

La prevenzione del rischio sismico a scala urbana, a differenza di quanto avviene per la scala edilizia, non dipende solo dai caratteri costruttivi dei manufatti, ma è legata anche alle 'caratteristiche dei sistemi funzionali' che compongono la città, vista come polo di erogazione di servizi e funzioni, assimilabile ad un sistema edilizio complesso, in cui le diverse parti assumono funzioni connesse tra loro. *«La finalità della prevenzione nei centri storici è, dunque, quella di mantenere attive le funzioni 'vitali' che ne costituiscono la caratteristica (immagine, erogazione servizi, funzione residenziale, [...] funzione turistica, ecc.) senza le quali collasserebbe. La prevenzione non può quindi essere scissa da un preliminare apprezzamento della propensione alla perdita di organizzazione di un sistema urbano o territoriale ovvero di una sua parte significativa quale può essere il centro storico, in conseguenza di danni sismici ai componenti dei vari sistemi che assicurano le prestazioni urbane (abitativo, produttivo, servizi, mobilità, beni culturali, ecc.)»*³⁹³.

³⁹⁰ *«A seguito di terremoto (raro e forte) il centro storico nel suo complesso subisce danni fisici e funzionali tali da non garantire più, in totale o in alcune sue parti, lo svolgimento delle funzioni urbane, ad esclusione delle funzioni strategiche localizzate nell'insediamento storico, del relativo sistema di accessibilità, dei relativi approvvigionamenti energetici e idrici. L'insieme delle costruzioni con usi diversi da quelli strategici conserva una parte della resistenza e rigidità per le azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali»*, cap. 2.1.2 – Concetto di 'Stati Limite' per l'insediamento storico nel suo complesso, in *Studio propedeutico all'elaborazione di strumenti di indirizzo per l'applicazione della normativa sismica agli insediamenti storici*, 20.04.2012, Gruppo di lavoro istituito con nota del Presidente del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici n°7547 del 06.09.2010. Cfr pure con punto 3.2.1 delle NTC08.

³⁹¹ *«A seguito del terremoto (frequente), l'insediamento storico nel suo complesso subisce danni fisici e funzionali a edifici, manufatti e reti tali da non mettere a rischio gli utenti, da consentire la recuperabilità degli aspetti morfologici, costruttivi e della sostanza materica dei manufatti storici e inoltre tali da non compromettere significativamente il mantenimento in uso delle funzioni urbane strategiche, della prevalenza delle attività ordinarie, comprese quelle residenziali, delle connessioni interne al centro storico e tra il centro storico e la città, anche se con parziali interruzioni d'uso ovvero riduzioni di modesta entità dei livelli di prestazione funzionale»*, cap. 2.1.2 – Concetto di 'Stati Limite' per l'insediamento storico nel suo complesso, in *Studio propedeutico all'elaborazione di strumenti di indirizzo per l'applicazione della normativa sismica agli insediamenti storici*, 20.04.2012, Gruppo di lavoro istituito con nota del Presidente del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici n°7547 del 06.09.2010. Cfr pure con punto 3.2.1 delle NTC08.

³⁹² Infatti per quanto riguarda lo stato limite di prevenzione del collasso SLC (nell'ambito degli SLU) e lo stato limite di operatività SLO (nell'ambito degli SLE) definiti dalle NTC, non avrebbe senso la loro definizione e applicazione; nel primo caso, lo stato limite di prevenzione del collasso, oltre a non garantire la funzionalità, premessa necessaria alla conservazione, potrebbe non garantire la recuperabilità, dopo il danno sismico, della sostanza materica, tipologica e formale degli edifici che costituiscono l'insediamento; nel secondo caso, lo stato limite di operatività, risulterebbe poco realistico e sostenibile economicamente proprio per la complessità e diversità di valore di manufatti e funzioni presenti e per evitare interventi di consolidamento molto invasivi.

³⁹³ cap. 2.1.2 – Concetto di 'Stati Limite' per l'insediamento storico nel suo complesso, in *Studio propedeutico all'elaborazione di strumenti di indirizzo per l'applicazione della normativa sismica agli insediamenti storici*, 20.04.2012, Gruppo di lavoro istituito con nota del Presidente del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici n°7547 del 06.09.2010.

Tale valutazione rende necessario un approccio sistemico, in cui ogni elemento è considerato appartenente ad un sistema funzionale unitario, ai cui livelli di prestazione fornisce un specifico contributo ed in cui svolge un preciso ruolo.

Individuato l'insediamento storico e, all'interno di questo, i sistemi funzionali, per pervenire all'individuazione degli stati limite relativi all'insediamento storico è necessario compiere quella conoscenza che si è detto essere un momento di particolare importanza, nonché indispensabile per la comprensione delle caratteristiche spaziali e organizzative dei sistemi funzionali che assicurano le principali prestazioni urbane. Che cosa proteggere ed in quale misura ai fini dello SLV_{is} è indicato dalla normativa: si tratta dei manufatti di classe III e IV³⁹⁴ e delle reti essenziali a garantirne il funzionamento. Superato questo limite l'insediamento storico perde completamente organizzazione e funzionalità, non riuscendo più ad assicurare le prestazioni necessarie alla minima funzionalità e recuperabilità del patrimonio storico. Occorre poi definire un livello qualitativo di danno significativo funzionale al sistema urbano corrispondente allo SLD_{is}. Si fissa il danno funzionale accettabile e, dunque, il rischio accettabile che si misura con la quantità di risorse che è possibile investire per la prevenzione sismica³⁹⁵.

Quindi, per ciascun sottosistema individuato nell'insediamento storico si definiscono gli obiettivi prestazionali sismici³⁹⁶; in particolare, gli aggregati costituiscono la sintesi delle analisi dei diversi sistemi funzionali. La prestazione per lo SLD_{is} non riguarda un sistema funzionale, ma il contesto insediativo tipico dell'edilizia storica, caratterizzata dalla presenza di stratificazioni tipologiche e costruttive che hanno generato i cosiddetti "aggregati"³⁹⁷: lo studio dell'architettura in aggregato comporta particolari complessità progettuali, per cui si articola secondo i tre livelli di approfondimento richiamati sia dalle NTC08 che dalla Direttiva per i BB.CC del 2011. In ogni insediamento storico occorrerebbe redigere una classificazione degli aggregati che tenga conto del valore e del grado di criticità di ciascuno: possono essere considerati ad esempio aggregati che includono edifici 'strategici per la protezione civile' o 'sensibili per l'affollamento' ovvero 'importanti' per la qualità urbana;

³⁹⁴ Ai sensi del punto 2.4.2 delle NTC

³⁹⁵ Cap. 2.1.3 – *Livelli di prestazioni sismiche per i sistemi funzionali urbani (SLD_{is} e SLV_{is})*, in *Studio propedeutico all'elaborazione di strumenti di indirizzo per l'applicazione della normativa sismica agli insediamenti storici*, 20.04.2012, Gruppo di lavoro istituito con nota del Presidente del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici n°7547 del 06.09.2010.

³⁹⁶ Cap. 2.1.4 – *Obiettivi prestazionali sismici per gli insiemi di manufatti, i sottosistemi e id i singoli manufatti*, in *Studio propedeutico all'elaborazione di strumenti di indirizzo per l'applicazione della normativa sismica agli insediamenti storici*, 20.04.2012, Gruppo di lavoro istituito con nota del Presidente del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici n°7547 del 06.09.2010.

³⁹⁷ Cap. 3 – *La scala di aggregato*, *Studio propedeutico all'elaborazione di strumenti di indirizzo per l'applicazione della normativa sismica agli insediamenti storici*, 20.04.2012, Gruppo di lavoro istituito con nota del Presidente del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici n°7547 del 06.09.2010.

aggregati che includono edifici di interesse storico-architettonico o testimoniale; aggregati in fregio ai percorsi di accesso agli edifici di classe d'uso III e IV; aggregati che presentano livelli molto elevati di possibili interazioni strutturali; aggregati caratterizzati da situazioni di significativa amplificazione sismica o di potenziale cedimento strutturale, aggregati interferenti con sistemi funzionali particolarmente vulnerabili. Tale casistica, nonché l'eventuale sovrapposizione di più casistiche, fornisce un criterio per selezionare efficacemente, tra la totalità degli aggregati, quelli che richiedono maggiormente il coordinamento delle singole progettazioni edilizie ai fini della complessiva riduzione di rischio dell'insediamento storico.

La selezione degli aggregati è utile per ottimizzazione le risorse della programmazione di interventi di prevenzione attiva (con contributi nazionali o regionali), per ottimizzare l'uso di risorse comunali per la pianificazione particolareggiata di iniziativa pubblica negli aggregati, per organizzare le conoscenze urbanistiche, per facilitare la progettazione edilizia ai sensi delle NTC, per ridurre la vulnerabilità sistemica. La prestazione sismica per lo SLD_{is} è quindi rivolta in questo caso esclusivamente alla pianificazione, che deve favorire la progettazione edilizia conforme alle NTC e l'organizzazione della Protezione Civile in emergenza, ad esempio fornendo le conoscenze necessarie per la comprensione del processo di formazione dei tessuti edilizi, per l'identificazione degli aggregati e, al loro interno, delle unità strutturali, utile sia per la progettazione edilizia, sia per le campagne di rilievo dell'agibilità post sisma; per la progettazione coordinata degli interventi su più unità strutturali negli aggregati selezionati.

In questo senso *«l'analisi degli aggregati costituisce lo strumento tecnico per compiere una consistente parte dell'analisi dell'intero insediamento storico»*³⁹⁸ e diviene quell'anello di collegamento tra la scala urbanistica e quella architettonica.

La corretta impostazione della conservazione del patrimonio culturale deve fondare, dunque, sulla conoscenza a scala territoriale della sua vulnerabilità, in particolare nei riguardi del rischio sismico e, dopo questa fase, entra in gioco il discorso degli interventi da compiere, intesi come azione diretta sul bene. Strategie di prevenzione, infatti, possono essere elaborate solo dopo aver redatto una lista di priorità di intervento definita con criteri scientifici ed omogenei³⁹⁹. Ciò richiede una sinergia di azioni da parte del soggetto pubblico promotore

³⁹⁸ Cap. 3.1- *Definizioni*, in *Studio propedeutico all'elaborazione di strumenti di indirizzo per l'applicazione della normativa sismica agli insediamenti storici*, 20.04.2012, Gruppo di lavoro istituito con nota del Presidente del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici n°7547 del 06.09.2010.

³⁹⁹ Iagomarsino arco 2006 atti convegno p.71

della prevenzione che non deve limitarsi agli aspetti strutturali dei fabbricati, ma occuparsi anche, e necessariamente, di quelli più strettamente inerenti l'uso del territorio, con il supporto di tutti gli strumenti utili allo scopo⁴⁰⁰. Appare, dunque, quanto mai improrogabile, al fine di dare soluzione al problema della prevenzione se proiettata sul contesto urbano e storico, in particolare, una necessaria integrazione di risorse e soggetti, sia pubblici che privati; il coordinamento degli apporti di differenti specialisti e, infine, la sinergia di diverse istituzioni, ciascuna competente nel proprio campo e portatrice dei propri apparati tecnici e conoscitivi⁴⁰¹.

La valutazione del rischio di architetture e siti storici implica un'approfondita conoscenza del patrimonio architettonico; è con la conoscenza che intercetto le vulnerabilità per le quali occorre una valutazione della sicurezza: valutare la sicurezza vuol dire agire in via preventiva per il miglioramento sismico dell'architettura storica.

La prevenzione sismica è evidentemente una priorità per la conservazione del patrimonio culturale in Italia. In questo ambito non si può prescindere da una attenta e corretta valutazione sismica delle costruzioni in muratura. L'approfondita conoscenza storica, geometrica e costruttiva del manufatto, unitamente alla diagnosi degli eventuali dissesti presenti e all'interpretazione qualitativa del funzionamento strutturale, costituiscono la base per la messa a punto di un modello di calcolo affidabile, che consenta di eseguire una valutazione quantitativa della risposta sismica al terremoto atteso in sito.

L'auspicio è di una pianificazione fondata su di un'unica attività di conoscenza, attraverso il lavoro coordinato di tutte le possibili istituzioni, basata non sui limiti comunali bensì sul riconoscimento di quella porzione di paesaggio storico urbano sul quale applicare analisi specifiche calibrate sull'individuazione dei valori comuni; e, quindi, proseguire a livello di territorio comunale con studi di applicabilità della normativa sismica agli insediamenti storici, con studi di valutazione al livello LV1 per gli aggregati individuati e il conseguente approfondimento di porzioni o unità strutturali interne a questi o al loro insieme a seconda si tratti di oggetto di intervento pubblico o privato.

Terremoti e calamità naturali non lanciano avvisi e non aspettano: dunque occorre definire nell'immediato una concreta azione di prevenzione nelle zone notoriamente a maggior

⁴⁰⁰ La messa a norma degli edifici, la riqualificazione sociale e la sicurezza delle abitazioni, gli incentivi per la manutenzione straordinaria e gli sgravi dell'IVA pagata per la prevenzione sismica.

⁴⁰¹ R. DE MARCO, Le politiche di prevenzione sismica, in D. BENETTI, M. GUCCIONE, O. SEGNALINI (A CURA DI), *Primo repertorio dei centri storici in Umbria. Il terremoto del 26 settembre 1997*, Gangemi editore, pp.13-14.

rischio sismico. In questo senso la regione Campania non è esente dall'impegno in questa direzione dato che presenta anche il maggior pericolo dovuto all'attività vulcanica e all'esposizione di un numero elevatissimo di beni e persone sul territorio esposto a tale pericolo.

È la capacità politica che dovrebbe impegnarsi nella ricerca di strategie, sociali ed economiche tali da far emergere l'esigenza della prevenzione dalla fase di elaborazione di un metodo verso un'operatività efficace, credibile e compatibile con le risorse che la comunità nazionale, a tutti i livelli, è disposta a mettere in campo al fine della trasmissione al futuro di valori tangibili e non che si riconoscono nel patrimonio culturale.

La ricerca, invece, deve tenere insieme posizioni concettuali ed ambiti operativi: l'aspetto metodologico – procedurale deve prevalere su quello pratico – operativo; per questo occorre una visione orizzontale delle problematiche intesa come valutazione organica delle relazioni causali a livello di contesto. Nella prassi invece prevale un'azione verticale: un intervento per quel manufatto, un'indagine per quel progetto. Manca sempre una visione di contesto che sappia individuare le criticità a grande scala per impostare delle vere politiche di prevenzione.

«[...] le misure di prevenzione, implicite nel concetto di restauro preventivo, non sono spesso di minore entità, ed esigono spesso maggiore spesa, di quelle che sono richieste dal restauro di fatto dell'opera d'arte. Ragione di più per affermare la perentoria necessità di codeste misure e spese, in conflitto con la mentalità corrente che vorrebbe ridursi agli interventi di estrema urgenza, di indilazionabile emergenza»⁴⁰²

«il restauro preventivo è anche più imperativo se non più necessario, di quello di estrema urgenza, perché è volto proprio ad impedire quest'ultimo, il quale difficilmente potrà realizzarsi con un salvataggio completo dell'opera d'arte»⁴⁰³

.

⁴⁰² C. BRANDI, *Teoria del Restauro*, Einaudi, 2000, p.56.

⁴⁰³ C. BRANDI, *Teoria del Restauro*, Einaudi, 2000, p.56.

CAPITOLO III

CONSERVAZIONE E SICUREZZA ALLA LUCE DEI RECENTI EVENTI SISMICI

Un evento eccezionale e traumatico come un sisma è un momento di massima 'sollecitazione' sia per le strutture delle città storiche che per i principi conservativi nei quali la cultura, in quel momento storico, si riconosce.

Di conseguenza, il sisma è il momento di verifica della validità delle conoscenze acquisite sul comportamento meccanico delle strutture e sulle relative provvidenze tecniche adottate da sempre per contrastare tali fenomeni e, soprattutto, l'occasione per la riapertura del dibattito intorno ai presupposti teorici che sostanziano gli stessi principi conservativi, i quali rappresentano il punto di riferimento per il restauratore che traduce concretamente il dettato teorico, scegliendo, con fondamento critico, le metodiche più indicate⁴⁰⁴.

Il capitolo coglie gli esiti in termini di conservazione e sicurezza del patrimonio architettonico alla luce dei tre recenti eventi sismici susseguitisi a cavallo del XXI secolo: l'Umbria e le Marche nel 1996, l'Abruzzo nel 2009 e infine l'Emilia nel 2012, inquadrando la drammatica situazione del danno seguente gli eventi sismici e evidenziando quelli che sono stati i problemi e le difficoltà, ma anche le azioni positive e propositive sul patrimonio storico - architettonico. In sostanza si tratta di comprendere quanto e come è stato fatto a tutela dei beni culturali colpiti, in particolare dalle strutture periferiche del MiBACT.

La seconda parte del capitolo concentra l'attenzione sulle esperienze di ricerca condotte sul tema degli aggregati urbani, con lo sviluppo di metodologie e procedure per la valutazione della sicurezza sismica di questi e il conseguente progetto di interventi di miglioramento.

L'illustrazione di casi esemplificativi restituisce un quadro delle problematiche oggi aperte, per un confronto tra lo stato di avanzamento teorico e la prassi operativa sul patrimonio architettonico, in forma 'singola' o in 'aggregato'.

⁴⁰⁴ R. DELLA NEGRA, *Eventi eccezionali e principi conservativi: il terremoto emiliano*, in «Materiali e strutture. Problemi di Conservazione», nuova serie anno I, numero 1-2, 2012, p.31.

3.1 I danni al patrimonio architettonico in Italia dai sismi recenti: l'Umbria e le Marche (1996), l'Abruzzo (2009) e l'Emilia (2012)

L'Umbria e le Marche (1996)

Dal 26 settembre del 1996 al mese di aprile dell'anno seguente l'Umbria e le Marche furono interessate da una serie di scosse sismiche di elevata intensità. Nel 1998, il Ministero per i Beni Culturali pubblica due 'repertori' che cercano di rendicontare i danni al patrimonio architettonico in maniera sia puntuale⁴⁰⁵ che estesa ai centri storici⁴⁰⁶. L'obiettivo del primo testo, riferito ai monumenti danneggiati dal sisma in Umbria, è duplice: fornire un inventario di edifici monumentali e di beni archeologici danneggiati dal terremoto, da poter man mano integrare con i dati necessari ad indirizzare le scelte dei soggetti pubblici o privati⁴⁰⁷, e delineare un sintetico quadro di riferimento per valutare l'entità complessiva dei danni. Tuttavia, il risultato migliore che il lavoro compie è quello di registrare il diffusissimo patrimonio 'minore' del territorio umbro che, nell'insieme, costituisce quella ricchezza culturale e spirituale che è il suo più forte segno d'identità.

A tal proposito, Marco Dezzi Bardeschi, nell'editoriale di *Ananke* del settembre del 1997⁴⁰⁸, denuncia la 'creazione' dell'evento mediatico sul crollo delle volte della basilica di Assisi – lo definisce il «*simbolo dei simboli*», 'il bene' in cui si concentra il valore e l'immagine dell'intero patrimonio architettonico del territorio umbro– sulle maldestre operazioni di soccorso e di sgombero della navata dalle macerie «*così cariche di frammenti di storia*», senza nessuna considerazione da parte dei mass media sul fatto che in quel momento, come 17 anni prima in Campania, il meccanismo degli interventi di immediata urgenza finiva col distruggere i resti già martoriati, «*le ruspe e i picconi sono ancora più implacabili della stessa violenza della natura*»⁴⁰⁹, nonostante l'ordine tassativo di Antonio Paolucci⁴¹⁰ di non demolire nulla. Marco Dezzi Bardeschi denuncia l'imposizione emotiva dei media della 'parte al posto del tutto'⁴¹¹; da qui le prove della incapacità di organizzare i soccorsi e,

⁴⁰⁵ MINISTERO PER I BENI CULTURALI E AMBIENTALI, *Oltre il terremoto. Primo repertorio dei monumenti danneggiati dal sisma. Umbria 1997*, Gangemi editore, 1998.

⁴⁰⁶ D. BENETTI, M. GUCCIONE, O. SEGNALINI (a cura di), *Primo repertorio dei centri storici in Umbria. Il terremoto del 26 e 27 settembre 1997*, Gangemi editore, dicembre 1998.

⁴⁰⁷ I quali avrebbero voluto manifestare la loro solidarietà con l'iniziativa 'adotta un monumento'.

⁴⁰⁸ M. DEZZI BARDESCHI, *Il restauro al tempo dei "tremuoti" (e dei mass media)*, in «*Ananke*», Alinea, Firenze, settembre 1997, n.19, pp.2-3.

⁴⁰⁹ M. DEZZI BARDESCHI, *Il restauro al tempo dei "tremuoti" (e dei mass media)*, in «*Ananke*», Alinea, Firenze, settembre 1997, n.19, pp.2-3.

⁴¹⁰ Antonio Paolucci, storico dell'arte, fu Ministro per i Beni Culturali e Ambientali durante il governo Dini dal 1995 al 1996. Dopo il terremoto del l'Umbria e delle Marche nel 1997 fu nominato Commissario straordinario del Governo per il restauro della Basilica di San Francesco ad Assisi.

⁴¹¹ «*crollano dunque i fragili tetti, i solai, le mura incerte di tante umili chiesette e case rurali sconosciute e difficilmente raggiungibili della fascia appenninica, quelle che da sempre segnano i caratteri distintivi e gli*

dunque, una più complessa attività di tutela preventiva.

Dunque, un risultato certamente utile all'indomani del terremoto umbro-marchigiano fu il rilevamento secondo il modello schedo-grafico della carta del rischio che restituì informazioni per circa 2300 monumenti⁴¹². Alla raccolta dei dati seguì una fase di 'validazione' di questi; ovvero si assegnò un codice per l'individuazione del bene rilevato accompagnato dalle coordinate geografiche dello stesso. Furono in questo modo integrati i dati tra patrimonio culturale e territorio, e fu restituito un quadro complessivo di informazioni che confluì nel sistema "Carta del Rischio" per implementare la banca dati messa a punto per la distribuzione delle emergenze storico architettoniche⁴¹³. In meno di due ore dalla scossa più violenta, il SIT della Carta del Rischio, tracciando una circonferenza di 30 Km di raggio intorno all'epicentro, individuò i Comuni colpiti e fornì tutte le informazioni sulla consistenza, distribuzione, tipologia e localizzazione dei beni presenti in quelle aree territoriali. Soprintendenti e Vice-Commissari delle due Regioni ebbero a disposizione subito tutti gli elementi necessari per organizzare ed attivare le squadre di rilevamento e di controllo. Allo stesso tempo fu possibile fornire il modello schedo grafico⁴¹⁴ per il rilevamento dei danni subiti dai monumenti, mettendo le squadre in condizioni di operare al meglio, rapidamente e con lo stesso criterio metodologico⁴¹⁵. Il testo contenente il repertorio

stessi valori antropici dell'habitat del Colfiorito, ma gli occhi di tutti – complici i mass media- vengono dirottati quasi esclusivamente sul simbolo dei simboli: quei quasi 60 mq crollati di volte della basilica di San Francesco», in «ANANKE», Alinea, Firenze, settembre 1997, n.19, pp.2-3.

⁴¹² Nel caso delle Marche risultò indagato un campione di circa 250 manufatti rispetto ai 2300 rilevati con differenti strumenti.

⁴¹³ G. ACCARDO, A. BIANCHI, *La "Carta del rischio" sul terremoto*, in D. BENETTI, M. GUCCIONE, O. SEGNALINI (a cura di), *Primo repertorio dei centri storici in Umbria. Il terremoto del 26 settembre 1997*, Gangemi editore, pp.16-19.

⁴¹⁴ La scheda utilizzata per l'immissione e la gestione dei dati nel sistema contempla l'acquisizione delle principali misure dei manufatti, della tipologia e gravità dei danni e delle relative immagini. L'insieme delle informazioni, raccolte grazie alla convenzione stipulata fra l'ICR e il Servizio Sismico Nazionale, fornì la base per il trattamento statistico dell'intero fenomeno. I dati sui danni subiti dal patrimonio culturale umbro-marchigiano sono stati acquisiti dal SIT Carta del Rischio in tre fasi:

1. l'acquisizione dei dati riguardanti tutti i monumenti interessati dal sisma, circa 3.500, iniziando dai Comuni maggiormente colpiti;
2. la georeferenziazione di tutti i beni sulla cartografia digitale di base già esistente nel sistema e acquisizione di ulteriori basi cartografiche di dettaglio delle aree colpite;
3. l'avvio di attività sperimentali di gestione delle informazioni, incrociando i dati sui danni, le caratteristiche costruttive dei beni, ecc., con quelli inerenti le caratteristiche geologiche dei singoli siti e i caratteri dell'onda sismica, in collaborazione con il Servizio Sismico Nazionale, il Gruppo Nazionale per la Difesa dei Terremoti, l'Istituto Nazionale di Geofisica, ecc.

La disponibilità di misure puntuali e di valutazioni metriche di massima dei danni ha permesso di coadiuvare in maniera fattiva le Autorità preposte alla progettazione, alla pianificazione, alla determinazione delle priorità, alla valutazione dei costi, ecc., nell'attività di competenza.

La Banca Dati così costituita permette l'acquisizione e l'elaborazione delle informazioni, l'associazione della scheda agli allegati grafici e fotografici, lo sviluppo di procedure semplificate per l'utilizzo da parte di utenti finali (Uffici dei Vice-Commissari, Soprintendenze, altri organi del MBAC) che possono interrogare i dati contenuti, accedendo sia alla base alfanumerica che da quella cartografica.

⁴¹⁵ <http://www.cartadelrischio.it/ita/gestionedati.asp>

dei monumenti danneggiati dal sisma nasce proprio dalle schede di rilevazione redatte dalle squadre operative di funzionari e tecnici della Soprintendenza⁴¹⁶; esso considera solo il 65% del totale dei monumenti danneggiati. Per ogni area geografico-culturale omogenea sono segnalati i comuni danneggiati e all'interno di questi le frazioni con l'elenco dei singoli beni, ciascuno individuato da una scheda contenente brevi notizie storico artistiche, una breve descrizione del danno e una stima di massima dei costi del recupero⁴¹⁷.

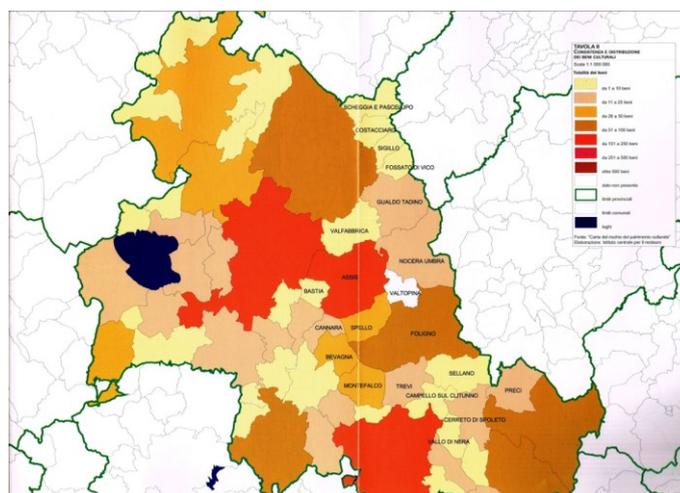


Fig. 19 - Consistenza e distribuzione dei Beni Culturali in Umbria, Tav. II (da BENETTI, M. GUCCIONE, O. SEGNALINI (a cura di), *Primo repertorio dei centri storici in Umbria. Il terremoto del 26 settembre 1997*, Gangemi Editore).

Accanto al repertorio dei monumenti danneggiati dal sisma, si pone il repertorio dei centri storici, uno strumento organizzato in maniera più complessa che fornisce 90 schede composte da un quadro di informazioni e immagini rappresentative delle località storiche più colpite dal sisma⁴¹⁸. Le informazioni fornite da ciascuna scheda sono la sintesi di dati in possesso del Servizio Sismico Nazionale e della 'Carta del rischio' dell'Istituto centrale per il restauro. Le schede illustrano una rappresentativa maggioranza di centri storici localizzati nel territorio dei comuni umbri dichiarati disastri⁴¹⁹. In sostanza, è stato esaminato il territorio di venti comuni e con esso i 70 centri storici più gravemente danneggiati. Le schede restituiscono le informazioni di livello comunale, a seguire quelle del capoluogo e, infine,

⁴¹⁶ Soprintendenza dell'Umbria per i Beni Ambientali, Architettonici, Artistici e Storici insieme con la Soprintendenza ai Beni Archeologici e altre accorse ad aiutare, coordinate dal Commissario per i Beni Culturali dell'Umbria Luciano Marchetti.

⁴¹⁷ Il lavoro fece emergere l'inesistenza di una letteratura specializzata per alcune aree dell'Umbria; in particolare, numerose chiese della montagna folignate, erano state ricostruite dopo i terremoti del 1703 e del 1832, ricche di apparati decorativi tardo barocchi e mai prese in considerazione dalla storiografia artistica fino agli anni sessanta del Novecento. Ancora, molti edifici religiosi erano a metà strada fra un'edicola e una chiesa vera e propria, costruiti con materiali molto poveri su modelli antichi.

⁴¹⁸ Le località sono state selezionate sulla base di molteplici criteri che hanno tenuto conto dell'intensità risentita a seguito della crisi sismica, del censimento dell'Istituto centrale per il catalogo e la documentazione e, infine, della presenza del patrimonio storico-artistico ai sensi della L.1089/39.

⁴¹⁹ Secondo quanto stabilito dalle ordinanze della Protezione civile n. 2694 e n.2719 rispettivamente del 13 ottobre e del 28 novembre 1997.

quelle attinenti le località di interesse storico ricadenti nell'ambito amministrativo del comune. La scheda sul capoluogo fornisce informazioni sul danno rilevato, la bibliografia principale, le indicazioni di piano regolatore comunale e il numero di programmi avviati per la ricostruzione. L'obiettivo delle schede è facilitare la lettura del tessuto storico, della maglia urbana, dei tipi edilizi o dei danni sugli edifici e sul contesto urbano⁴²⁰, ma in realtà dalla descrizione del danno è davvero molto difficile comprendere quali siano stati i principali effetti del sisma sulle strutture. Le schede si limitano ad indicare il numero di sopralluoghi effettuato sugli edifici e sui beni culturali e, se è vero che registrano in un certo senso l'attenzione posta fino a quel momento nei riguardi della località, non fanno comprendere il risultato in termini qualitativi e quantitativi degli effetti del sisma sui beni culturali di maggior pregio o, in generale sull'edilizia minore del centro storico che pur sarebbe stato utile acquisire considerata la 'scala' di concepimento delle schede. In esse ci si può limitare a leggere espressioni del tipo 'risulta danneggiato' o 'presenta lesioni alle strutture murarie'. Non si comprende il tipo di lesione, l'andamento, il tipo di fenomeno che la lesione sta innescando. Insomma, è completamente assente una lettura 'critica' del danno che possa far comprendere i principali meccanismi verificatisi per quelle tipologie costruttive. Le schede non sono altro che una sintesi, davvero molto parziale, di dati, e documentano il territorio grazie alle riprese aeree eseguite dopo le principali scosse.

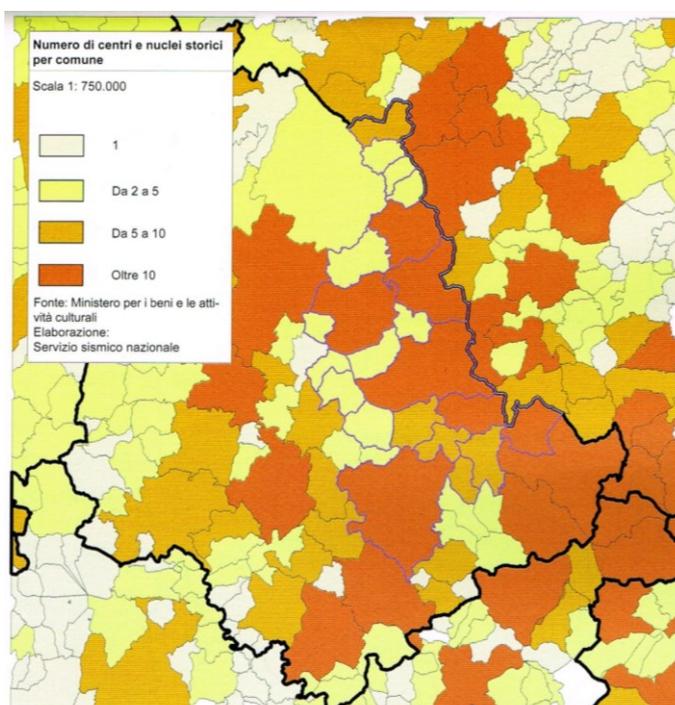


Fig. 20 - Numero centri e nuclei storici per comune (da D.BENETTI, M. GUCCIONE, O. SEGNALINI (a cura di), *Primo repertorio dei centri storici in Umbria. Il terremoto del 26 settembre 1997*, Gangemi Editore).

⁴²⁰ D.BENETTI, M. GUCCIONE, C. MERCURI, O. SEGNALINI, *Novanta schede per la lettura del territorio*, in *Primo repertorio dei centri storici in Umbria. Il terremoto del 26 settembre 1997*, (a cura di) D. BENETTI, M. GUCCIONE, O. SEGNALINI, Gangemi editore, dicembre 1998, p.27-28.

È opportuno evidenziare che l'evento sismico risvegliò un interesse profondo nel ripensare a complessive politiche di salvaguardia degli insediamenti storici; quantomeno all'interno della comunità scientifica emersero i problemi connessi con la prevenzione dal rischio sismico del patrimonio storico e del contesto di riferimento di questo. Non fu possibile non tenere in conto degli aspetti paesaggistici dei luoghi in cui l'ambito urbano risultava inserito: accanto alla materia 'strutturale', propria del tradizionale intervento anti-sismico e, dunque, della conservazione delle peculiarità storico-architettoniche, emerse l'importanza della disciplina urbanistica.

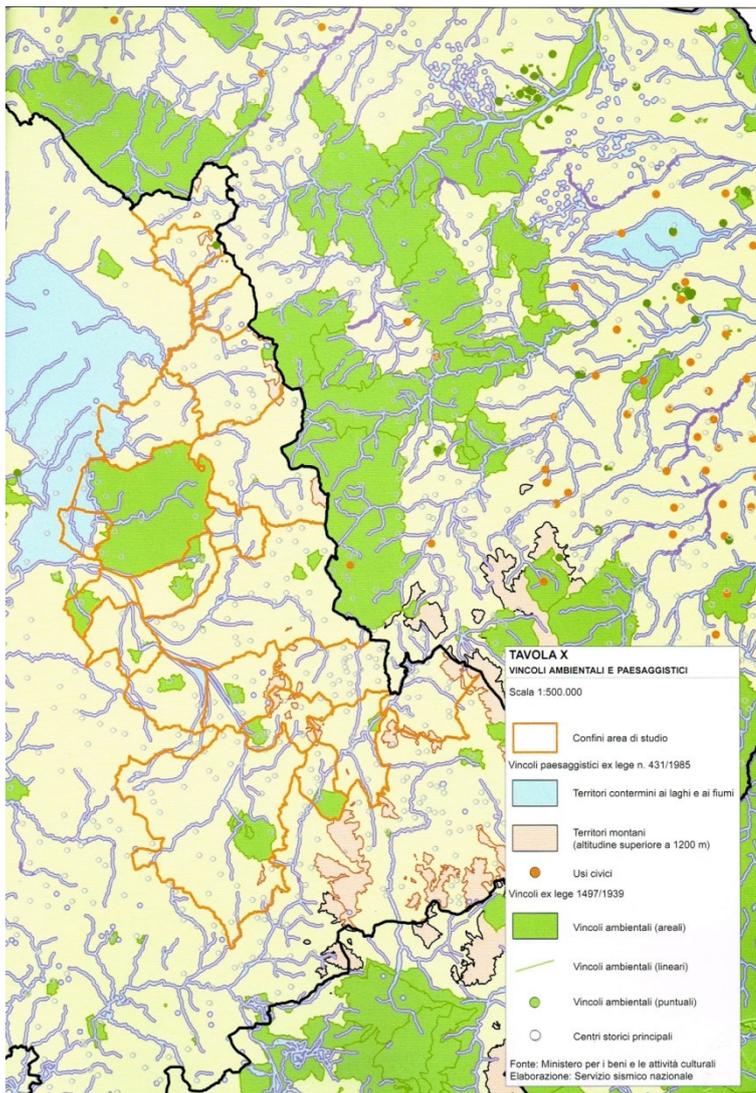


Fig. 21 - Vincoli ambientali e paesaggistici, Tav. X. (da D. BENETTI, M. GUCCIONE, O. SEGNALINI (a cura di), *Primo repertorio dei centri storici in Umbria. Il terremoto del 26 settembre 1997*, Gangemi Editore.

È questa la logica in cui nascono i programmi integrati di recupero nell'ambito della ricostruzione di Marche e Umbria e, fatto ancor più importante, sorge una nuova sensibilità nei confronti della prevenzione dal rischio sismico del patrimonio esistente⁴²¹. I centri storici rivestono un ruolo decisivo nel paesaggio edificato, nell'accezione di spazio abitato,

⁴²¹ F. BARBERI, Presentazione al volume *Primo repertorio dei centri storici in Umbria. Il terremoto del 26 settembre 1997*, (a cura di) D. BENETTI, M. GUCCIONE, O. SEGNALINI, Gangemi editore, dicembre 1998, p. 5.

coltivato, modellato dall'uomo in un processo continuo e innovativo, che mal sopporta la separazione fra città e campagna e recupera la complessità legata ai processi di modificazione degli spazi artificiali e degli spazi naturali.

L'Abruzzo (2009)

L'Aquila è divenuta il simbolo del terremoto del 6 aprile del 2009 che ha interessato il territorio dell'Abruzzo; una città martire, in cui parte del tessuto edilizio è stato distrutto dal sisma e dove il problema dei senzatetto, considerato autonomamente rispetto al problema della sopravvivenza della città, è stato il pretesto politico per una rapida costruzione di case fuori dell'area urbana⁴²², mentre, il centro storico, con l'eccezione degli edifici monumentali, è stato abbandonato all'azione delle intemperie. La mancanza di un progetto unitario per il mantenimento in vita del tessuto urbano ha determinato un processo di svuotamento pericoloso per la sopravvivenza della città stessa⁴²³ che, ad oggi, faticosamente si riappropria della quotidianità.

In generale, in caso di sisma, gli unici dati ufficiali sul danno generato derivano dalle verifiche di agibilità che nella gestione del post terremoto sono un passo fondamentale per intervenire con urgenza nella riparazione dei danni lievi – in modo da rendere possibile il rientro di grossa parte della popolazione in tempi rapidi –, per poi stimare con una buona approssimazione il danno e, infine, pianificare, a partire dai dati raccolti, una strategia d'azione a lungo termine. Tutto ciò pare non essersi verificato a L'Aquila e dintorni dove non sono state prodotte analisi sufficienti sulle quali basare le strategie d'intervento: al metodo della pianificazione, della valutazione e della ponderazione degli interventi si è sostituito un procedere per slogan; la ricostruzione de L'Aquila è stata ridotta a una questione edilizia; non è stata affrontata in nessun modo la dimensione urbanistica o territoriale del problema⁴²⁴.

	E	F	Totale zona rossa
Centro storico	1567	288	1855
Altre zone urbane del capoluogo	2289	274	2563
Paganica	645	36	681
Poggio di Roio	451	68	519
Arischia	318	142	460
Altre frazioni	1854	432	2286
Totale	7124	1240	8364

⁴²² Per approfondimenti Cfr pure G. J. FRISCH, *L'Aquila. Non si uccide così anche una città?*, Clean Edizioni, dicembre 2009.

⁴²³ P. PORTOGHESI, editoriale, in «MATERIA», n75-76, giugno 2013, pp.24-30.

⁴²⁴ G. J. FRISCH, *L'Aquila. Non si uccide così anche una città?*, Clean Edizioni, dicembre 2009, pp.26-28.

Rilievo degli edifici gravemente danneggiati. Fonte: elaborazione in ambiente GIS sulla base dei dati della Protezione Civile del 29 giugno 2009. Tab. tratta da G. J. FRISCH, *L'Aquila. Non si uccide così anche una città?*, Clean Edizioni, dicembre 2009, p.26.

La restituzione cartografica della distribuzione del danno grave chiarisce immediatamente le implicazioni, innanzitutto urbanistiche, della 'ricostruzione del sistema territoriale'.

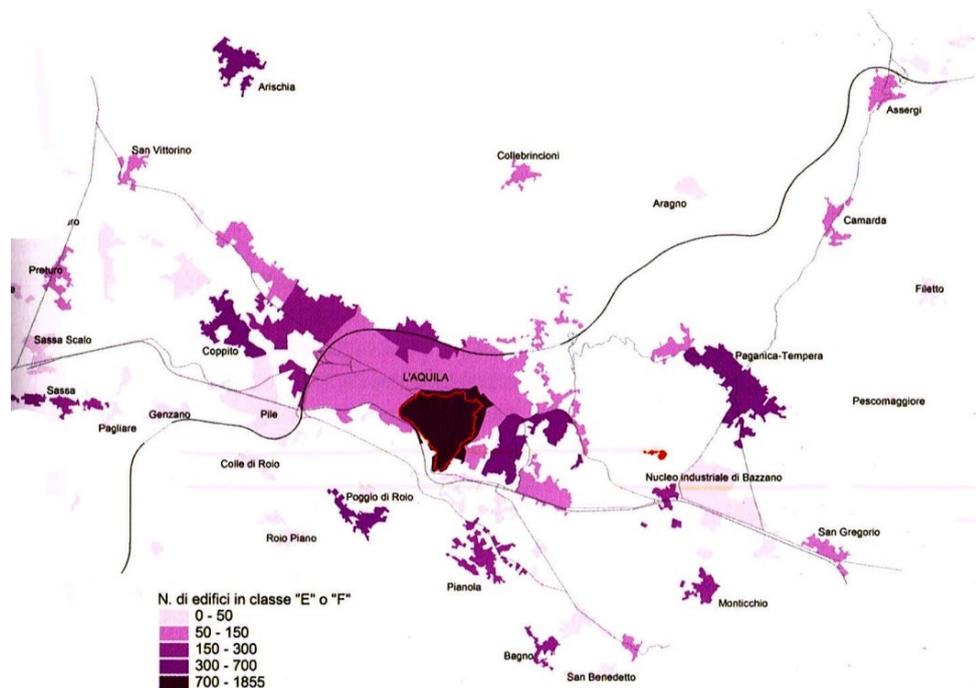


Fig. 22 - Distribuzione degli edifici dichiarati inagibili (E) o inagibili per rischio esterno (F). Fonte: elaborazione in ambiente GIS sulla base dei dati della Protezione Civile del 29 giugno 2009 (da G. J. FRISCH, *L'Aquila. Non si uccide così anche una città?*, Clean Edizioni, dicembre 2009, p.27).

Oltre la metà degli edifici gravemente danneggiati si trova nel capoluogo. Il centro storico è l'ambito urbano maggiormente danneggiato⁴²⁵, considerato anche che fino agli anni cinquanta del secolo scorso la città de L'Aquila coincideva sostanzialmente con il perimetro della sua fondazione⁴²⁶. La questione è stata – ed è tuttora – complessa e investe tutte le personalità competenti nel campo dell'architettura, poiché il problema andrebbe impostato dalla scala urbana a quella architettonica in maniera unitaria, secondo un processo chiaro. Le verifiche di agibilità indicano che la zona rossa – costituita dal centro storico de L'Aquila e da alcune limitate fasce esterne comprese tra le vecchie mura e la viabilità circostante per circa 218 ettari – è costituita da 2.495 edifici danneggiati, ben il 62,8% di questi sono edifici

⁴²⁵ Con un quarto degli edifici in classe E ed F.

⁴²⁶ Per tutta la prima metà del secolo scorso la crescita era sostanzialmente confinata entro le mura storiche. Il Tien aveva impostato nel 1917 il piano di ampliamento della città sulle aree ancora libere all'interno delle mura e, ancora, 50 anni più tardi, quando il Piano Piccinato progettava un grandioso ampliamento della città, ampie porzioni all'interno delle mura risultavano occupate da orti e giardini. Cfr. G. J. FRISCH, *L'Aquila. Non si uccide così anche una città?*, Clean Edizioni, dicembre 2009, pp.29-30

inagibili⁴²⁷: basti pensare che in tutto il cratere gli edifici censiti in classe E, ovvero quelli inagibili, ammontano ad appena il 25% del totale⁴²⁸.

L'esperienza delle Marche e dell'Umbria sembrava aver fatto acquisire una metodologia per la rinascita di un centro storico non basata sul fai da te⁴²⁹. I riferimenti su questo tema, oltre alla più recente esperienza umbro - marchigiana, non mancano; sono tutti diversi e tutti avrebbero potuto contribuire ad un riflessione colta che guidasse le scelte per L'Aquila, tenuto conto delle specifiche peculiarità storiche, sociali, architettoniche e paesaggistiche del capoluogo abruzzese. La prima storia da ricordare riguarda il Belice (1968), caratterizzato da un intervento massiccio dello Stato e della Regione che sembrò provvidenziale per la mobilitazione di forze intellettuali, sia sul piano sociologico che sul piano urbanistico e architettonico: la scelta dell'abbandono dei vecchi insediamenti prevalse, in particolare nei casi di Gibellina e Poggioreale. A Gibellina la memoria del vecchio paese è stata 'congelata' dal 'cretto di Burri' che ha trasferito nel mondo dell'arte una dolorosa realtà umana rendendola universalmente comunicabile a prezzo però della sua trasformazione in un oggetto da museo di difficile e costosa manutenzione; il paese nuovo in cui sono sorte architetture di pregio – ad opera di Quaroni, Samonà, Purini, Gregotti, Mendini, Venezia – appare oggi più come una collezione di pezzi d'autore che come un borgo vitale in sintonia con i desideri degli abitanti. A Poggioreale, dove il paese abbandonato era ancora in piedi ed è tuttora visitabile, la delocalizzazione del nuovo insediamento ha generato alla lunga un corale rimpianto che si è manifestato anche in progetti di ricostruzione e di integrazione tra i due nuclei. Diversa, dieci anni dopo, l'esperienza del Friuli del 1978 in cui gli abitanti hanno rivendicato ed esercitato una funzione di protagonisti da subito, iniziando, a rovine ancora fumanti, un processo di ripristino portato a termine in tempi record⁴³⁰. Non dissimile dal comportamento dei friulani la logica che ha presieduto alla ricostruzione di Ancona colpita da un sisma nel 1972, dove

⁴²⁷ Confrontando questa percentuale con i dati complessivi del censimento effettuato su 61.782 edifici in tutti i comuni danneggiati si percepisce la gravità del danno subito dal centro storico de L'Aquila.

⁴²⁸ G. J. FRISCH, *L'Aquila. Non si uccide così anche una città?*, Clean Edizioni, dicembre 2009, p30.

⁴²⁹ Il primo passaggio consisteva nella perimetrazione di comprensori omogenei mirati alla definizione di programmi integrati di recupero, a loro volta ordinati secondo unità minime di intervento sulle quali agire a seconda delle priorità. Poi, la fase attuativa degli interventi prevedeva la costituzione di consorzi obbligatori tra i proprietari delle unità immobiliari. Si è trattato senza dubbio di un'esperienza complessa, costosa e lunga, stimata tutto sommato come positiva. Per approfondimenti all'esperienza umbro-marchigiana si rimanda a D. INDELICATO, *Valutazione e riduzione della vulnerabilità sismica degli aggregati edilizi nei centri storici. Il caso di Villa Sant'Angelo*, Tesi di dottorato, Università degli studi di Catania - Dottorato di ricerca in Progetto e Recupero Architettonico, Urbano e Ambientale, XXIII ciclo, 2010.

⁴³⁰ Va ricordato che in questo caso, a Gemona qualche architetto come Roberto Pirzoi Biroli ha svolto con efficacia il ruolo di architetto 'condotto' prodigandosi a fianco degli abitanti in opere di auto-costruzione e cercando il modo migliore per conciliare permanenza morfologica e rinnovamento.

l'azione decisa e lungimirante delle Autorità locali innescò un processo virtuoso di partecipazione che permise alla città di mantenere il suo carattere e di riprendere la propria vita prima che si innescassero processi negativi di abbandono e di degrado. Infine, il problema dell'Irpinia che sollevò il drammatico dilemma del modo più opportuno di ricostruire gli insediamenti distrutti, se nello stesso luogo o in altri ritenuti meno rischiosi dal punto di vista sismico. La scelta conservativa si è rivelata nel corso del tempo la più giusta e lungimirante perché lo sradicamento non fa che acuire la sofferenza dei terremotati e, inoltre, nessuno può garantire con assoluta certezza sulla sicurezza sismica di un luogo piuttosto che un altro. Insomma, queste esperienze, con l'ampio riscontro offerto direttamente sul campo dalla riuscita di una strategia piuttosto che un'altra, note agli esperti dei diversi settori dell'Architettura e del Restauro, ma anche a politici illuminati, avrebbero dovuto guidare il processo per L'Aquila con coscienza e qualità nel risultato.



Fig. 23 - Piazza San Domenico, L'Aquila, 2012, Foto di D. Verdiani (da M. PELLEGRINI, D. VERDIANI, *Terremoti italiani. Fotografie di Damiano Verdiani e Mauro Pellegrini*, 2012).



Fig. 24 - Piazza del Palazzo, L'Aquila, 2012, Foto di D. Verdiani (da M. PELLEGRINI, D. VERDIANI, *Terremoti italiani. Fotografie di Damiano Verdiani e Mauro Pellegrini*, 2012).

All'indomani del sisma, le strutture del MiBACT si sono concentrate sul rilievo dei danni e sugli interventi provvisori di messa in sicurezza⁴³¹ che hanno poi fornito i seguenti dati: 1837 monumenti sono stati interessati dal rilievo del danno. Si tratta in prevalenza di chiese (1052) e palazzi (730), oltre a torri (18), fontane (17), castelli, borghi, mura e porte. Di tale patrimonio il 75% è risultato inagibile; il 71% di questo è situato nel solo centro storico de L'Aquila. A L'Aquila gli edifici monumentali danneggiati sono stati innumerevoli⁴³².

⁴³¹ Attività coordinata dal Vicecommissario straordinario per la messa in sicurezza del patrimonio culturale

⁴³² Tra cui la Basilica di Santa Maria di Collemaggio, una parte del transetto nel Duomo, la cupola della Chiesa delle Anime Sante, il campanile e l'abside della Chiesa di San Bernardino, il cupolino della Chiesa di Sant'Agostino, parte della Chiesa di San Vito; il Museo Nazionale d'Abruzzo, oltre al crollo del palazzo della Prefettura, sede dell'Archivio di Stato; Cfr G. J. FRISCH, *L'Aquila. Non si uccide così anche una città?*, Clean Edizioni, dicembre 2009, p.59.

Localizzazione	N. edifici	A	PA	AP	I	TI	IE
L'Aquila Centro Storico	442	1	6	24	378	3	30
L'Aquila frazioni	61	1	2	7	48	1	2
Provincia de L'Aquila	167	40	17	24	80	5	1
Provincia di Pescara	22	2	3	3	14	-	-
Provincia di Teramo	20	8	1	6	4	1	-

Fig. 25 - Tab. – Rilievo dei danni al 21 ottobre 2010. Il quadro presenta lo stato degli edifici: agibili (A), parzialmente agibili (PA), agibili con provvedimenti (P), inagibili (I) e temporaneamente inagibili (TI). (da «ANANKE», maggio 2011, n.63, p. 28).

Alla ricognizione per l'agibilità è seguita la documentazione dei danni per ciascun edificio e la stima indicativa del costo degli interventi di messa in sicurezza e di ripristino strutturale. Il 'clima' delle azioni intraprese nel corso dell'emergenza⁴³³ emerge bene dagli atti delle sedute del Consiglio Superiore per i Beni Culturali⁴³⁴, in cui si cerca di indicare i principi secondo i quali operare nel corso dell'emergenza e di fornire poche indicazioni pratiche per le operazioni specifiche da effettuare nell'immediato, al fine di evitare il peggioramento delle condizioni del patrimonio esposto alle intemperie. Emerge in particolar modo, l'auspicio a lavori di restauro quanto più possibile 'leggeri', «una linea operativa non invasiva, minuziosa e puntuale, attenta alla salvaguardia non solo delle opere monumentali ma di tutto il patrimonio diffuso»⁴³⁵; si ribadisce l'obiettivo comune del restauro non solo del singolo monumento ma anche del contesto cittadino nella sua interezza, e si accenna ai criteri per la conservazione e il restauro dei centri storici e del patrimonio architettonico, ponendo l'accento sull'importanza della celerità nelle operazioni per riconsegnare la città agli aquilani, poiché la sua «riduzione a quinta teatrale e a outlet del circondario non può essere considerata una rinascita. Sono infatti i cittadini più che i monumenti e mura a fare una città, per cui solo se gli Aquilani torneranno nella città l'Aquila sarà salva». Ma il 18 gennaio 2010, quasi un anno dopo il sisma, la preoccupazione è massima per le condizioni in cui versa tutto il patrimonio abruzzese colpito dal sisma; in particolare, si denuncia la

⁴³³ Dichiarata tale dal 6 aprile del 2009 al 31 dicembre del 2010.

⁴³⁴ Sedute del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici: 20 aprile 2009, approvazione della mozione sulla prevenzione antisismica; 25 maggio 2009, Parere favorevole sul Progetto sisma Abruzzo – piano di spesa per complessivi 4 milioni da realizzarsi mediante risorse delibere CIPE d.m. 8/5/2009; 24 giugno 2009, approvazione della mozione sul terremoto in Abruzzo; 12 ottobre 2009, Aggiornamento sulla situazione de L'Aquila; 16 novembre 2009, Aggiornamento sulla situazione de L'Aquila; 14 dicembre 2009, Approvazione della mozione per il restauro e la ricostruzione dei centri storici de L'Aquila e del suo territorio; 18 gennaio 2010, Approvazione della mozione relativa alle risorse

⁴³⁵ Dal verbale del 24 giugno 2009 delle sedute del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, in «ANANKE» maggio 2011, n.63, p.29.

mancata realizzazione delle opere provvisorie di copertura delle antiche chiese storiche de L'Aquila e del suo territorio che avrebbero permesso di non comprometterle ulteriormente. Eppure nel corso dei primi due anni dall'evento sismico numerosissimi sono stati i provvedimenti del Consiglio dei Ministri⁴³⁶ che riguardano i beni culturali, in particolare con lo scopo di dare massima libertà d'azione al commissario delegato per la tutela al fine di evitare il perdurare di situazioni di emergenza. Ed infatti, nonostante i numerosissimi problemi organizzativi, logistici e anche di ordine psicologico per gli stessi funzionari e tecnici, coinvolti in prima persona con le proprie famiglie nel tragico evento, l'attività dei diversi uffici della Soprintendenza è risultata molto intensa, soprattutto nel corso dei primi due anni. In particolare, tra le attività di tipo tecnico - operativo⁴³⁷ svolte dalle Soprintendenze si è registrata l'attività quotidiana di controllo sull'operazione di rimozione e di selezione delle macerie di crollo sull'intero cratere sismico accompagnata dalla redazione delle schedature di vulnerabilità sismica di tutto il patrimonio edilizio in consegna

⁴³⁶ D.P.C.M. 6 aprile 2009, GU n.80 del 6 aprile 2009, Dichiarazione eccezionale, rischio di compromissione degli interessi primari e nomina del Commissario delegato;

D.P.C.M. 6 aprile 2009, GU n.81 del 7 aprile 2009, Dichiarazione dello stato di emergenza fino al 31 dicembre 2010;

O.P.C.M. 6 aprile 2009 n.3753, GU n.81 del 7 aprile 2009, Costituzione di gruppi di rilevamento per censire gli edifici pubblici e privati, totalmente o parzialmente, inagibili ovvero da demolire (art.2); deroghe (art.3); donazioni e atti di liberalità (art.5);

O.P.C.M. 9 aprile 2009 n.3754, GU n.84 del 10 aprile 2009, il MiBAC è autorizzato a ricevere risorse derivanti da donazioni da destinare agli interventi urgenti volti ad assicurare la messa in sicurezza e l'avvio del recupero dei beni culturali danneggiati dal sisma. Il Ministero si avvale delle soprintendenze competenti per territorio, di tecnici indicati dalla regione e dagli enti locali e del medesimo Dipartimento (art. 10);

D.L. 28 aprile 2009 n.39, GU n.97 del 28 aprile 2009, convertito in Legge n.77 del 24 giugno 2009, previsione di quattro vice commissari per specifici settori di intervento; disposizioni per il piano degli interventi urgenti per il ripristino degli immobili pubblici dichiarati di interesse storico artistico; ulteriori risorse per i beni culturali e iniziative di divulgazione;

O.P.C.M. 1 maggio 2009 n.3761, GU n.102 del 5 maggio 2009, nomina del Vice-Commissario per la tutela dei beni culturali; deroghe al Codice dei Beni Culturali e del Paesaggio (dall'art.18 all'art.25 e 135)

O.P.C.M. 19 maggio 2009 n.3772, GU n.119 del 25 maggio 2009, per gli interventi di somma urgenza necessari ad eliminare il pericolo di crollo della chiesa di San Marco, il vice commissario delegato per la tutela dei beni culturali provvede avvalendosi del Segretario Regionale ai lavori pubblici della regione Veneto;

O.P.C.M. 17 giugno 2009 n.3782, GU n.145 del 25 giugno 2009, ulteriori compiti del Vice-Commissario delegato per la tutela dei beni culturali e ulteriori deroghe al codice dei beni culturali e del paesaggio (dall'art. 95 all'art. 100 e art. 120);

O.P.C.M. 15 agosto 2009 n.3803, GU n.193 del 21 agosto 2009,

⁴³⁷ Accanto alle attività tecniche, molte sono state le iniziative di tipo burocratico-amministrativo: la prescrizione per tutto il territorio regionale dell'obbligo di consegna sui progetti di valenza strutturale di un asseverazione del progettista di conformità alle Norme Tecniche del 2008 e alle indicazioni contenute nelle Linee Guida per il patrimonio culturale; l'elaborazione di una proposta di vincolo sul centro storico de L'Aquila - Sottoposto alla procedura di cui agli artt. 137-140 del d.lgs 42/04 per consentire il controllo sull'intero tessuto edilizio minore ricompreso tra le grandi emergenze monumentali già vincolate ai sensi degli artt. 10-13 del Codice - ; l'attivazione della commissione di verifica preliminare degli interventi in centro storico con parere vincolante che permette all'amministrazione di esercitare la più ampia attività di tutela anche sul patrimonio edilizio non vincolato; la redazione di un fascicolo di prescrizioni e indicazioni, una sorta di regolamento edilizio per il restauro che contempla anche aspetti di natura urbanistica. Per approfondimenti Cfr. L. MAGGI, *Le attività della Soprintendenza per i Beni Architettonici e il Paesaggio*, in «Ananke», maggio 2011, n.63 pp.36-37.

ai vari istituti del Ministero nel territorio, con operazioni di rilievo fotogrammetrico del patrimonio storico e architettonico della città de L'Aquila e dei centri minori danneggiati dal sisma⁴³⁸. Nel 2012, dopo ben tre anni dal sisma, è stato istituito l'Ufficio Speciale per la Ricostruzione de L'Aquila⁴³⁹ (USRA) con l'obiettivo di determinare una considerevole accelerazione del processo di ricostruzione della città e delle sue frazioni, ponendo particolare attenzione alla soluzione delle complessità che hanno a lungo condizionato l'avvio spedito dell'intervento nei centri storici. Tra i compiti⁴⁴⁰ assegnati all'Ufficio Speciale per la ricostruzione dell'Aquila rientrano il monitoraggio finanziario e attuativo degli interventi e la garanzia di adeguati standard informativi, l'istruttoria finalizzata all'esame delle richieste di contributo per la ricostruzione degli immobili privati, l'assistenza tecnica alla ricostruzione pubblica e privata, il controllo dei processi di ricostruzione e di sviluppo dei territori. Sulla piattaforma digitale di gestione e monitoraggio della ricostruzione è possibile visualizzare lo stato di avanzamento della ricostruzione di tutte le località del comune de L'Aquila; navigare all'interno del territorio comunale⁴⁴¹, ricercare ogni singola pratica⁴⁴² ogni singolo Aggregato di Piano di Ricostruzione o di Protezione Civile; acquisire le informazioni essenziali sullo stato di istruttoria delle singole unità immobiliari e lo stato d'avanzamento dei lavori delle unità minime di intervento. I dati forniti dall'USRA sul portale di riferimento sono continuamente aggiornati e fanno comprendere, seppur senza entrare nel merito delle operazioni svolte e delle logiche che le hanno guidate, quanto sia stato fatto e speso in termini di ricostruzione privata⁴⁴³ e pubblica⁴⁴⁴ e di investimento economico delle operazioni⁴⁴⁵. Il territorio aquilano è stato suddiviso in

⁴³⁸ Le attività di controllo sulla rimozione e selezione delle macerie sono state condotte anche nei giorni festivi da squadre di funzionari volontari.

⁴³⁹ Con un'intesa istituzionale, tra governo centrale e locale, alla fine del 2012.

⁴⁴⁰ Definiti dal D.L n. 83/2012, convertito in L. 134/2012.

⁴⁴¹ La localizzazione cartografica è un servizio dell'ufficio cartografico dell'USRA. Il webGIS funziona come applicativo del database generale della ricostruzione (BDE/BDR), nel quale sono registrate oltre 30.000 pratiche.

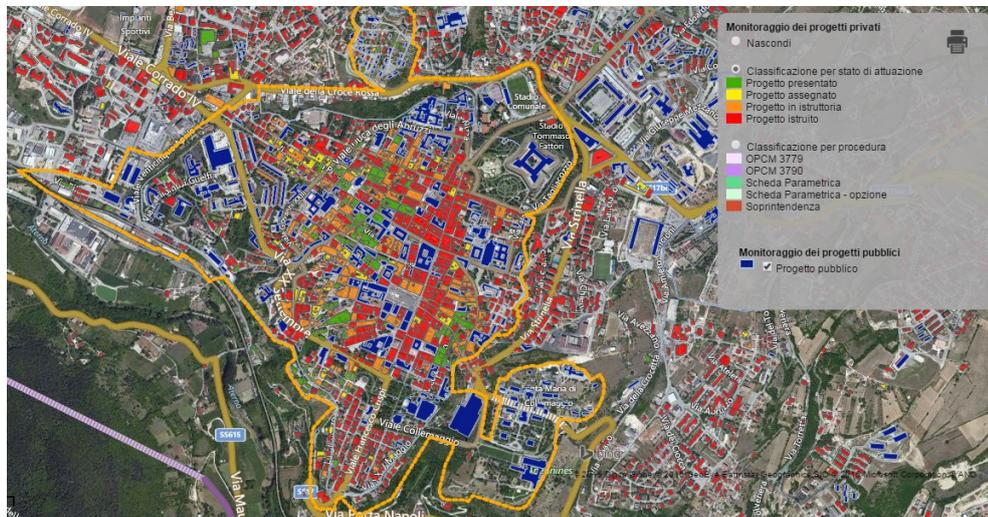
⁴⁴² Attraverso il numero di fascicolo, il numero di protocollo AQ-BCE o il cognome del richiedente; per gli aggregati è possibile ricercare attraverso l'ID.

⁴⁴³ Per quanto riguarda la ricostruzione privata sono stati emessi 1837 pareri, per un importo complessivo dei pareri emessi di 1.921.665.516,42 €; un importo concesso di 1.046.984.742,78€ e 6658 unità immobiliari interessate.

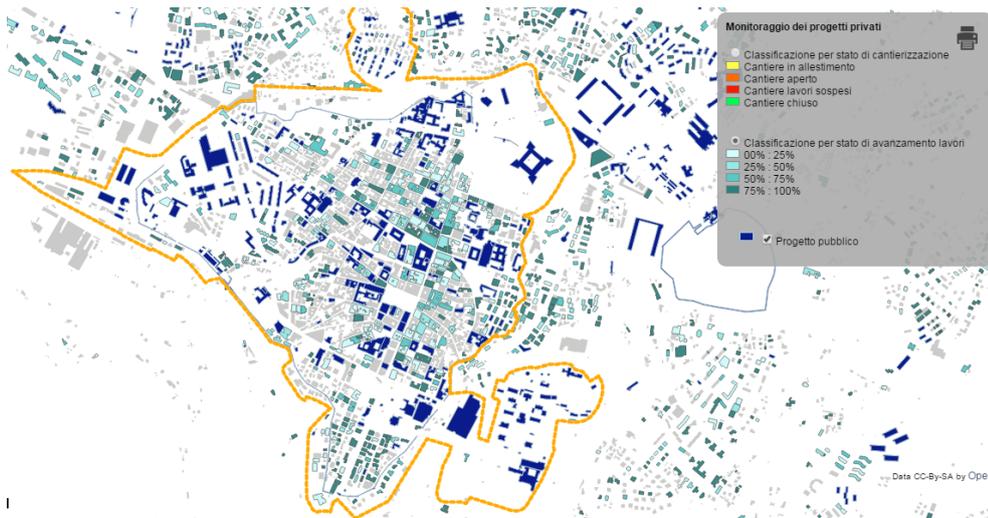
⁴⁴⁴ Per quanto riguarda la ricostruzione Pubblica, ad agosto 2015, il costo complessivo delle opere pubbliche ammontava a 1.988.180.000,00 €; l'importo finanziato per le opere pubbliche è di € 1.849.918.000,00; il totale erogato € 1.219.168.000,00

⁴⁴⁵ Dati pubblicati su www.usra.it, Ufficio Speciale per la Ricostruzione in Abruzzo. Il sito è in costante aggiornamento. Il considerevole flusso di dati conoscitivi non poteva rimanere finalizzato esclusivamente alla mera determinazione del contributo concedibile per la ricostruzione. Da questa considerazione è nata l'idea di avviare un'iniziativa di documentazione del terremoto del 2009 e della sua ricostruzione. È nato così il progetto centro TER.R.A., acronimo di "centro studi e documentazione del TERremoto e della Ricostruzione Aquilana". Il progetto è incentrato sulla messa a punto di un sistema di condivisione dei dati che coinvolge l'USRA e gli altri soggetti istituzionali impegnati nella ricostruzione e nell'analisi delle vicende che hanno caratterizzato il

aggregati distinti, poi, in vincolati e non vincolati. Per ciascuna tipologia sono previste 3 procedure diverse. Per gli aggregati di tipo vincolato i progetti sono sottoposti all'approvazione da parte della Soprintendenza.



Classificazione dei progetti per stato di attuazione, dati al 15-12-2015 ricavati dal webgis dell'USRA. In blu i progetti pubblici.



Classificazione dei progetti per stato di avanzamento dei lavori, dati al 15-12-2015 ricavati dal webgis dell'USRA. In blu i progetti pubblici.

In questo quadro generale, piuttosto disorganico, alcuni monumenti sono divenuti il simbolo della tragedia de L'Aquila. Per la loro importanza storico artistica e architettonica nel panorama abruzzese e italiano, la comunità scientifica ha dedicato notevoli attenzioni. Si

terremoto abruzzese. Ad oggi, centro TER.R.A. è una rete virtuale aperta, alla quale hanno aderito: l'Ufficio speciale per la Ricostruzione dei Comuni del Cratere, il Comune de L'Aquila, la Direzione Regionale per i Beni Culturali, l'Università degli Studi dell'Aquila, l'Istituto per le Tecnologie Edilizie-Cnr e la Deputazione di Storia Patria negli Abruzzi. È una rete che si pone l'obiettivo di assicurare il monitoraggio del processo di ricostruzione, il controllo del suo sviluppo e di migliorare il servizio reso ai cittadini in termini di trasparenza, in una virtuosa sinergia di tutti gli attori.

riportano di seguito alcuni casi emblematici dei danni inferti al patrimonio culturale dell'Abruzzo e dei relativi esiti, ad oggi, in termini di conservazione e sicurezza. Si tratta di un lavoro di ricognizione riferito a ciascun bene documentato dalla letteratura scientifica nell'intervallo di tempo che va dal 6 aprile 2009 al 2015; è molto difficile inquadrare ciascun intervento all'interno di una logica di rigenerazione urbana del tessuto edilizio, aspetto che invece emerge dagli esiti operativi avuti in Emilia. Si evince piuttosto che la rigenerazione del tessuto aquilano è data dalla somma algebrica dei singoli interventi condotti sulle emergenze architettoniche, senza alcuna logica di sistema.

In particolare, le energie della comunità scientifica e le attenzioni politiche si sono concentrate sulla Basilica di Santa Maria di Collemaggio, la chiesa di Santa Maria di Paganica⁴⁴⁶ e la Basilica di San Bernardino⁴⁴⁷; poi, analisi e studi inerenti in particolare la comprensione della risposta sismica dei monumenti, hanno riguardato i casi della chiesa di San Pietro di Coppito⁴⁴⁸, e di alcuni palazzi, quali Palazzo Centi⁴⁴⁹, o ancora, con l'approfondimento sul tema della modellazione strutturale di edifici in muratura con inserti di telai in cemento armato, i casi di Palazzo Carli, Palazzo Camponeschi e del palazzo sede della direzione generale della Banca CarispAq⁴⁵⁰; ancora, è possibile analizzare i risultati delle operazioni di restauro e messa in sicurezza della Chiesa di Santa Giusta⁴⁵¹, della Chiesa

⁴⁴⁶ C. BARTOLOMUCCI, G. BOTTI, A. DONATELLI, A. PLACIDI, M. ZUPPIROLI, *Dopo la catastrofe: una casistica rappresentativa dello stato dei monumenti danneggiati dai terremoti aquilano ed emiliano*, in «Materiali e strutture. Problemi di Conservazione», *Dopo l'emergenza. Restauro e ricostruzione*, nuova serie anno I, numero 1-2, 2012, p.47-48.

⁴⁴⁷ C. BARTOLOMUCCI, G. BOTTI, A. DONATELLI, A. PLACIDI, M. ZUPPIROLI, *Dopo la catastrofe: una casistica rappresentativa dello stato dei monumenti danneggiati dai terremoti aquilano ed emiliano*, in «Materiali e strutture. Problemi di Conservazione», *Dopo l'emergenza. Restauro e ricostruzione*, nuova serie anno I, numero 1-2, 2012, p.49-50.

⁴⁴⁸ G. BOSCATO, M. PIZZOLATO, S. RUSSO, A. TRALLI, *Sulla risposta sismica della chiesa di S. Pietro di Coppito a L'Aquila al sisma del 6 aprile 2009*, in XIV Convegno ANIDIS, L'Ingegneria Sismica in Italia, 18-22 settembre 2011, Bari.

G. BRANDONISIO, A. DE LUCA, G. LUCIBELLO, E. MELE, *Comportamento sismico di edifici monumentali a pianta basilicale in seguito al sisma Abruzzo '09: quattro casi studio*, in XIV Convegno ANIDIS, L'Ingegneria Sismica in Italia, 18-22 settembre 2011, Bari.

⁴⁴⁹ A. LEMME, *Sisma Abruzzo 2009 – Messa in sicurezza di alcuni beni monumentali a L'Aquila. Palazzo del Governo, Chiesa di S. Giusta e Palazzo Centi*, in Atti del convegno Sicurezza e Conservazione, Venezia 2010.

⁴⁵⁰ A. M. CECI, L. FANALE, V. GATTULLI, *Analisi del comportamento sismico di Palazzo Camponeschi: modelli rappresentativi dello scenario di danno*, in XIV Convegno ANIDIS, L'Ingegneria Sismica in Italia, 18-22 settembre 2011, Bari.

⁴⁵¹ A. LEMME, *Sisma Abruzzo 2009 – Messa in sicurezza di alcuni beni monumentali a L'Aquila. Palazzo del Governo, Chiesa di S. Giusta e Palazzo Centi*, in Atti del convegno Sicurezza e Conservazione, Venezia 2010. G. BRANDONISIO, A. DE LUCA, G. LUCIBELLO, E. MELE, *Comportamento sismico di edifici monumentali a pianta basilicale in seguito al sisma Abruzzo '09: quattro casi studio*, in XIV Convegno ANIDIS, L'Ingegneria Sismica in Italia, 18-22 settembre 2011, Bari.

di San Silvestro⁴⁵², dell'Oratorio di S. Giuseppe dei Minimi⁴⁵³ e dell'ex convento di San Basilio⁴⁵⁴. Importante è pure il caso della loggia di Palazzo Ardinghelli⁴⁵⁵, restaurato ad opera della Soprintendenza abruzzese, in cui è stata effettuata una verifica allo stato limite artistico come previsto dalla direttiva del 2011 per la riduzione del rischio sismico del patrimonio tutelato. Per diverse ragioni, altri tre importanti casi sono il complesso di Sant'Agostino con il palazzo della Prefettura⁴⁵⁶ la Scuola De Amiciis⁴⁵⁷ e il teatro S. Filippo Neri⁴⁵⁸. Sono infine analizzati gli interventi su due edifici fuori dal più stretto contesto aquilano: si tratta della chiesa di S. Maria ad Cryptas⁴⁵⁹ a Fossa e del Palazzo Dragonetti – Rosati⁴⁶⁰ a Ripa di Fagnano.

⁴⁵² G. BRANDONISIO, A. DE LUCA, G. LUCIBELLO, E. MELE, *Comportamento sismico di edifici monumentali a pianta basilicale in seguito al sisma Abruzzo '09: quattro casi studio*, in XIV Convegno ANIDIS, L'Ingegneria Sismica in Italia, 18-22 settembre 2011, Bari.

⁴⁵³ L. SORRENTINO, *Oratorio di San Giuseppe dei Minimi a L'Aquila: analisi dinamica dei meccanismi locali di collasso*, in Atti del convegno Sicurezza e Conservazione, Venezia 2010.

L. SORRENTINO, T. FERRACUTI, D. LIBERATORE, L. DECANINI, *Alcune criticità nella modellazione di risposta globale e meccanismi locali in edifici sacri. L'Oratorio di San Giuseppe a L'Aquila*, in XIV Convegno ANIDIS, L'Ingegneria Sismica in Italia, 18-22 settembre 2011, Bari.

⁴⁵⁴ D. GALEOTTA, L. FANALE, D. TOHME, A. ROMAGNOLI, A. PAONE, *Il progetto di miglioramento sismico dell'ex convento di San Basilio danneggiato dal sisma del 2009*, in XVI Convegno ANIDIS, L'Ingegneria Sismica in Italia, 13-17 settembre 2015, L'Aquila.

⁴⁵⁵ C. BARTOLOMUCCI, G. BOTTI, A. DONATELLI, A. PLACIDI, M. ZUPPIROLI, *Dopo la catastrofe: una casistica rappresentativa dello stato dei monumenti danneggiati dai terremoti aquilano ed emiliano*, in «Materiali e strutture. Problemi di Conservazione», *Dopo l'emergenza. Restauro e ricostruzione*, nuova serie anno I, numero 1-2, 2012, p.51-52.

B. COLASACCO, F. DE VITIS, A. LEMME, A. MIGNEMI, C. MIOZZI, *Sisma Abruzzo 2009 – Beni architettonici, storico-artistici e miglioramento sismico: approccio innovativo per la ricostruzione critica di architetture crollate – il caso della loggia di Palazzo Ardinghelli*, in XVI Convegno ANIDIS, L'Ingegneria Sismica in Italia, 13-17 settembre 2015, L'Aquila.

⁴⁵⁶ C. BARTOLOMUCCI, G. BOTTI, A. DONATELLI, A. PLACIDI, M. ZUPPIROLI, *Dopo la catastrofe: una casistica rappresentativa dello stato dei monumenti danneggiati dai terremoti aquilano ed emiliano*, in «Materiali e strutture. Problemi di Conservazione», *Dopo l'emergenza. Restauro e ricostruzione*, nuova serie anno I, numero 1-2, 2012, p.53-54.

⁴⁵⁷ C. BARTOLOMUCCI, G. BOTTI, A. DONATELLI, A. PLACIDI, M. ZUPPIROLI, *Dopo la catastrofe: una casistica rappresentativa dello stato dei monumenti danneggiati dai terremoti aquilano ed emiliano*, in «Materiali e strutture. Problemi di Conservazione», *Dopo l'emergenza. Restauro e ricostruzione*, nuova serie anno I, numero 1-2, 2012, p.55-56.

⁴⁵⁸ G. CIFANI, A. CASTELLUCCI, A. LEMME, *Sisma Abruzzo 2009 – Teatro S. Filippo Neri a L'Aquila. Letture del danno e della vulnerabilità sismica, messa in sicurezza e prime considerazioni per il miglioramento sismico*, in Atti del convegno Sicurezza e Conservazione, Venezia 2010.

⁴⁵⁹ C. BARTOLOMUCCI, G. BOTTI, A. DONATELLI, A. PLACIDI, M. ZUPPIROLI, *Dopo la catastrofe: una casistica rappresentativa dello stato dei monumenti danneggiati dai terremoti aquilano ed emiliano*, in «Materiali e strutture. Problemi di Conservazione», *Dopo l'emergenza. Restauro e ricostruzione*, nuova serie anno I, numero 1-2, 2012, p.61-62.

⁴⁶⁰ C. BARTOLOMUCCI, G. BOTTI, A. DONATELLI, A. PLACIDI, M. ZUPPIROLI, *Dopo la catastrofe: una casistica rappresentativa dello stato dei monumenti danneggiati dai terremoti aquilano ed emiliano*, in «Materiali e strutture. Problemi di Conservazione», *Dopo l'emergenza. Restauro e ricostruzione*, nuova serie anno I, numero 1-2, 2012, p.57-58.

La basilica di Santa Maria di Collemaggio⁴⁶¹, fortemente danneggiata dal sisma del 2009 è oggetto di un ampio intervento di restauro finanziato dall'ENI⁴⁶². La basilica, fondata alla fine del XIII secolo, ha subito numerosi rifacimenti a causa dei frequenti terremoti⁴⁶³; fu sostanzialmente ricostruita nella seconda metà del XIV secolo e ristrutturata nel corso dei secoli XVII-XVIII. L'interno barocco è stato poi in gran parte rimosso nel corso dei restauri del 1970 ad opera del Soprintendente Moretti. La pianta presenta uno sviluppo longitudinale molto accentuato, con tre navate ripartite da pilastri ottagonali che sorreggono archi ogivali e un transetto non sporgente all'esterno. La sistemazione novecentesca ha comportato il rialzamento delle murature longitudinali della navata centrale con la realizzazione di una copertura a due falde, mentre transetto e coro erano coronati da volte a crociera; il presbiterio era coperto da una cupola ribassata e le cappelle, ai lati del coro, da volte a vela. Di notevole interesse è la facciata quattrocentesca, caratterizzata da un paramento lapideo bicromo con disegni geometrici, su cui si aprono tre portali e tre rosoni. La facciata fu parzialmente ricostruita, in seguito al sisma del 1915, con l'inserimento di un telaio in c.a. presso l'angolo superiore sinistro. Trattandosi di uno dei simboli storico-architettonici più 'famosi' della città de L'Aquila, le forze messe in gioco sono state notevoli⁴⁶⁴.

⁴⁶¹ E. ANTONACCI, V. GATTULLI, A. MARTINELLI, F. VESTRONI, *Il crollo del transetto della Basilica di Collemaggio: analisi di vulnerabilità e meccanismo di collasso*, in Atti del convegno nazionale Sicurezza e Conservazione, Venezia, 2010.

G. BRANDONISIO, A. DE LUCA, G. LUCIBELLO, E. MELE, *Comportamento sismico di edifici monumentali a pianta basilicale in seguito al sisma Abruzzo '09: quattro casi studio*, in XIV Convegno ANIDIS, L'Ingegneria Sismica in Italia, 18-22 settembre 2011, Bari.

C. BARTOLOMUCCI, G. BOTTI, A. DONATELLI, A. PLACIDI, M. ZUPPIROLI, *Dopo la catastrofe: una casistica rappresentativa dello stato dei monumenti danneggiati dai terremoti aquilano ed emiliano*, in «Materiali e strutture. Problemi di Conservazione», *Dopo l'emergenza. Restauro e ricostruzione*, nuova serie anno I, numero 1-2, 2012, p.45-46.

R. QUARESIMA, E. ANTONACCI, F. FUSCO, D. GALEOTA, *I pilastri della Basilica di Collemaggio a L'Aquila: limiti della modellazione vs stato di conservazione e materiali costitutivi*, in XVI Convegno ANIDIS, L'Ingegneria Sismica in Italia, 13-17 settembre 2015, L'Aquila.

⁴⁶² "Ripartire da Collemaggio" è il progetto promosso dall'ENI.

⁴⁶³ I più importanti nel 1315, 1349, 1461, 1703, 1791, 1915)

⁴⁶⁴ Il 'piano di restauro e parziale ricostruzione della Basilica di Santa Maria di Collemaggio' nasce dalla collaborazione istituzionale tra la Soprintendenza ai Beni architettonici e paesaggistici dell'Abruzzo, impegnata nella progettazione, direzione dei lavori e coordinamento per la sicurezza; alcune importanti università italiane – Politecnico di Milano, La Sapienza di Roma e l'Università de L'Aquila – alle quali sono affidate le attività tecnico – scientifiche, e da geologi e ingegneri Eni.

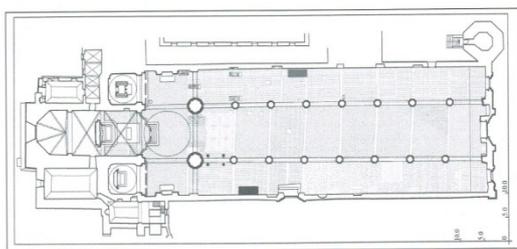


Fig. 26 - La pianta della basilica, tratta da C. BARTOLOMUCCI, G. BOTTI, A. DONATELLI, A. PLACIDI, M. ZUPPIROLI, *Dopo la catastrofe: una casistica rappresentativa dello stato dei monumenti danneggiati dai terremoti aquilano ed emiliano* (da «Materiali e strutture. Problemi di Conservazione», *Dopo l'emergenza. Restauro e ricostruzione*, nuova serie anno I, numero 1-2, 2012, p.45).



Fig. 27 - Facciata della basilica di Collemaggio prima del sisma del 6 aprile 2009. In evidenza il gioco policromo della facciata di impianto romanico⁴⁶⁵.

Il complesso lavoro multidisciplinare si caratterizza soprattutto per l'ampia campagna diagnostica eseguita nel corso di questi anni⁴⁶⁶. I maggiori dissesti legati al sisma si sono concentrati nella zona presbiteriale, come già con i terremoti precedenti: sono crollati i due piloni di sostegno degli archi trionfali, ricostruiti nel 1970, le volte del transetto e la cupola, ricostruita nel 1960 in c.a., nonché la copertura del transetto. Inoltre, lesioni da schiacciamento di grave entità hanno interessato i pilastri della navata, la zona presbiteriale e absidale⁴⁶⁷, mentre dissesti di media entità si sono evidenziati sul campanile costruito nel 1881. Sulla facciata si sono verificati danni lievi, in particolare sui rosoni, con il distacco di alcuni elementi lapidei. In sostanza, la vulnerabilità della fabbrica è stata accentuata dalle modifiche introdotte dai restauri degli anni '60-70 dello scorso secolo caratterizzati dal rifacimento della cupola in c.a., dalla sopraelevazione delle navate, dall'introduzione di cordoli in c.a. e dall'eliminazione del controsoffitto ligneo, cui si era in parte cercato di ovviare nel 1999 con l'introduzione di un controventamento metallico sulle due falde che ha comunque limitato i danni sul corpo delle navate.

⁴⁶⁵ http://www.inmontagnaonline.com/laquila2009/laquilalynnanderson_italiano.htm

⁴⁶⁶ Sul sito <http://www.ungiornoacollemaggio.it> è possibile seguire le fasi di questa operazione

⁴⁶⁷ Quest'ultima già precedentemente segnata da un quadro fessurativo

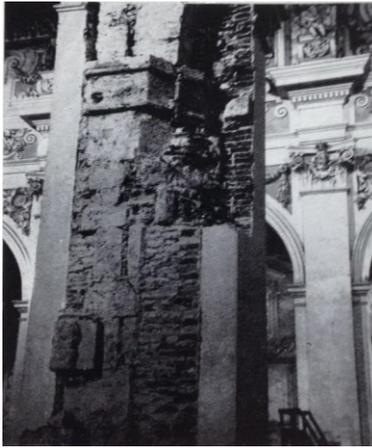


Fig. 28 - Colonnato: fase di rimozione della foderata barocca..



Fig. 29 - Pilastro P5: condizione di danneggiamento visibile dopo la rimozione del decoro barocco del pilastro.



Fig. 30 - Uno scorcio dei lavori di restauro dell'arch. Moretti con uno dei due pilastri ricostruiti.

Le immagini sono tratte da R. QUARESIMA, E. ANTONACCI, F. FUSCO, D. GALEOTA, I pilastri della Basilica di Collemaggio a L'Aquila: limiti della modellazione vs stato di conservazione e materiali costitutivi, in XVI Convegno ANIDIS, L'Ingegneria Sismica in Italia, 13-17 settembre 2015, L'Aquila.

La messa in sicurezza della fabbrica ha comportato la puntellatura degli archi lungo le navate tramite la disposizione di centine metalliche a giunto-tubo, la cerchiatura di tutti i pilastri con fasce di fibre in poliestere, il posizionamento di tiranti in senso longitudinale e trasversale, il cerchiaggio delle pareti absidali e, infine, la copertura provvisoria del transetto attraverso la realizzazione di una struttura reticolare metallica coperta da lastre di polycarbonato⁴⁶⁸. È stato nel contempo predisposto un sistema per il monitoraggio strutturale, disponendo estensimetri, fessurimetri e accelerometri in grado di verificare l'eventuale movimento delle lesioni⁴⁶⁹.



470



471

Il progetto promosso da Eni consiste nel ripristino delle colonne della navata,

⁴⁶⁸ La copertura sorretta da pilastri reticolari autonomi collocati all'interno del transetto e poggiati su una soletta in c.a. realizzata al di sopra del pavimento lapideo, opportunamente protetto. La copertura provvisoria è costata 200.000 euro, Fondi Carispaq, realizzazione Visan srl.

⁴⁶⁹ Università degli studi dell'Aquila, Cerfis

⁴⁷⁰ http://www.6aprile.it/ricostruzione_economia/2014/09/02/laquila-collemaggio-entro-il-2016-completato-il-restauro.html

⁴⁷¹ <http://magazine.larchitetto.it/settembre-2014/gli-argomenti/tema-del-mese/architetti-in-prima-fila.html>

nell'irrigidimento del tetto nelle navate, nella ricostruzione delle piliere e dell'arco trionfale, nella ricostruzione delle coperture delle volte del transetto, nel ripristino delle absidi delle cappelle laterali e delle relative coperture, nel ripristino di tutte le murature danneggiate, nei restauri artistici di elementi lapidei interni ed esterni, affreschi, portoni lignei, elementi metallici e, infine, in cospicui interventi di adeguamento impiantistico.

Per quanto riguarda le parti ricostruite: le piliere saranno realizzate in conglomerato armato come elementi di resistenza in caso di sisma, in grado di assorbire gran parte del taglio generato dalla sollecitazione orizzontale, lasciandone una quota sopportabile alle colonne della navata; per quanto possibile, si prevede il rimontaggio degli elementi lapidei di rivestimento, pur trattandosi di parti di fattura novecentesca. La scelta è motivata dalla opportunità di restituire l'immagine d'affezione e dalla disponibilità dei conci recuperati con attenta cernita dai materiali di crollo. Inoltre, si rende necessario vincolare a terra le piliere, realizzando idonei micropali di piccolo diametro per ciascuna, la cui armatura sarà solidarizzata con l'armatura della piliera stessa. Ancora, il progetto prevede la ricostruzione degli archi trasversali tra le piliere e le pareti laterali, e la ricostruzione delle ultime arcate della navata a connessione con le piliere stesse. Sia dall'analisi numerica che dall'analisi dei meccanismi di collasso per macroelementi, è emerso il ruolo essenziale della copertura per vincolare le lunghe e snelle pareti delle navate⁴⁷².

All'interno della Basilica, le parti che richiedono maggiore attenzione sono la zona absidale e le murature d'ambito: valutata la sostanziale efficienza delle catene esistenti, il buon comportamento delle murature e l'efficacia della copertura nel controventare le pareti, il progetto prevede lo sviluppo di più semplici provvedimenti locali di rinforzo e incatenamento. L'intervento per il transetto consiste nella ricostruzione della copertura leggera, vincolata in modo da non trasmettere le azioni sismiche tra parte absidale e navate, con volte leggere appese. Si ricostruiranno le due volte a botte laterali mentre si lascerà la copertura a vista in continuità con la copertura delle navate. Si porrà particolare attenzione al rispetto dell'immagine barocca del transetto, in quanto i resti degli altari laterali ancora consentono una lettura unitaria dello spazio e del sistema decorativo; per quanto riguarda

⁴⁷² Nel modello si è proceduto ad ottimizzare questo aspetto, verificando come una eccessiva rigidità delle falde porterebbe sotto sisma ad un incremento di resistenza ma anche ad un minore smorzamento, e quindi ad un incremento delle azioni. Si è dunque cercato un valore di rigidità della falda che garantisca una buona collaborazione e un livello ottimale di sollecitazioni trasmesse. Si è individuata la seguente soluzione costruttiva: - irrigidimento delle falde mediante pannelli in legno lamellare di spessore calibrato affinché la rigidità non si allontani da quella che nel modello di calcolo produce il risultato ottimale in termini di riduzione delle sollecitazioni e dei rischi di collasso nelle pareti delle navate; - rifacimento della sommità delle pareti alla radice del tetto con muratura leggera armata, e ripristino dei cordoli realizzati nell'intervento degli anni Settanta.

L'integrazione delle lacune residue, queste non dovranno necessariamente essere trattate in pietra, ma potranno essere finite con intonaci opportunamente dosati e lavorati al fine di essere più compatibili con i dispositivi di consolidamento. Infine le colonne. Queste sono state ampiamente danneggiate dal sisma del 6 aprile 2009. Attraverso le analisi della struttura si è constatato come le sollecitazioni più preoccupanti siano quelle in direzione trasversale alle navate, e quindi si è trovata una indicazione delle sollecitazioni prevedibili sulle colonne.

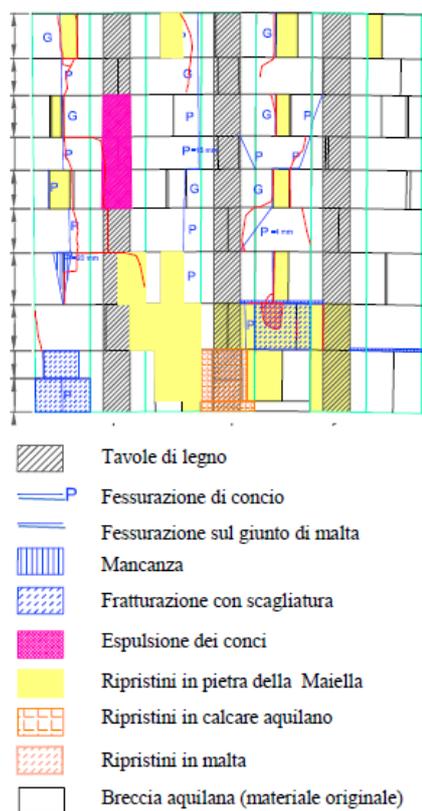


Fig. 32 - Pilastro P10: mappatura delle forme di degrado e dei materiali.



Fig. 31 - Pilastro P5: rottura della pietra per schiacciamento con parziale espulsione del quarto e quinto filare.



Fig. 33 - Pilastro P11: rottura degli elementi e degli spigoli per pressoflessione.

L'entità delle sollecitazioni previste dal modello ha condotto alla conclusione di riabilitare le colonne senza incrementi di sezione, mediante un'operazione di scuci-cuci dei conci irrimediabilmente danneggiati, con l'introduzione di elementi orizzontali di rinforzo. Per le colonne della zona centrale, che risultano essere le più sollecitate in direzione trasversale, si valuterà la possibilità di inserire rinforzi longitudinali, costituiti da barre che renderanno la sezione resistente del pilastro adeguata a supportare lo stato tensionale indotto. L'obiettivo è quello di restituire alle colonne una più regolare tessitura, che preveda ad ogni corso non più di quattro elementi, rinnovando anche la malta di allettamento e sigillatura.

Altro simbolo della comunità aquilana è la Chiesa di S. Maria di Paganica⁴⁷³, la cui edificazione risale alla seconda metà del XIII secolo⁴⁷⁴. L'accesso, sopraelevato, è servito da due rampe laterali. La facciata principale si compone di due parti: la prima, quadrata, è costituita da un ampio pannello murario, a conci calcarei squadrati, tagliato in asse da portale e oculo e delimitato da paraste e cornice orizzontale; la seconda, sovrapposta superiormente, è sormontata da una parete timpanata in pietrame a vista non rivestito. È, dunque, piuttosto evidente l'ampliamento della chiesa originaria, in altezza e in larghezza. L'impianto interno, a navata unica affiancata da cappelle laterali, era ricoperto da una volta a botte in incannucciata; l'apparato decorativo, a stucco, era stato configurato nella ricostruzione successiva al terremoto del 1703 ma aveva in seguito subito altre trasformazioni.



475



476

La zona presbiteriale si articola in un grande transetto connesso con l'abside, semicircolare internamente e rettilinea all'esterno; la sezione interna si caratterizza per la cupola ribassata su pennacchi e tiburio.

Il terremoto dell'aprile 2009 ha determinato il crollo completo della copertura, che era stata rifatta negli anni Sessanta del secolo scorso, con solaio in laterocemento e travi prefabbricate in c.a. Il crollo è stato attribuito alla concomitanza di vari fattori, tra cui: la qualità muraria,

⁴⁷³ C. BARTOLOMUCCI, G. BOTTI, A. DONATELLI, A. PLACIDI, M. ZUPPIROLI, *Dopo la catastrofe: una casistica rappresentativa dello stato dei monumenti danneggiati dai terremoti aquilano ed emiliano*, in «Materiali e strutture. Problemi di Conservazione», *Dopo l'emergenza. Restauro e ricostruzione*, nuova serie anno I, numero 1-2, 2012, p.47-48.

⁴⁷⁴ Secondo la data (1308) incisa sull'architrave del portale principale. l'edificio è stato comunque sottoposto a numerosi rifacimenti in seguito ai danni di passati eventi sismici, i più gravi nel 1456 e nel 1703. Di particolare pregio appaiono i portali lapidei. Quello meridionale, presso la torre duecentesca inglobata nella costruzione, mostra particolari scultorei riconducibili alla cosiddetta 'scuola di Atri'.

⁴⁷⁵ http://www.aq360.it/SCHEDE_C/foto/c028a.jpg

⁴⁷⁶ http://www.artadonai.com/worksAA/Ph_017SMariaPaganica_AQ.jpg

le sezioni murarie che hanno mostrato ispessimenti dovuti alle riparazioni post 1703; la differente rigidità trasversale delle due pareti longitudinali e la sostituzione della copertura con un tipo più pesante. Il confronto fra la situazione attuale e le foto scattate subito dopo il sisma evidenzia la scomparsa di ampi tratti delle strutture residue, come la copertura e le murature presso la prima campata, la parte sommitale della facciata e porzioni delle murature longitudinali della navata.



477

Nell'ottobre del 2010 è stata realizzata, a cura del MiBACT e con l'ausilio del Vigili del Fuoco, un'imponente struttura per la copertura provvisoria della chiesa, costituita da travi reticolari in composito fibrorinforzato con profilati in pultruso⁴⁷⁸. La struttura portante è ancorata ad una fondazione in cemento armato posta all'interno della chiesa. Le strutture murarie storiche sono state messe in sicurezza tramite la disposizione di tirantature in acciaio, cerchiature con fasce in poliestere, sbadacchiature e altri puntellamenti e sostegni in legno o a tubi e giunti. L'involucro in geotessuto di questa struttura di copertura non si è rivelato sufficientemente resistente e oggi appare lacerato e lacunoso⁴⁷⁹. L'importo stimato per i lavori di 'ricostruzione' è di 21,5 milioni di euro ma le risorse non sono state reperite e la progettazione non risulta avviata⁴⁸⁰.

⁴⁷⁷ <http://www.giulianovanews.it/wp-content/uploads/2010/06/Santa-Maria-Paganica.jpg>

⁴⁷⁸ Progetto di Salvatore Russo, impresa Gaspari Gabriele, profilati in Gfrp forniti da Top Glass

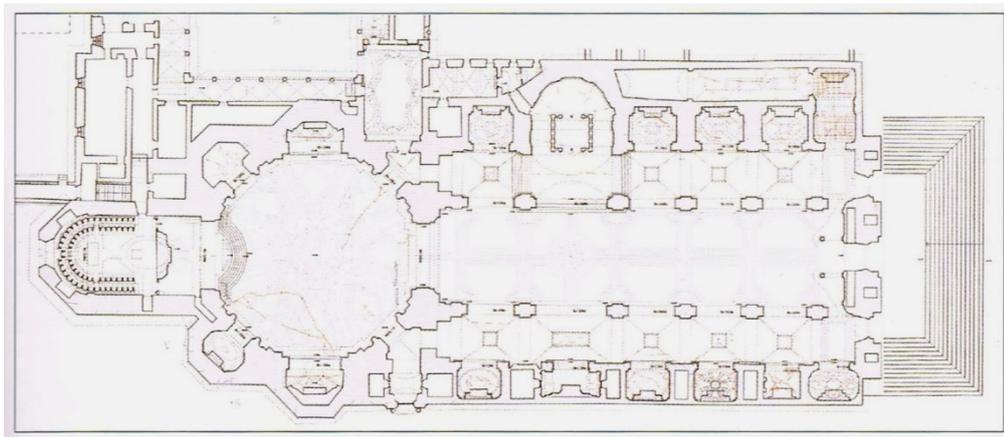
⁴⁷⁹ Il costo di fornitura del materiale per la copertura provvisoria in Gfrp è di 302.269,51 €.

⁴⁸⁰ Relazione del Commissario per la Ricostruzione, settembre 2012



481

Altro importante caso aquilano è la basilica di S. Bernardino⁴⁸², caratterizzata dalla contrapposizione fra un impianto longitudinale a tre navate con cappelle laterali⁴⁸³ e un ottagono centrale cupolato e affiancato da coro e cappelle radiali. Edificata a partire dal 1454, la cupola fu ultimata verso il 1489; dal 1525 sono documentati i lavori alla facciata, terminata nel 1542. Ai primi del Seicento fu aggiunto il pregevole soffitto ligneo dorato e dipinto. Il terremoto del 1703 causò vari danni a tutto il complesso⁴⁸⁴: la cupola fu completamente ricostruita dal 1708 al 1717 su progetto di Giovan Battista Confini con una struttura costolonata a spicchi e disponendo all'interno della struttura muraria in laterizi radiciamenti lignei e tiranti metallici. Negli anni 1958-61 la facciata fu interamente smontata e rimontata su una nuova muratura in c. a. e laterizi, mentre il campanile venne rinforzato con una struttura interna in c. a.; nel 1970 la copertura lignea fu sostituita con una nuova struttura in c. a. e il pavimento ad intarsi lapidei fu completamente smontato e rimontato su massetto cementizio.



⁴⁸¹ <http://www.edilizianews.it/pictures/0/picture-8900-zoom.jpg>

⁴⁸² C. BARTOLOMUCCI, G. BOTTI, A. DONATELLI, A. PLACIDI, M. ZUPPIROLI, *Dopo la catastrofe: una casistica rappresentativa dello stato dei monumenti danneggiati dai terremoti aquilano ed emiliano*, in «Materiali e strutture. Problemi di Conservazione», *Dopo l'emergenza. Restauro e ricostruzione*, nuova serie anno I, numero 1-2, 2012, p.49-50.

⁴⁸³ Una delle quali, più ampia, ospita il mausoleo del Santo.

⁴⁸⁴ Già nel 1590 si ha notizia di dissesti alla cupola, riparata nel 1612-13.

Fig. 34 - Pianta della Basilica di San Bernardino, da Santariga, Rocchi, 2010.

Il sisma del 6 aprile 2009 ha determinato il crollo parziale della cella campanaria, con il conseguente danneggiamento della cupola, del tamburo e degli ambienti conventuali sottostanti; diverse lesioni hanno interessato i setti murari e le volte della zona absidale, soprattutto nelle cappelle laterali di sinistra; ulteriori lesioni si sono verificate sulle pareti e sulle volte delle navate laterali; nel chiostro e negli ambienti del convento sottostanti al campanile.



485



486

Gli interventi di messa in sicurezza provvisoria hanno riguardato il campanile, con il consolidamento provvisorio dei piedritti e l'inserimento di presidi per impedire il ribaltamento della porzione superstite della cella, e la cupola, con la cerchiatura del tamburo tramite tre coppie di fasce in poliestere, la centinatura dei finestroni dissestati, il riempimento delle lesioni con schiuma di poliuretano.



Fig. 35 - Retro della Basilica di S. Bernardino, L'Aquila, 2012, Foto di D. Verdiani, in M. PELLEGRINI, D. VERDIANI, *Terremoti italiani. Fotografie di Damiano Verdiani e Mauro Pellegrini*, 2012.

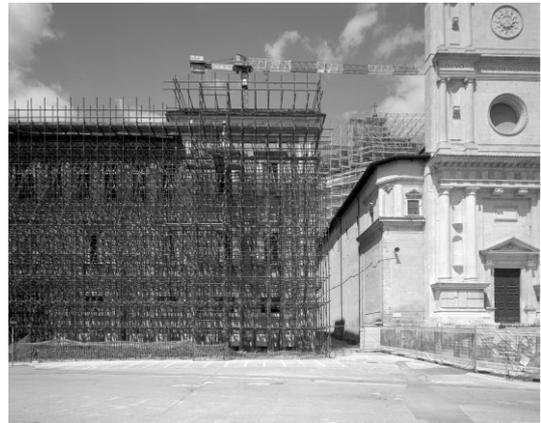


Fig. 36 - Basilica di S. Bernardino, L'Aquila, 2012, Foto di D. Verdiani, in M. PELLEGRINI, D. VERDIANI, *Terremoti italiani. Fotografie di Damiano Verdiani e Mauro Pellegrini*, 2012.

Dopo il primo intervento, permanendo la pericolosità di crollo della cupola e del tamburo, sono state attuate le prime operazioni di consolidamento tramite la realizzazione di un

⁴⁸⁵ <http://www.hotelfedericosecondo.it/Resource/attrazioni/san-bernardino.jpg>

⁴⁸⁶ <http://www.borghiabbandonati.com/wp-content/uploads/2015/05/Basilica-di-San-Bernardino-i-danni-del-campanile.jpg>

apposito progetto curato dal prof. Paolo Rocchi⁴⁸⁷. Le principali opere condotte sono state la sigillatura delle lesioni dall'interno, con applicazione a spruzzo di malta tixotropica per ricostituire la continuità e consentire le successive operazioni di consolidamento dall'esterno; il montaggio di un ponteggio autoportante esterno per la rimozione delle lastre di rivestimento in piombo al fine di mettere a nudo la struttura muraria, costituita da costoloni lapidei e fusi in mattoni; la rigenerazione della muratura all'estradosso con iniezioni di malta, risarcimento delle lesioni, applicazione di fasce continue in Frp secondo i paralleli della cupola, inserimento di tiranti metallici in sostituzione di quelli lignei esistenti non più efficaci, rinforzo del tamburo mediante cuciture armate; restauro del coronamento della cupola⁴⁸⁸ costituito da un lanternino ligneo rivestito in piombo, la cui struttura è stata risanata e rinforzata sostituendo le parti irrecuperabili.

La basilica, riaperta il 2 maggio 2015, è stata nuovamente chiusa a giugno per il distacco di un frammento di una cornice decorativa dal soffitto di una delle navate laterali. Quella interessata dal cedimento è una delle parti in cui l'intervento di restauro deve ancora essere effettuato; la terza fase riguarda, infatti, il restauro degli apparati decorativi⁴⁸⁹.

Per quanto riguarda gli studi incentrati maggiormente sulla comprensione della risposta sismica dei monumenti danneggiati dal sisma è il caso di citare la chiesa di S. Pietro di Coppito e Palazzo Centi.

San Pietro di Coppito è una chiesa di origine duecentesca, trasformata, come quasi tutte le chiese dell'area, nel corso dei secoli e, in particolare, negli anni '70 del XX secolo, in cui gli interventi hanno fatto spesso riemergere la veste medioevale con l'eliminazione degli apparati barocchi. La chiesa si compone di una navata centrale e una sola navata laterale che determina una forte asimmetria strutturale; il transetto è, poi, diviso in due parti longitudinali. Accanto, in parte vincolata alla struttura della chiesa, sorgeva la torre a pianta ottagonale con una scala a chiocciola interna.

⁴⁸⁷ Realizzato dall'impresa Iciet Engineering srl

⁴⁸⁸ L'intervento stralcio per il consolidamento della cupola è stato ultimato, con un importo lavori di 5,5 milioni di euro. L'appalto per i lavori di consolidamento e restauro del complesso monumentale, con una base d'asta 13.625,806,90 €, compresa la progettazione esecutiva, è stato aggiudicato, con procedura aperta, all'Ati Donati spa/Eme Restauri srl per un importo di 10.456.651,78 €, con un'offerta economicamente più vantaggiosa sotto il profilo tecnico-economico-temporale.

⁴⁸⁹ L'intervento, condotto dal Provveditorato Interregionale alle Opere Pubbliche per Lazio Abruzzo e Sardegna, guidato dall'ingegner Roberto Linetti, è stato finanziato per 25 milioni di euro.



490



491

Dall'analisi dell'efficienza strutturale del sistema e dei macroelementi è emerso che la configurazione della facciata, a causa della retrostante doppia falda di copertura ubicata a quota inferiore, non era ben vincolata agli angoli superiori; in questo modo non c'era un efficace ammorsamento tra facciata e pareti trasversali e questo ha favorito l'innesco del meccanismo di ribaltamento fuori dal piano e il crollo parziale della parte sommitale della stessa, riducendo di conseguenza, dal punto di vista globale, l'effettiva efficacia del comportamento d'insieme. Al fine di identificare i principali modi di vibrare a cui è sottoposta la struttura è stata svolta un'analisi dinamica modale. L'evento sismico ha permesso di correlare il risultato delle analisi con l'effettivo danno riscontrato e, dunque, ricavare le giuste considerazioni sulla risposta sismica della chiesa: i principali meccanismi verificatisi sono stati il ribaltamento della facciata, la crisi dell'arco trionfale, sebbene senza il verificarsi di crolli, e la crisi della torre campanaria. L'analisi ha approfondito lo studio della vulnerabilità con la valutazione dei meccanismi di danno secondo le indicazioni delle NTC e delle linee guida, mediante l'applicazione del Livello LV1, ovvero una valutazione basata su indici di vulnerabilità calcolati a partire dalle vulnerabilità e resistenze individuati, ai quali viene attribuito un diverso 'peso' in relazione alla loro efficacia o meno nel corso del sisma, per poi ricavare l'accelerazione al suolo riferita agli stati limite ultimi di salvaguardia della vita e di danno (SLV e SLD). Ovviamente ad indici di sicurezza di molto inferiori all'unità corrisponde una vulnerabilità molto alta. In seguito alla valutazione della vulnerabilità con metodi semplificati, si è proceduto all'analisi dei macroelementi, in particolare dell'arco trionfale e della facciata, con metodi più accurati. In sostanza, emerge dalle analisi condotte che i meccanismi di crisi dei macroelementi proposti dalle linee guida appaiono idonei, in termini generali, quale approccio semplificato allo studio della risposta

⁴⁹⁰ <http://www.luelo.it/San-Pietro-a-Coppito.JPG>

⁴⁹¹ http://www.aquilatv.it/uploads/news/1301313009-8415-san-pietro-a-coppito2_big.jpg

al sisma di strutture monumentali ma in assenza di sensibili asimmetrie⁴⁹². In particolare, l'analisi modale in campo elastico corrisponde bene ai meccanismi di crisi che si sono effettivamente attivati, ma ne consegue che è preferibile sempre per livelli di conoscenza complessivi e non di dettaglio.

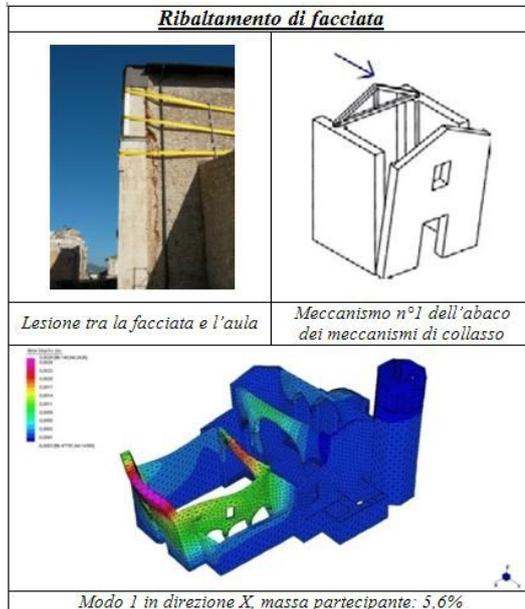


Fig. 37 - Scheda di confronto: meccanismo di collasso della facciata

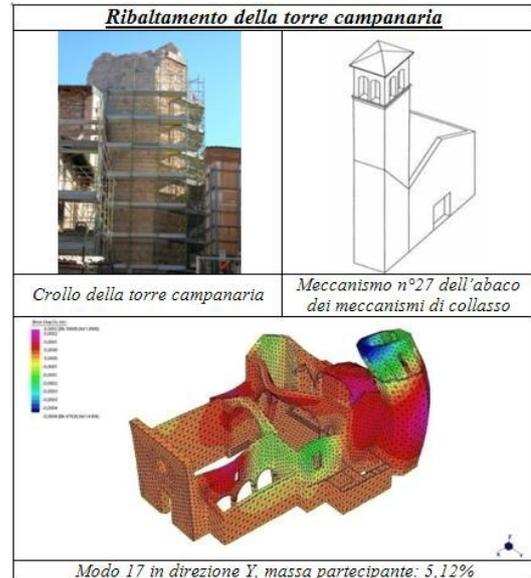


Fig. 38 - Scheda di confronto: meccanismo di collasso della torre campanaria

Ancora interessante in termini di contributo alla risposta sismica di edifici monumentali vi è lo studio del caso di Palazzo Centi, uno dei maggiori esempi dell'architettura barocca aquilana, realizzato nella seconda metà del XVIII secolo. Si tratta di un edificio a pianta rettangolare con corte centrale che si sviluppa su tre livelli. Le strutture portanti verticali sono realizzate in muratura di laterizi e sono ordite a formare una maglia regolare di setti murari.



Fig. 39 - Prospetto principale di Palazzo Centi su piazza S. Giusta⁴⁹³.

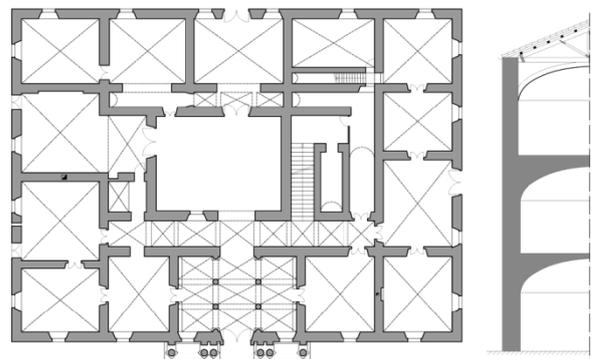


Fig. 40 - Pianta piano terra e stralcio sezione.

⁴⁹² Nel caso specifico di San Pietro in Coppito non si è avuto un completo riscontro per il crollo della facciata e del quadro fessurativo della torre rispetto la posizione del vincolo.

⁴⁹³<http://www.abruzzoweb.it/ic.php?d=XzE=&w=ODAw&h=NjAw&i=cGFsYXp6b2NlbnRpLmpwZW==&z=0>

L'edificio, dal 2003, era stato oggetto di interventi di consolidamento per il miglioramento del comportamento strutturale in termini di risposta alle azioni sismiche. In particolare, l'inserimento diffuso di tiranti metallici che aveva incrementato le risorse di resistenza: erano state inserite catene metalliche del diametro di 22 e 30 mm lungo le due direzioni principali in corrispondenza di ciascun impalcato e ciascuna parete; l'ancoraggio era avvenuto mediante l'impiego di classici capo chiave a paletto o a piastra nervata incassati nella muratura, senza indizi all'esterno sulla loro presenza. Anche le capriate lignee della copertura erano state rinforzate nei nodi con piastre metalliche da 5 mm di spessore, inchiodate alle parti lignee in modo da creare un efficace ammorsamento e da conferire massima rigidezza all'insieme; ancora, alle preesistenti catene in legno sono state affiancate catene metalliche collegate direttamente alle selle di appoggio delle capriate, anch'esse metalliche, connesse a loro volta con profili UPN spinottati alle murature; in tal modo sono state sfruttate le nuove catene metalliche come elementi di contrasto della spinta della capriata stessa e come elementi di connessione delle murature in sommità.

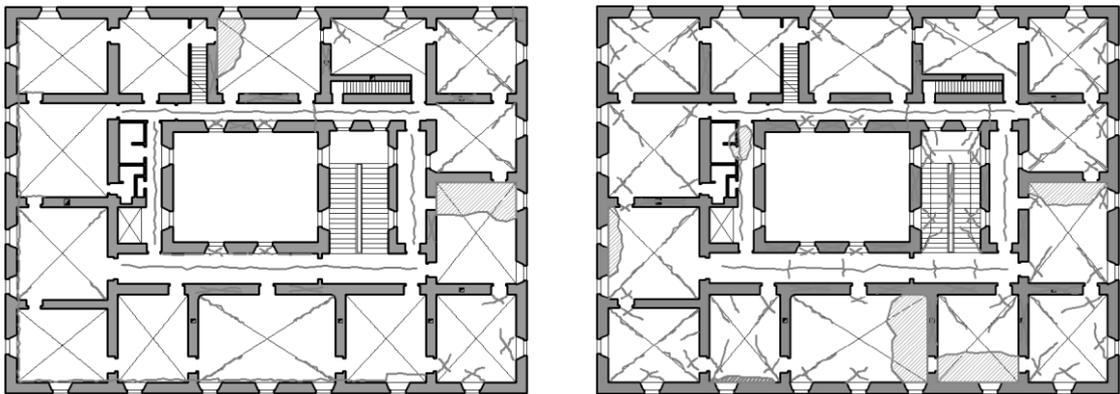


Fig. 41 - Quadro fessurativo al piano primo e al piano secondo (da G. BRANDONISIO, A. DE LUCA, G. LUCIBELLO, E. MELE, *L'efficacia delle catene nel caso di studio di Palazzo Centi*, in atti del convegno nazionale *Sicurezza e Conservazione*, Venezia 2010).

L'edificio, in seguito agli eventi sismici del 6 aprile del 2009 ha subito un danno diffuso alle strutture portanti e crolli localizzati di parti non strutturali, quali volte incannucciate e voltine di mattoni in foglio. I danni strutturali al piano terra sono stati alquanto leggeri e consistono in rare lesioni a taglio passanti, ma di ridotta ampiezza, degli elementi portanti verticali; le volte a padiglione presenti, invece, mostrano leggere lesioni in chiave e in corrispondenza delle lunette. Al piano primo e secondo il quadro fessurativo è di maggior rilievo, con la presenza di diffuse lesioni a taglio da trazione sulle strutture verticali, in corrispondenza di un gran numero di maschi murari e delle fasce di piano; le volte a botte dei corridoi presentano lesioni in chiave e le volte a vela lesioni agli angoli, con conseguente danneggiamento degli apparati decorativi in stucco e degli affreschi.

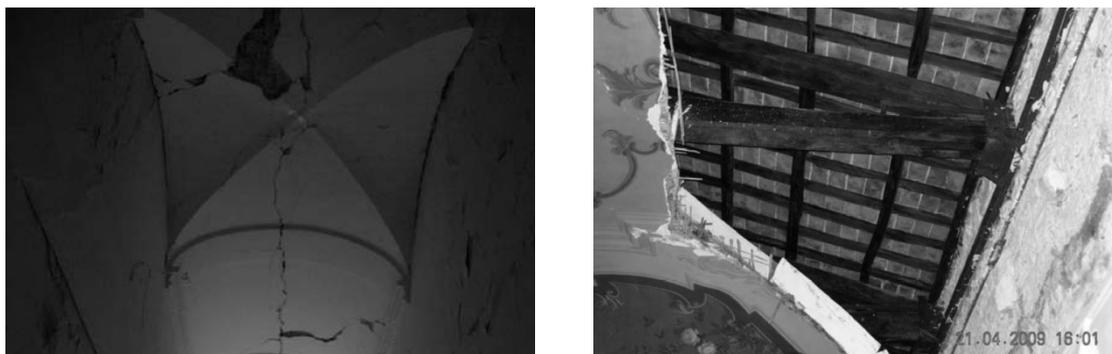


Fig. 42 - A sinistra, Lesioni in chiave alle volte dei corridoi del secondo livello; a destra, Crollo parziale di volte ad “incannucciata” ed interventi di consolidamento delle coperture (da G. BRANDONISIO, A. DE LUCA, G. LUCIBELLO, E. MELE, *L'efficacia delle catene nel caso di studio di Palazzo Centi*, in atti del convegno nazionale *Sicurezza e Conservazione*, Venezia 2010).

È chiaro che il comportamento dell'edificio è stato complessivamente soddisfacente, soprattutto in termini di efficacia dei recenti interventi di consolidamento che hanno limitato l'attivazione dei meccanismi fuori piano, praticamente assenti. L'efficacia dei tiranti è dimostrata anche dai danni alle volte che non erano state sottoposte a interventi di incatenamento trasversale e sono, quindi, risultate più vulnerabili. In sostanza, l'efficace collegamento tra le pareti ha garantito quel ‘comportamento scatolare’ che è sinonimo di buon comportamento sismico, con l'attivazione di meccanismi nei piani della parete e, dunque, ha consentito la dissipazione di una maggiore quantità di energia. Sebbene abbia pure inciso la regolare distribuzione in pianta e la qualità dei materiali impiegati per la costruzione, è chiaro che l'esempio fornisce la conferma dell'utilità e dei vantaggi di azioni ‘tradizionali’. Intanto, è del 14 aprile 2015 la notizia che tredici milioni di euro sono stati stanziati per la rimessa in funzione di Palazzo Centi, sede della giunta regionale, i cui lavori saranno completati per il 2018⁴⁹⁴.

L'oratorio di San Giuseppe dei Minimi è stato riaperto il 22 luglio 2014, dopo cinque anni e un restauro⁴⁹⁵ durato circa quindici mesi, realizzatosi con la donazione del Governo della Repubblica del Kazakhstan di un milione e settecentomila euro⁴⁹⁶.

La prima fabbrica dell'Oratorio di S. Giuseppe dei Minimi risale al 1646, quando una parte della precedente chiesa di S. Biagio, posta in posizione perpendicolare rispetto all'attuale,

⁴⁹⁴ M. MARINUCCI, *Palazzo Centi, via al recupero*, in «Il Centro. Edizione L'Aquila», 14 aprile 2015. <http://ilcentro.gelocal.it/laquila/cronaca/2015/04/14/news/palazzo-centi-via-al-recupero-1.11238348>

⁴⁹⁵ Progettista: Lab. Città e Territorio srl - Società di Ingegneria, Arch. Salvatore Tringali, D.L.: Arch. Rosanna La Rosa; Committente: MIBAC Abruzzo; Prestazione professionale: Progettazione, direzione dei lavori, coordinamento per la sicurezza, misura e contabilità, assistenza al collaudo; Importo: € 955.185,98; Superficie di intervento: mq 300.00.

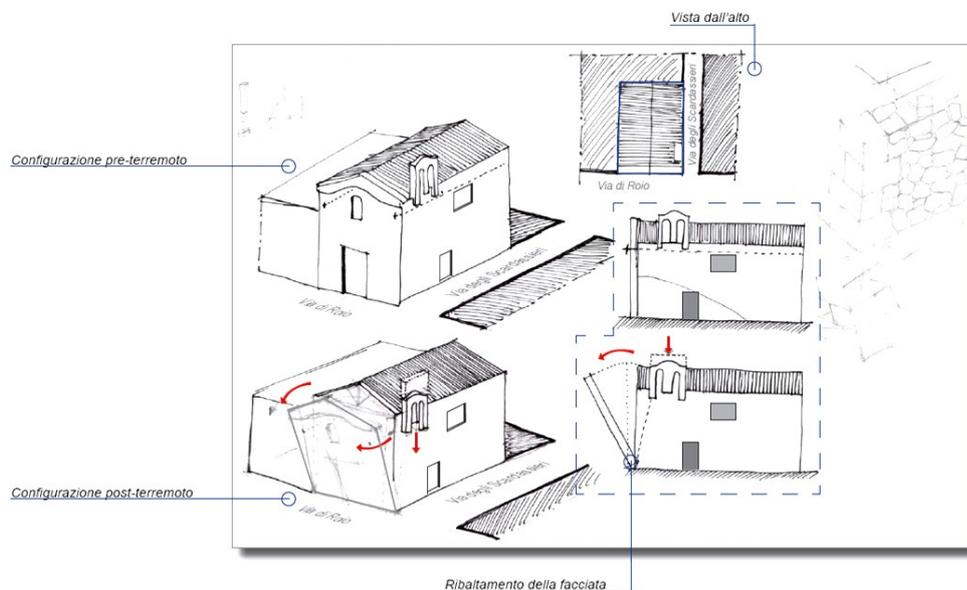
⁴⁹⁶ Di proprietà della Parrocchia Universitaria il seicentesco Oratorio fa parte del complesso monumentale che comprende la Basilica di San Giuseppe Artigiano (già San Biagio ad Amiternum), inaugurata proprio un anno fa, http://www.beniculturali.it/mibac/export/MiBAC/sito-MiBAC/Contenuti/MibacUnif/Comunicati/visualizza_asset.html_575298331.html

venne ceduta alla Confraternita del Suffragio che vi costruì una piccola chiesa, mantenendo dell'antica chiesa di S. Biagio le due monofore ogivali ed il portale trecentesco, tutt'oggi presenti nella facciata principale su via di Roio. La chiesa fu aperta nel 1649, ma i lavori dovettero proseguire fino al 1701 quando vennero dedicati due altari. Con il terremoto del 1703 la chiesa venne gravemente lesionata. L'interno dell'Oratorio è tra i maggiori esempi barocchi della città, opera attribuita a Giovan Francesco Leomporra, architetto della facciata di Santa Maria del Suffragio. L'edificio settecentesco presentava una facciata barocca ed all'interno era privo di volta. Nel 1930, con un intervento ad opera di Alberto Riccoboni, vennero rimosse le forme barocche della facciata e riportata la muratura a faccia vista in continuità con la facciata posteriore di San Biagio; fu realizzata, inoltre, inoltre la grande finestra circolare presente sul portale trecentesco. Non si ha notizia se in quella occasione o in un intervento successivo venne rialzata l'attuale copertura con la realizzazione di quello che apparentemente sembra un cordolo sommitale in cemento. Mentre la volta a botte lunettata venne realizzata in occasione dei restauri effettuati alla fine del 1990 dalla Soprintendenza per i Beni Architettonici e Paesaggistici per l'Abruzzo.

I dissesti più marcati, dopo quelli del ribaltamento della facciata e della fessurazione della vela campanaria, riguardavano l'abside; il quadro fessurativo era caratterizzato da lesioni sub-verticali che interessavano sia la parete di fondo sia le pareti laterali.



Non poche sono state le polemiche al termine di questa operazione di restauro. La prima, che avrebbe dovuto divenire il simbolo inaugurante la ricostruzione migliorativa dell'intera Aquila sia dal punto di vista strutturale che dal punto di vista formale ed estetico.

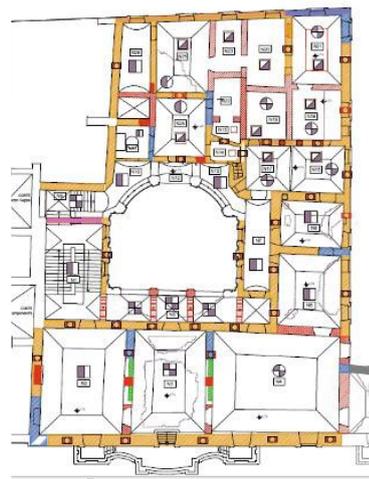


Palazzo Ardinghelli⁴⁹⁷ venne edificato fra il 1713 e il 1743 per volere della omonima famiglia, su progetto attribuito a Francesco Fontana. L'edificio, considerato fra i massimi esempi dell'architettura barocca a L'Aquila, si estende per tutta la profondità dell'isolato prospiciente il fianco laterale della chiesa di S. Maria Paganica, sostituendo l'edificato medioevale e rinascimentale. L'edificio è articolato su due livelli, al piano terra il portale d'ingresso su piazza S. Maria Paganica, in bugnato inquadrato da colonne, immette in un vestibolo che conduce ad un cortile ad esedra, soluzione inedita nel contesto aquilano, da cui si accede allo scalone monumentale di reminescenze borrominiane. Il fronte venne completato solo nel 1955 con la realizzazione della balconata a quote variabili, progettata nel 1928. Il palazzo, rimasto a lungo inutilizzato, è stato acquisito dal Demanio dello Stato ed attualmente è in consegna al Ministero per i beni e le attività culturali.

⁴⁹⁷ C. BARTOLOMUCCI, G. BOTTI, A. DONATELLI, A. PLACIDI, M. ZUPPIROLI, *Dopo la catastrofe: una casistica rappresentativa dello stato dei monumenti danneggiati dai terremoti aquilano ed emiliano*, in «Materiali e strutture. Problemi di Conservazione», *Dopo l'emergenza. Restauro e ricostruzione*, nuova serie anno I, numero 1-2, 2012, pp.51-52.



Facciata su Piazza S. Maria Paganica⁴⁹⁸.

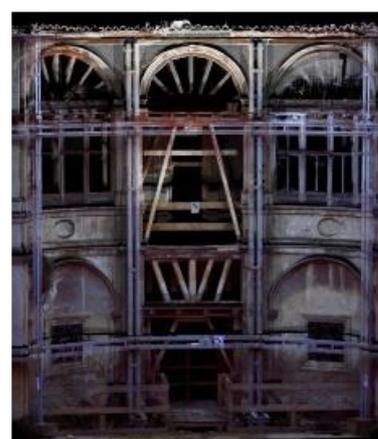


Pianta del piano nobile con indicazione degli interventi di miglioramento sismico.

Il sisma ha determinato seri danni, aggravati dallo stato di degrado all'edificio dovuto al prolungato inutilizzo. Si sono verificati estesi crolli della copertura, delle murature interne e delle volte leggere, oltre a diversi danni all'apparato decorativo. Le pareti del cortile presentano lesioni connesse all'innescò di un meccanismo di ribaltamento e crolli localizzati. I fronti esterni e quelli della corte interna sono stati trattenuti con un reticolo di profilati in acciaio, disposti in orizzontale e in verticale, tirantati con funi in acciaio. In corrispondenza dei crolli in copertura sono state realizzate tettoie provvisorie con onduline sottocoppo sostenute da strutture leggere a tubi e giunti. All'interno sono stati puntellati gli orizzontamenti mentre i vani di passaggio e le finestre del cortile sono stati controventati con elementi lignei.



Particolari di un ambiente interno dopo il sisma del 2009. I crolli del fronte sul cortile interno.



Particolare della loggia verso via Garibaldi.

L'edificio sarà adibito a sede della Direzione Regionale per i Beni Culturali per la Regione

⁴⁹⁸ http://www.aquilatv.it/uploads/news/1438782876-5291-aquilatrr054_big.jpg

Abruzzo e museo d'arte moderna e contemporanea. L'importo complessivo per il restauro dell'edificio, che ammonta a 5.200.000 euro, è finanziato interamente dal Governo russo⁴⁹⁹. I lavori di restauro e rifunzionalizzazione prevedono il consolidamento dell'intero edificio, che comprende anche la ricostruzione di parti strutturali in mattoni e la realizzazione di alcuni adeguamenti funzionali, come l'inserimento di nuovi collegamenti fra i piani.

Infine, fuori dal contesto della città de L'Aquila, due casi interessanti sono la Chiesa di S. Maria ad cryptas a Fossa e Palazzo Dragonetti – Rosati a Ripa di Fagnano, due località collocate nelle vicinanze de L'Aquila, a circa 15 Km.

La chiesa di S. Maria ad Cryptas⁵⁰⁰ è un piccolo edificio, completamente affrescato all'interno (fine XIII - inizi XIV sec.), caratterizzato da un impianto ad aula unica rettangolare con abside quasi quadrata, asimmetrica e lievemente inclinata rispetto alle pareti laterali. L'aula, scandita in tre campate da due coppie di lesene, è coperta da capriate lignee risalenti agli anni '60, posizionate sulla sommità delle pareti longitudinali, dalle quali emergono le imposte continue ed interrotte di una volta a botte. Un'edicola cinquecentesca voltata a vela si addossa all'ambiente nell'angolo sud, mentre una piccola scala al di sotto dell'arco trionfale conduce alla cripta. L'ambiente sotterraneo, ad impianto quasi quadrato, è coperto da una volta a vela in mattoni disposti di testa. Una volta a crociera sormonta, infine, l'abside, con i costoloni in blocchi lapidei che scandiscono l'intradosso riccamente dipinto. La facciata a capanna chiude il profilo della copertura a due falde, aprendosi con un portale ad arco sestiacuto in asse con una finestra rettangolare. La parete absidale è coronata da un timpano che svetta oltre il colmo del tetto; il muro di separazione fra aula e abside, a terminazione orizzontale, è sormontato da un campanile a vela. Il fianco longitudinale a nord-est, completamente chiuso, è trattenuto da contrafforti presso il muro di facciata e la parete di delimitazione fra aula e abside.

⁴⁹⁹ Il 26.04.2010 ha sottoscritto un accordo di programma con il Commissario delegato per la ricostruzione

⁵⁰⁰ C. BARTOLOMUCCI, G. BOTTI, A. DONATELLI, A. PLACIDI, M. ZUPPIROLI, *Dopo la catastrofe: una casistica rappresentativa dello stato dei monumenti danneggiati dai terremoti aquilano ed emiliano*, in «Materiali e strutture. Problemi di Conservazione», *Dopo l'emergenza. Restauro e ricostruzione*, nuova serie anno I, numero 1-2, 2012, p.61-62.



501



502

La ricostruzione delle fasi costruttive è controversa; le eterogenee evidenze costruttive, non facilmente leggibili, e la scarsità di documenti non consentono di dare un'unica interpretazione all'evoluzione storico costruttiva della chiesa.

Il sisma del 6 Aprile 2009 ha prevalentemente sollecitato la struttura in direzione longitudinale innescando un meccanismo di ribaltamento fuori dal piano sia della facciata sia del fronte posteriore, con la conseguente formazione di lesioni inclinate sulle pareti laterali, in prossimità dei cantonali, e il crollo di una porzione muraria della controfacciata nell'angolo ovest. La volta absidale ha riportato un sensibile danneggiamento, con lo scorrimento e la rotazione dei conci delle nervature e profondi distacchi dalle pareti d'innesto. Infine, il campanile a vela e il coronamento a cuspide del fronte absidale hanno subito significative dislocazioni, tanto da richiedere lo smontaggio degli elementi lapidei.

La chiesa di S. Maria ad Cryptas è stata oggetto di interventi di messa in sicurezza e restauro⁵⁰³ finanziati dalla Capgenimi Italia S.p.A. ad oggi concluso nelle lavorazioni strettamente strutturali e nel preconsolidamento delle superfici intonacate⁵⁰⁴.

Il progetto di restauro strutturale ha ricercato soluzioni in grado di riparare i danni causati dal recente terremoto e di migliorare il comportamento di insieme dell'edificio in caso di un futuro sisma, ma soprattutto tiene in considerazione significativi vincoli conservativi quali la presenza di superfici interne completamente affrescate e di apparecchi murari esterni lasciati in vista. Per tale ragione è stato necessario, in primo luogo, congelare lo stato di conservazione degli intonaci interni con l'applicazione di sottili strati di garze e la stuccatura

501

<http://www.archeoclublaquila.it/uploads/foto/foto%20borghi/Fossa%201/chiesa%20di%20S.%20Maria%20ad%20Cryptas,%20facciata.JPG>

502 <http://media-cdn.tripadvisor.com/media/photo-o/07/f5/ab/e5/santa-maria-ad-cryptas.jpg>

503 Progettisti: arch. Marco Porfiri; arch. Paola Brunori, consulente scientifico; ing. Giuseppe Carluccio, consulente strutturale

504 Impresa Iciet Engineering S.r.l.

di lesioni per consentire il consolidamento del nucleo murario di supporto. Un diffuso allentamento della tessitura muraria ha poi richiesto un'accurata rigenerazione delle malte con iniezioni di miscele speciali (a base di calce idraulica e aerea), realizzate nei paramenti esterni e opportunamente vagliate per garantire la compatibilità con i materiali in opera e non alterare gli affreschi. Per garantire una risposta strutturale d'insieme della fabbrica e non alterare la spazialità interna né il palinsesto murario esterno si è scelto d'introdurre un piatto in acciaio inox sulla sommità delle pareti, ancorandolo nelle murature con barre sub verticali, le falde di copertura sono state poi irrigidite con piatti metallici incrociati all'estradosso, mentre l'inserimento di cuciture in acciaio inox in corrispondenza dei cantonali migliora il collegamento fra setti murari. In corrispondenza delle nervature della volta absidale sono stati condotti locali smontaggi e ricollocazioni, con imperniature in acciaio inox, dei conci lapidei, mentre le pietre del campanile a vela e della cuspide del fronte absidale sono state rimontate introducendo mirati collegamenti metallici.



Le immagini evidenziano le cospicue opere di messa in sicurezza realizzate in seguito al sisma del 6 aprile 2009⁵⁰⁵

Infine, palazzo Dragonetti – Rosati a Ripa di Fagnano⁵⁰⁶ di proprietà privata, impostato su un terreno declive, presenta una configurazione planimetrica articolata, con corpi di fabbrica diversi per forma e dimensioni distribuiti attorno a un cortile centrale su tre piani, di cui uno semi-ipogeo.

⁵⁰⁵ http://www.culturaebeni.it/uploads/immagini/1292430268-8685-criptas8_big.jpg,
<http://annamariasantoro.yolasite.com/resources/a%20s%20maria%20ad%20cr.jpg>

⁵⁰⁶ C. BARTOLOMUCCI, G. BOTTI, A. DONATELLI, A. PLACIDI, M. ZUPPIROLI, *Dopo la catastrofe: una casistica rappresentativa dello stato dei monumenti danneggiati dai terremoti aquilano ed emiliano*, in «Materiali e strutture. Problemi di Conservazione», *Dopo l'emergenza. Restauro e ricostruzione*, nuova serie anno I, numero 1-2, 2012, pp.57-58.

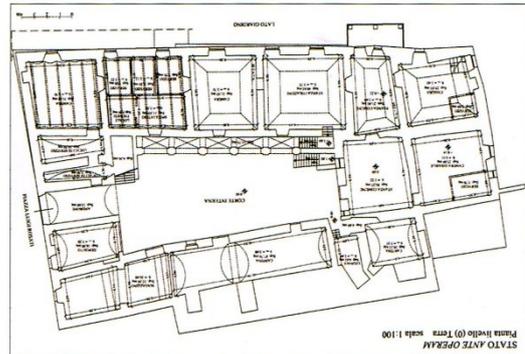


Fig. 43 - Palazzo Dragonetti – Rosati e il contesto circostante⁵⁰⁷.

Fig. 44 - Pianta Piano Terra di Palazzo Dragonetti – Rosati elaborato da P. Carusi⁵⁰⁸.

Sono evidenti diverse difformità costruttive, soprattutto negli spessori murari e nelle giaciture dei setti; alcune pareti non risultano poi coerentemente sovrapposte. Volte massive in pietra, spesso decorate all'intradosso, coprono la maggior parte degli ambienti mentre volte sottili in mattoni in foglio sormontano alcuni spazi verso monte. Tutte le coperture sono in legno e i tipi murari sono generalmente in bozze di pietra calcarea differenti per dimensioni, posa in opera, con sporadica presenza di laterizi. I maggiori presidi antisismici riscontrati, rispettivamente riconducibili a consolidamenti posteriori ai sismi settecenteschi e del 1915, consistono in contrafforti murari e tiranti orizzontali metallici. Inoltre, fra il 2005 e il 2007 l'edificio è stato oggetto di una ristrutturazione per realizzare un ristorante, con il rifacimento delle coperture, l'introduzione di un cordolo sommitale in c.a. e la sostituzione degli intonaci tradizionali con nuovi rivestimenti cementizi.



Figg. 45, 46, 47 Alcuni interni di Palazzo Dragonetti - Rosati⁵⁰⁹

Il sisma aquilano del 2009 ha generato numerosi dissesti nella fabbrica, perlopiù favoriti dalla vulnerabilità delle parti strutturalmente anomale; la presenza di catene e buone angolate e il cordolo sommitale hanno impedito crolli estesi, mentre l'assenza di un efficace irrigidimento nel piano ha comportato la formazione di gravose lesioni lungo tutte le volte e

⁵⁰⁷ http://commerciale.trovacasa.net/Ristoranti/Affitto/AQ/Fagnano_alto/TC-49122-20255462.html

⁵⁰⁸ C. BARTOLOMUCCI, G. BOTTI, A. DONATELLI, A. PLACIDI, M. ZUPPIROLI, *Dopo la catastrofe: una casistica rappresentativa dello stato dei monumenti danneggiati dai terremoti aquilano ed emiliano*, in «Materiali e strutture. Problemi di Conservazione», *Dopo l'emergenza. Restauro e ricostruzione*, nuova serie anno I, numero 1-2, 2012, p.57.

⁵⁰⁹ http://commerciale.trovacasa.net/Ristoranti/Affitto/AQ/Fagnano_alto/TC-49122-20255462.html

collassi localizzati in numerose pareti trasversali. Un certo comportamento di insieme si è opposto all'azione sismica, ma la maggior parte delle murature è risultata lesionata e allentata nella tessitura; inoltre, i fronti esterni perimetrali si sono distaccati dai setti trasversali rischiando un incipiente ribaltamento. Alcune decorazioni nelle volte sono state gravemente danneggiate, con il distacco di stucchi e di porzioni di intonaco ornato a tempera. Si segnala, infine, il crollo di buona parte del muro di contenimento del giardino retrostante il palazzo. I lavori per la riparazione dei danni causati dal terremoto del 2009 e per il miglioramento sismico⁵¹⁰ hanno contemplato: il consolidamento di tutte le murature con iniezioni diffuse eseguite con miscela a base di calce idraulica naturale, operazioni di 'scuci-cuci' nelle lesioni più marcate e l'irrigidimento di tutti gli architravi con profili metallici; la sigillatura delle lesioni nelle volte con miscela a base di calce idraulica naturale e la posa in opera sull'estradosso di fasciature in fibra di basalto; l'alloggiamento, al di sopra di tutte le volte, di un sistema metallico d'irrigidimento di piano costituito da un profilato 'L' o 'T' che corre lungo le pareti di ciascuno ambiente e da piatti diagonali; la posa in opera di catene orizzontali ancorate con piatti metallici parzialmente coperti dagli intonaci esterni; l'introduzione, in corrispondenza delle coperture, di accorgimenti metallici in grado di collegare le capriate ai muri d'ambito e il rinforzo del cordolo in c. a. esistente con barre d'acciaio verticali ancorate nelle murature; il restauro delle superfici architettoniche con opere di pulitura, consolidamento e trattamento delle lacune differenziato a seconda dei diversi casi; la riprogettazione di alcuni servizi igienici, temperando il rispetto degli spazi architettonici che connotano il palazzo e le esigenze richieste dalla destinazione d'uso odierna (residenze private e spazi ricettivi); la ricostruzione del muro di contenimento del giardino (in pietrame calcareo e ricorsi in laterizio allettati con malta fibrorinforzata) unitamente a un sistema di 'terre armate' per contenere la spinta del terreno retrostante.

⁵¹⁰ Progettati dall'arch. Pasqualino Carusi e ing. Alberto Viskovic e realizzati fra maggio 2011 e dicembre 2012 dall'Impresa Cingoli Nicola & figlio s.r.l. L'importo dei lavori è ammontato a 3.426.552,18 €.



Fig. 48 - Crollo di una porzione di parete trasversale con la caduta degli stucchi decorativi del camino, maggio 2011⁵¹¹.



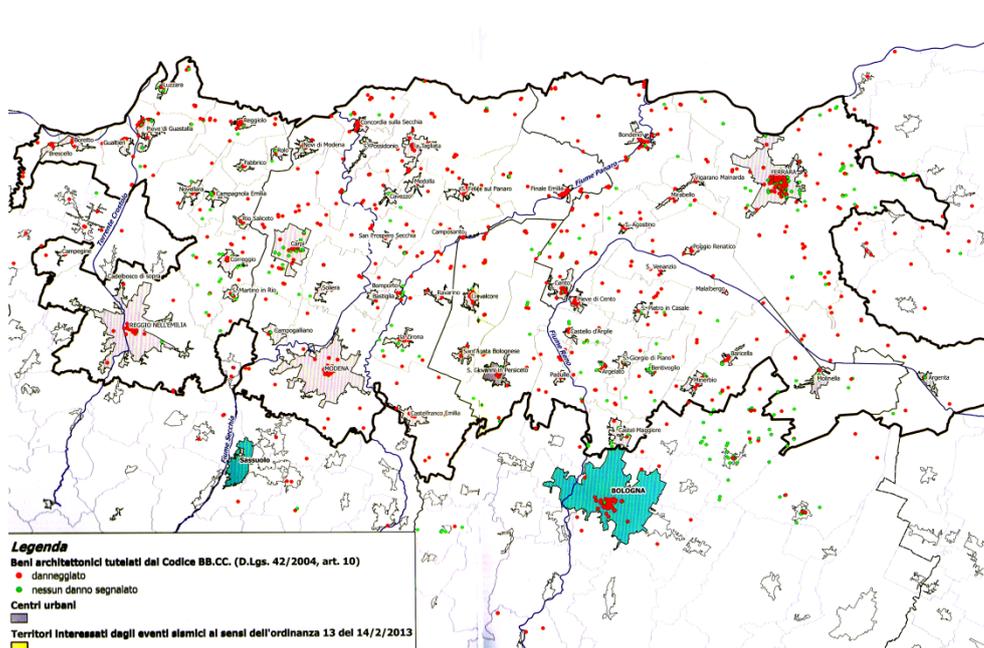
Fig. 49 - Irrigidimento di piano eseguito con profili e piatti metallici, dicembre 2011⁵¹².

⁵¹¹ C. BARTOLOMUCCI, G. BOTTI, A. DONATELLI, A. PLACIDI, M. ZUPPIROLI, *Dopo la catastrofe: una casistica rappresentativa dello stato dei monumenti danneggiati dai terremoti aquilano ed emiliano*, in «Materiali e strutture. Problemi di Conservazione», *Dopo l'emergenza. Restauro e ricostruzione*, nuova serie anno I, numero 1-2, 2012, p.58.

⁵¹² C. BARTOLOMUCCI, G. BOTTI, A. DONATELLI, A. PLACIDI, M. ZUPPIROLI, *Dopo la catastrofe: una casistica rappresentativa dello stato dei monumenti danneggiati dai terremoti aquilano ed emiliano*, in «Materiali e strutture. Problemi di Conservazione», *Dopo l'emergenza. Restauro e ricostruzione*, nuova serie anno I, numero 1-2, 2012, p.58.

L'Emilia (2012)

Il terremoto emiliano del 20 e 29 maggio 2012 si caratterizza innanzitutto per l'estensione territoriale; ha coinvolto 4 province, 55 comuni e 6 diocesi con danni diffusi e gravissimi a livello territoriale, diversamente da quanto accaduto nel terremoto aquilano, il cui cratere ha posto l'enorme problema dell'annientamento di un capoluogo di regione. Sono stati colpiti soprattutto piccoli comuni e località⁵¹³ dell'Alto ferrarese, un territorio connotato da un paesaggio piatto attraversato dai canali d'acqua delle bonifiche storiche⁵¹⁴ in cui sorgevano granai e case rurali. In questi luoghi il pericolo era tradizionalmente legato alle inondazioni, superato nel corso dei secoli attraverso radicali opere di incanalamento che interessarono le acque derivate dal Po e il corso del fiume Reno⁵¹⁵.



Inquadramento territoriale delle aree colpite dagli eventi sismici del 20 e 29 maggio 2012 con indicazione dei beni architettonici tutelati dal codice. Emerge la cospicua quantità di beni diffusi su di una vasta area, dei quali la maggior parte è risultato danneggiato dal sisma del 2012 (da C. DI FRANCESCO (a cura di), *A sei mesi dal sisma. Rapporto sui beni culturali in Emilia Romagna*, Carpi – Palazzo dei Pio, 20-21 Novembre 2012, Minerva Edizioni, marzo 2014).

Le scosse del 20 e 29 maggio hanno causato pesanti danni sia alle costruzioni rurali che al patrimonio architettonico. In particolare, sono risultati seriamente danneggiati monumenti e

⁵¹³ Camposanto, Carpi, Cavezzo, Concordia sulla Secchia, Finale Emilia, Medolla, Miradola, Novi di Modena, San Felice sul Panaro, San Possidoro, San Prospero in provincia di Modena; Crevalcore in provincia di Bologna, Moglia, Poggio Rustico, Quistello, San Giacomo delle Segnate in provincia di Mantova, Mirabello, Buonacompra, Sant'Agostino, Casumaro, Cento, Poggio Renatico, Vigarano, Bondeno

⁵¹⁴ Le bonifiche storiche risalgono all'età medioevale e rinascimentale, ad opera di Borso e Alfonso d'Este. Seguirono le bonifiche settecentesche fino a quelle più recenti del secolo scorso; sono le cosiddette 'Terre vecchie', propaggini occidentali del vecchio ducato estense.

⁵¹⁵ A. Ranaldi, I danni del sisma nel ferrarese. Memorie 2012 e 1570, in C. DI FRANCESCO (a cura di), *A sei mesi dal sisma. Rapporto sui beni culturali in Emilia Romagna*, Carpi – Palazzo dei Pio, 20-21 Novembre 2012, Minerva Edizioni, marzo 2014, p.57.

luoghi di interesse artistico compresi in un'ampia area da Mantova⁵¹⁶ a Modena⁵¹⁷ a Ferrara⁵¹⁸ ad alcuni comuni della provincia di Bologna⁵¹⁹, le cui rispettive province sono risultate essere le più gravemente colpite e danneggiate dagli eventi sismici. I danni del sisma in Emilia Romagna sono stati stimati⁵²⁰ in 12 miliardi e 202 milioni di euro⁵²¹ di cui 2 miliardi e 75 milioni di danni ai beni storico-culturali e agli edifici religiosi; in questa stima riferita al patrimonio architettonico sono stati compresi teatri, cinema, biblioteche, strutture sportive e beni di proprietà della Chiesa. Gli edifici di culto coinvolti sono stati 782; tra questi, le chiese e i campanili parzialmente o totalmente distrutti ammontano a 530⁵²². In altri termini, il sisma in Emilia ha colpito ben 2200 edifici tutelati. A sei mesi dal sisma è stato effettuato il monitoraggio completo di circa 500 chiese e sono stati adottati i primissimi

⁵¹⁶ Nella provincia di Mantova il patrimonio artistico e monumentale dei comuni colpiti ha subito danni ingentissimi: secondo la sovrintendenza sono state 129 le chiese danneggiate e 83 quelle inagibili. I casi più gravi di chiese a codice rosso riguardano le Chiese di Moglia e di Quistello e le parrocchiali di Poggio Rusco, San Giovanni del Dosso, San Giacomo delle Segnate e Bondeno di Gonzaga; il complesso Monastico di San Benedetto. I centri storici di Moglia, Bondeno di Gonzaga, Quistello, Poggio Rusco e San Giacomo delle Segnate, esattamente come in Emilia, si sono trasformati in zone rosse.

⁵¹⁷ Il territorio colpito dal sisma nella provincia di Modena comprende un'area di 967 chilometri quadrati, pari al 36% dell'intero territorio provinciale, al cui interno vivono oltre 227 mila persone. La prima scossa del 20 maggio ha colpito duramente soprattutto le aree di San Felice sul Panaro, Finale Emilia e Canaletto. A Mirandola si sono avuti danni gravi al Castello dei Pico, al palazzo comunale, al duomo e alla chiesa di San Francesco. A Finale Emilia si sono verificati crolli e lesioni serie alla Rocca Estense, al duomo ed alla torre dell'orologio. A Cavezzo sono rimasti seriamente danneggiati tre quarti degli edifici del centro storico; così come a San Possidonio e a San Prospero. A Soliera il sisma ha reso inagibili le due scuole principali del comune e il castello della città ospitante la biblioteca comunale. A Concordia sulla Secchia è crollata la quasi totalità del centro storico, a Novi di Modena la torre dell'orologio. In sintesi, i comuni di Camposanto, Carpi, Cavezzo, Concordia sulla Secchia, Finale Emilia, Medolla, Mirandola, Novi di Modena, San Felice sul Panaro, San Possidonio e San Prospero sono quelli che hanno subito il maggior numero di danni.

⁵¹⁸ Nella provincia di Ferrara, similmente alla provincia modenese, il territorio colpito dal sisma comprende un'area di 818 chilometri quadrati, pari al 31% dell'intero territorio provinciale, al cui interno vivono circa 214 mila persone. Si sono verificate numerose lesioni e crolli parziali alla maggior parte degli edifici storici. I comuni in cui si sono verificati i danni più gravi sono stati Bondeno, Cento, Mirabello, Poggio Renatico e Sant'Agostino. I danni più gravi al patrimonio storico e artistico sono stati il crollo e il grave danneggiamento della chiesa di San Paolo a Mirabello, il crollo della torre dell'orologio del Castello Lambertini a Poggio Renatico, ed il crollo di parte del Palazzo Mosti a Pilastrini di Bondeno. Gravi danni anche a chiese e municipi: a Sant'Agostino parte del municipio è crollato in diretta tv, mentre a Bondeno, le chiese delle frazioni di Gavello e Stellata, ma soprattutto quelle di Burana e Pilastrini sono state fra le più danneggiate della zona, semidistrutte. A Cento gravi danni al Municipio, al Teatro, alla Pinacoteca oltre a tutte le chiese e campanili, tra cui l'Oratorio della Crocetta⁵¹⁸ e quelle delle frazioni di Buonacompra, di Alberone di Cento e di Casumaro. Danneggiati irrimediabilmente l'80% degli edifici scolastici del comune e delle sue frazioni, oltre a numerosissime abitazioni. Seri danni anche alla città di Ferrara dove risultano gravemente danneggiati o inagibili numerosi edifici pubblici, danni seri al patrimonio artistico e religioso, agli edifici scolastici, all'università ed all'ospedale. Circa 8000 abitazioni private gravemente danneggiate, di cui 4000 parzialmente o completamente inagibili, con alcune centinaia di sfollati.

⁵¹⁹ In provincia di Bologna, a Crevalcore, il centro storico è stato dichiarato zona rossa a seguito di numerosi crolli e sono stati danneggiati anche il Castello di Galeazza e il Castello Ronchi oltre a tutte le chiese delle frazioni.

⁵²⁰ Relazione inviata alla Commissione UE

⁵²¹ Così ripartiti: 676 milioni per i provvedimenti di emergenza; 3 miliardi e 285 milioni di danni all'edilizia residenziale; 5 miliardi e 237 milioni di danni alle attività produttive; 2 miliardi e 75 milioni di danni ai beni storico-culturali e agli edifici religiosi; la quota restante è suddivisa fra edifici e servizi pubblici e infrastrutture.

⁵²² GIBERTI M., *Il terremoto in Emilia*, in «MATERIA», n.75-76, giugno 2013, p. 51.

provvedimenti di messa in sicurezza e valutazione dei danni; ben 366 progetti sono pervenuti alla Direzione Regionale per i Beni Culturali e Paesaggistici⁵²³. La priorità è stata ovviamente data alla realizzazione di opere provvisoriale per la messa in sicurezza del patrimonio edilizio, così come alla schedatura degli edifici per avere un quadro completo prima di intervenire⁵²⁴. In generale, a differenza di quanto accaduto in Abruzzo pochi anni prima, c'è stata una forte mobilitazione delle energie locali e ciò pare abbia innescato un processo virtuoso, nonostante alcune frettolose demolizioni di importanti testimonianze storiche⁵²⁵.



Edifici all'incrocio tra via della Pace e via G. Garibaldi, Concordia sulla Secchia, 2012. L'immagine è tratta Foto di M. Pellegrini, in M. PELLEGRINI, D. VERDIANI, *Terremoti italiani. Fotografie di Damiano Verdiani e Mauro Pellegrini*, 2012.



Via G. Garibaldi, Concordia sulla Secchia, 2012. L'immagine è tratta Foto di M. Pellegrini, in M. PELLEGRINI, D. VERDIANI, *Terremoti italiani. Fotografie di Damiano Verdiani e Mauro Pellegrini*, 2012.

La gravità dei danni prodotti dal sisma è stata conseguenza dei materiali e delle modalità costruttive adottati nel contesto territoriale emiliano in cui, per secoli, si è usato edificare con murature di modesta resistenza meccanica, realizzate con malte di qualità scadente a base di calce e terra o, più spesso, mal costruite, costituite da muri raddoppiati, slegati o riempiti di materiale incoerente. I solai e le coperture, montati sui muri senza collegamenti, sono generalmente in legno, e gli elementi di rifinitura, ad esempio i soffitti, sono in canne palustri e gesso o in mattoni messi in opera di piatto. Inoltre, anche in presenza di volte, le

⁵²³ Per quel che riguarda le risorse a disposizione del Ministero, a sei mesi dal sisma, la Direzione regionale dei Beni Culturali dell'Emilia-Romagna disponeva di sette milioni di euro, di cui 4 derivanti dalla legge 122 del 2012 ed i rimanenti dai fondi del MiBAC. Con queste cifre si è provveduto anche a coprire i costi per le missioni straordinarie del personale addetto alle operazioni nel corso dell'emergenza sisma. I dati riportati in questa nota sono desunti dalle dichiarazioni dell'allora Ministro per i Beni e le Attività Culturali, L. Ornaghi, in C. Di Francesco (a cura di), *A sei mesi dal sisma. Rapporto sui beni culturali in Emilia Romagna*, Carpi – Palazzo dei Pio, 20-21 Novembre 2012, Minerva Edizioni, marzo 2014, p.14.

⁵²⁴ M. GIBERTI, *Il terremoto in Emilia*, in «MATERIA», n75-76, giugno 2013, p. 55.

⁵²⁵ Campanile della chiesa di San Martino nella frazione di Buonacompra di Cento e il Municipio del Comune di Sant'Agostino, palazzetto tardo ottocentesco. Si aggiunge a questi casi il campanile della chiesa parrocchiale di Poggio Renatico, la cui demolizione è stata trasmessa in onda tv, a mò di propaganda contro la mala gestione dell'emergenza dei beni culturali sebbene il campanile non fosse tutelato.

catene sono insufficienti o assenti e, in generale, mancano i presidi utili a legare elementi verticali ed orizzontali.



Vista dall'alto del centro storico di Concordia sulla Secchia, 2012. L'immagine è tratta da Foto di M. Pellegrini, in M. PELLEGRINI, D. VERDIANI, *Terremoti italiani. Fotografie di Damiano Verdiani e Mauro Pellegrini*, 2012.

Materiali, modalità costruttive della tradizione, la storia stessa degli edifici, fatta di continue modifiche, hanno prodotto strutture particolarmente deboli nei confronti del sisma. La situazione di danno è estesa a tutte le tipologie del patrimonio culturale – chiese, castelli, rocche, palazzi, torri, conventi, scuole, cimiteri, ville e corti rurali – e, più in generale, agli edifici in muratura⁵²⁶. In particolare, per quanto riguarda l'architettura religiosa questa si presenta con caratteristiche comuni: le chiese si articolano con una pianta semplice ad aula unica o a tre navate, in facciata sono caratterizzate da modesti rilievi che le scandiscono verticalmente o da ampie paraste che sorreggono sobri timpani triangolari o più raramente semicircolari; i fronti rimarcati da cornici importanti e marcapiani sono movimentati da nicchie nude o arricchite da statue, a volte da rilievi e riquadri appena accennati. Queste chiese, dall'aspetto imponente, sono spesso strutture fragili, in muratura a vista o intonacata e sono, di norma, affiancate da campanili possenti e isolati o da strutture che si incastonano tra l'aula ed il transetto o la sagrestia dell'edificio sacro e costituiscono un tutt'uno con questo. I crolli hanno evidenziato le sezioni murarie dalle quali è stato possibile osservare la natura dei muri portanti costituiti da due, tre, a volte addirittura quattro pareti adiacenti – composte da mattoni poco cotti murati a correre, con malte povere – collegate tra loro solamente con qualche mattone posizionato di testa e spesso non ammorsato. Nelle chiese

⁵²⁶ Per approfondimenti Cfr. AA. VV., *Comportamento degli edifici in muratura nella sequenza sismica del 2012 in Emilia*, in «Progettazione Sismica» n.3/2012.

spesso le travi in legno e le capriate si sono sfilate dagli alloggiamenti e sono precipitate sulle volte di mattoni in foglio o canniccio, provocando pesanti crolli con la conseguente perdita di stucchi e pitture murali; i detriti provenienti dalle parti sommitali delle murature, si sono incuneati tra le pareti contigue, creando delle ampie sacche di calcinacci che hanno contribuito a spingere in fuori le murature provocando ulteriori crolli. Nelle facciate, la rotazione verso l'esterno del timpano ha causato il distacco di questo dalle pareti longitudinali alle quali raramente era ammorsato. In altri numerosi casi, il distacco del timpano ha, invece, provocato il crollo di parte o di tutta la copertura della prima campata della navata che si è trovata priva degli appoggi di testa. In sostanza, il sisma ha messo in crisi il valore identitario di un vasto territorio; un paesaggio che reca i segni di un popolamento antico e diffuso, in cui ogni epoca ha contribuito alla costruzione del quadro attuale: il rinascimento è l'anima di interi paesi; le grandi chiese della controriforma, con gli alti campanili, sono diventati punti focali di una natura 'piatta'; si aggiungono i canali, i manufatti idraulici, i caselli del latte, i maceri, le case sparse. Un'architettura che rappresenta la tradizione e la cultura di questi luoghi, spesso dimenticata, e da cui è emersa una grande fragilità strutturale intrinseca⁵²⁷.

Le operazioni di primo intervento in Emilia hanno consentito di impostare un rapporto di strettissima collaborazione fra i vari livelli istituzionali e fra tutti i soggetti coinvolti. A sei mesi dal sisma tutti i campi di accoglienza sono stati chiusi, le scuole riaperte e i municipi hanno cominciato a riprendere le loro funzioni. L'obiettivo dei primi momenti dell'emergenza è stato duplice: da una parte salvare i beni dal punto di vista storico e monumentale e dall'altra identificare il ruolo che questi luoghi svolgono a livello di servizio nella comunità per riconsegnarli alla collettività. L'Assessore all'urbanistica della regione Emilia Romagna, Alfredo Peri,⁵²⁸ ha sottolineato che il territorio va concepito come un organismo unico, «*Non ci sono pezzi che si devono salvare da soli, ma si deve salvare l'organismo nel suo insieme, sapendo che la priorità sono le funzioni vitali da fornire alla nostra comunità: i servizi, l'abitazione, il lavoro, il patrimonio dei beni culturali, ambientali e paesistici*»⁵²⁹.

⁵²⁷ P. GRIFONI, *Tradizione e territorio: l'architettura religiosa come testimonianza diffusa dei paesi colpiti dal sisma*, in C. DI FRANCESCO (a cura di), *A sei mesi dal sisma. Rapporto sui beni culturali in Emilia-Romagna*, Carpi – Palazzo dei Pio, 20-21 novembre 2012, Minerva Edizioni, marzo 2014, p. 51.

⁵²⁸ Assessore alla Programmazione territoriale, urbanistica, reti di infrastrutture materiali e immateriali, mobilità, logistica e trasporti della Regione Emilia-Romagna

⁵²⁹ A. Peri, contributo in *A sei mesi dal sisma. Rapporto sui beni culturali in Emilia-Romagna*, Carpi – Palazzo dei Pio, 20-21 novembre 2012, Minerva Edizioni, marzo 2014, p.9.

Le attività di salvaguardia del patrimonio architettonico di interesse culturale si sono svolte facendo ampio ricorso alle precedenti esperienze, ma con un nuovo e diverso modello di gestione dell'emergenza, facente capo direttamente al MiBACT⁵³⁰. Fin dal primo giorno un primo gruppo di funzionari della Soprintendenza⁵³¹ ha svolto la ricognizione dei comuni di Mirabello, Casumaro, Reno Finalese, Fiale Emilia, Mortizzuolo, San Felice sul Panaro che ha rivelato le proporzioni catastrofiche dell'evento; intanto anche un secondo gruppo constatava i danni nei comuni della provincia di Bologna. Ogni giorno circa 20-25 tecnici tra architetti, storici, restauratori, archeologi del MiBACT insieme ai Vigili del Fuoco sono stati impegnati sul campo per sopralluoghi speditivi, necessari a formare un quadro generale della situazione e delle urgenze. Puntellare, cerchiare e sostenere sono state le parole d'ordine⁵³². Una commissione unica istituita presso la Direzione Regionale, composta dai soprintendenti e dal Direttore Regionale ha istruito ed esaminato i progetti più complessi di riparazione e di miglioramento sismico, al fine di evitare il pericolo di difformità di valutazione⁵³³. Questa organizzazione⁵³⁴ ha mirato ad una logica di lavoro tra le soprintendenze competenti per territori diversi per conseguire qualità nei risultati⁵³⁵. Nel caso di progetti di riparazione e di miglioramento locale è emerso nella maggior parte dei casi che la progettazione consisteva in una serie di interventi avulsi da qualunque base conoscitiva dell'edificio, delle sue intrinseche qualità storico-artistiche, e di valutazione del danno realmente provocato dal sisma; le operazioni risultavano ingiustificate, inutili e dannose e conducevano ad ampie sopravvalutazioni economiche. Però, salvo rarissimi casi, anziché respingere i progetti, si è preferito agire mediante richiesta di integrazioni e giustificazione delle scelte, con invito al colloquio presso lo sportello di supporto per i progettisti, appositamente istituito, composto da funzionari interni e consulenti specialisti in beni culturali. Questa modalità di rapporto con il mondo professionale è stata ritenuta efficace per raggiungere la finalità di definire progetti di qualità, in grado di riparare e

⁵³⁰ Sono state istituite l'Unità di Crisi-Coordinamento Nazionale (UCCN-MIBACT) per il coordinamento generale e le Unità di Crisi-Coordinamento Regionale (UCCR-MIBACT) facenti capo ai Direttori Regionali territorialmente competenti per il coordinamento e lo svolgimento delle attività sul campo.

⁵³¹ Insieme al Comando Carabinieri Tutela Patrimonio Culturale.

⁵³² Queste azioni operative di pronto intervento sono state intraprese ad opera dell'articolo 27 del Codice dei Beni Culturali e del Paesaggio, D. Lgs 42/2004: «*Nel caso di assoluta urgenza possono essere effettuati gli interventi provvisori indispensabili per evitare danni al bene tutelato, purché ne sia data immediata comunicazione alla soprintendenza, alla quale sono tempestivamente inviati i progetti degli interventi definitivi per la necessaria autorizzazione*».

⁵³³ La lettura delle proposte progettuali ed il relativo giudizio di compatibilità è attività di discrezionalità tecnica che sottende l'autorizzazione ai sensi dell'articolo 21 del codice

⁵³⁴ Formalizzata con DPR n.303 del 24 settembre 2012

⁵³⁵ A sei mesi dal sisma sono pervenuti 366 progetti dei quali 262 esaminati in commissione, con 259 autorizzati e 3 respinti; 48 in fase di esame e 56 in attesa di integrazioni.

migliorare gli edifici secondo modalità compatibili con i criteri di minimo intervento e conservazione. La Direzione generale dei Beni Culturali in Emilia ha ritenuto fondamentale imprimere fin da subito una linea basata sui criteri della conservazione; in questo modo i tempi delle autorizzazioni per i progetti di qualità sono stati notevolmente ridotti.

La direzione regionale per i beni culturali e paesaggistici dell'Emilia Romagna ha censito al 2012 circa 1400 beni complessi danneggiati di interesse storico – artistico ed avviato la complessa schedatura prevista in questi casi dal Ministero per i beni e le attività culturali⁵³⁶: Dopo i sopralluoghi di urgenza⁵³⁷, eseguiti dal 21 maggio al 19 giugno, è cominciata una fase di sistematica schedatura del danno, preceduta da un lavoro di costruzione del database relazionale e GIS, tra loro collegati per l'individuazione univoca ed esatta di ciascun bene tutelato sul territorio e per partire in modo ordinato senza perdere documentazione. Poi, secondo quanto dettato dalla normativa del 2006, per ciascun edificio, è stata predisposta e compilata una scheda del danno⁵³⁸. La schedatura ha il duplice scopo di studiare i meccanismi di danno ai quali la struttura è sensibile e quelli effettivamente attivati dal sisma, nonché la gravità degli effetti; in questo modo si valuta un primo indice di danno e si stima un valore economico indicativo degli interventi di riparazione e miglioramento sismico necessari per ciascun edificio. In particolare, per quanto riguarda la valutazione economica delle opere, è stato istituito un Gruppo di validazione che ha studiato i parametri oggettivi ai quali fare riferimento, e redatto le valutazioni per ottenere indicazioni di fabbisogno

⁵³⁶ La schedatura al 4 dicembre 2015 contemplava 7789 schede. Al termine dell'emergenza, nel 2012, le schede erano già 2500, sebbene ritenute spesso inadeguate al tipo di emergenza, per la complessità delle risposte e per l'enorme varietà di tipologie difficilmente catalogabile. Tali schede, inoltre, secondo il parere dell'arch. Carla Di Francesco, Direttore Regionale per i Beni Culturali e Paesaggistici dell'Emilia Romagna, sono in forte sovrapposizione con le schede AEDES, compilate a cura della protezione civile, per cui l'esigenza primaria è stata quella di un buon coordinamento con la Direzione regionale, spesso tenuta a margine del processo decisionale nel momento dell'emergenza. I Vigili del Fuoco, seppur determinanti nell'emergenza, sono stati più riflessivi rispetto al terremoto aquilano, dove erano rimasti imbrigliati nella compilazione delle schede AEDES.

⁵³⁷ Per il rilevamento sul campo è stata istituita nell'ambito dell'UCR – Ufficio Centrale Regionale – una specifica unità tecnico-organizzativa, che si è occupata di individuare i beni, comporre le squadre, prendere i contatti con i Comuni ed i proprietari, fornire alle squadre che eseguono il sopralluogo il materiale di base: planimetrie catastali, rilievi, fotografie pre-sisma, restauri documentati, elementi di storia ed informazioni utili a comprendere al meglio l'edificio o il complesso di edifici rilevati. Le squadre, a loro volta, sono state composte da un funzionario architetto MiBAC, da un vigile del fuoco e un ingegnere strutturista. Quando da settembre 2012 è mancata la disponibilità degli ingegneri strutturisti da parte delle Università si è dovuto ricorrere a volontari o ad incarichi esterni.

⁵³⁸ Le schede corrispondono a due modelli A- DC per le chiese e B-DP per i palazzi. I funzionari hanno registrato difficoltà nella compilazione delle schede, soprattutto nel caso di ville e palazzi storici, data la molteplicità di caratteristiche e variabili di cui tener conto. Inoltre, non sono presenti schede dedicate per biblioteche, teatri, ecc.

attendibili e confrontabili⁵³⁹.

Cercando di comprendere meglio quanto sia stato svolto in termini di conservazione e sicurezza all'indomani del sisma del 2012, un primo cenno merita la città di Ferrara dove, a sei mesi dal sisma, il terremoto sembrava non essersi verificato: non c'erano stati crolli, i palazzi sembravano esternamente integri e le macerie dalle strade erano tutte state rimosse. La città di Ferrara è stata subito oggetto di un grande lavoro di messa in sicurezza degli edifici, con un impegno di tipo sia pubblico che privato. Basti pensare che il castello estense, nonostante il crollo della Lanterna della Torre dei Leoni e il danneggiamento della Torre di Santa Caterina, è stato quasi subito aperto al pubblico; le torri sono state parzialmente consolidate e la struttura è ora in attesa di ulteriori interventi. La città pare aver cancellato da subito l'immagine più evidente del terremoto, nonostante le ferite inferte al patrimonio architettonico siano state numerose e molto gravi: quasi tutte le chiese del centro storico erano state dichiarate inagibili e chiuse al pubblico⁵⁴⁰; i più importanti musei della città⁵⁴¹ avevano subito danni gravi e, quindi, sono stati poi oggetto di importanti interventi.



Fig. - Sala voltata con affreschi nel Castello Estense di Ferrara. Sebbene il castello sia stato da subito accessibile al pubblico, gli affreschi di tutto il complesso sono in attesa di interventi di restauro per i danni subiti in seguito al sisma del 2012. Foto 31 dicembre 2015.

Il principio generale che ha guidato la fase successiva l'emergenza è stato quello di una

⁵³⁹ I risultati pratici del grande e capillare lavoro di schedatura sono proprio nella valutazione economica, che, consegnata agli uffici del Commissario Delegato, costituisce il valore di riferimento per l'assegnazione dei fondi pubblici agli edifici danneggiati.

⁵⁴⁰ Ricordiamo tra le tante le chiese rinascimentali quella di San Francesco di Biagio Rossetti, di Santa Maria in Vado e Santo Spirito; le chiese seicentesche e settecentesche, come la chiesa del Gesù, la chiesa di San Girolamo, Santa Chiara, San Domenico.

⁵⁴¹ Museo di Casa Romei, Museo Archeologico Nazionale nel Palazzo di Ludovico il Moro, la Pinacoteca Nazionale al primo piano di Palazzo dei Diamanti.

visione culturale d'insieme, strategica, per riallacciare il profilo della città storica alle esigenze del futuro. Ad aprile 2015⁵⁴² erano in corso 17 progetti di ripristino e di miglioramento sismico. In ogni intervento è stato posto in evidenza un forte legame tra la disciplina del restauro e le politiche di rigenerazione urbana: gli interventi hanno tenuto conto non solo della salvaguardia degli aspetti architettonici, avvalendosi di tutti gli strumenti utili per un buon progetto di restauro, ma hanno dialogato anche con analisi sociali ed economiche, in particolare legate poi ai costi di gestione, nella scelta delle funzioni e delle azioni da intraprendere⁵⁴³.

Nel complesso da maggio 2012 ad aprile 2015, in circa 3 anni, sono stati realizzati interventi per 12 milioni di euro nel campo dell'edilizia residenziale pubblica e privata; altri 32 milioni⁵⁴⁴ sono stati destinati al piano delle opere pubbliche. Sono numeri che danno il senso delle azioni messe in campo e compiute. All'interno del programma degli interventi, in 40 casi, il Comune di Ferrara ha svolto il ruolo di stazione appaltante: da maggio 2012 a marzo 2015 ci sono stati 12 decreti di assegnazione dei lavori⁵⁴⁵. Si è cercato di creare nuove opportunità territoriali dall'evento sismico. Anche il programma municipi ha rappresentato un'iniziativa importante che si è conclusa nel 2014 e che ha previsto 700.000 euro di interventi per il recupero e la riorganizzazione delle sedi municipali⁵⁴⁶ con l'accorpamento dei servizi per ottenere una maggiore funzionalità e minori costi di gestione; in questo modo alcune sedi sono state liberate per affidarle in gestione a diversi tipi di associazioni⁵⁴⁷.

La fortuna emiliana rispetto a quella abruzzese è stata, in un certo senso, quella di un terremoto forte ma non distruttivo che ha permesso di parlare di rigenerazione e non di ricostruzione. L'obiettivo del piano successivo l'emergenza è stato di coinvolgere il maggior numero di professionisti attraverso una selezione degli operatori tecnici del settore da parte del comune da far poi lavorare insieme; l'iniziativa si è concretizzata con l'affidamento di 68 incarichi professionali e la realizzazione 4 laboratori di restauro con il sostegno di 5 restauratori. Questa metodologia di impostazione del lavoro ha prodotto un proficuo scambio delle conoscenze tra gli stessi professionisti. Il tema principale per ogni area d'intervento individuata, ha riguardato la riparazione del danno ma l'approccio e la sensibilità della disciplina del restauro ha permesso da subito di cogliere le potenzialità degli interventi anche

⁵⁴² I dati sono riferiti al Salone del Restauro di Ferrare, 6-9 maggio 2015.

⁵⁴³ Note tratte dall'intervento dell'arch. Natascia Frasson, Responsabile U.O. Beni Monumentali, Centro storico Comune di Ferrara, *Una visione d'insieme sulla progettazione post-sisma*, Salone del Restauro, Ferrara, 7 maggio 2015

⁵⁴⁴ Di cui 21,5 milioni disposti dalla regione, 10 milioni dai rimborsi assicurativi e 0,5 milioni dagli sms solidali.

⁵⁴⁵ 6 in fase preliminare, 4 con richiesta di intervento e 18 in fase esecutiva.

⁵⁴⁶ Il costo dei lavori sul Palazzo municipale hanno pesato per circa 600.000 dei 700.000 euro investiti.

⁵⁴⁷ Come la Casa del Volontariato o Italia Nostra.

in termini di valorizzazione, altro aspetto saliente di ciascun progetto. Il terremoto ha colpito in modo puntuale le debolezze dei fabbricati e ciò ha permesso di comprendere i punti cruciali su cui intervenire con rafforzamenti locali per il miglioramento sismico delle strutture; poi, senza dimenticare le relazioni con il contesto, si è inquadrato l'intervento strutturale in un più ampio piano di rigenerazione urbana. Si deve inoltre sottolineare la stretta collaborazione tra le diverse forze politiche in campo, ovvero il Comune, l'Università e la Curia. La 'ricostruzione' è sempre legata alla rigenerazione di spazi importanti, per i quali, già prima del sisma, si prevedeva di intervenire. In particolare tra i progetti improntati sul tema delle connessioni degli aggregati urbani individuati si evidenziano il progetto di ampliamento delle aree di attività della Biblioteca Ariostea grazie alla riconnessione urbana con casa Minerva e casa Niccolini⁵⁴⁸; il progetto per il sistema di Palazzo Massari – Cavalieri di Malta⁵⁴⁹; il progetto di riconnessione di Porta Paola al circuito delle mura cittadine e il progetto di riparazione e miglioramento strutturale del Palazzo dei Diamanti e della Pinacoteca Nazionale Museo Antonioni insieme con il Museo del Risorgimento⁵⁵⁰.

Il progetto per casa Niccolini: il sistema biblioteche

Casa Niccolini, situata all'angolo di via Paradiso e via Gioco del Pallone, è una costruzione estremamente povera. Si tratta di un edificio di origine medievale trasformato nel corso dei secoli XIX e XX. In una descrizione del 1669 si parla di un'abitazione a due piani dotata di magazzino e stalla al piano terra e caratterizzata da una corte antistante al portone d'ingresso, da un cortile interno laterale e da un 'cortiletto'. Dalla documentazione settecentesca si evince che l'immobile era formato da due corpi di fabbrica, ancora oggi riconoscibili, sia pure notevolmente modificati, ed anche i prospetti presentavano uno spartito architettonico che in gran parte non coincideva con lo stato attuale. La casa assume particolare interesse storico, in quanto fu la dimora di Pietro Niccolini (1866-1939) dalla nascita alla morte, personaggio di primo piano della Ferrara di inizio Novecento. Questi, oltre ad essere conosciuto come giornalista e saggista, rivestì la carica di Sindaco della città, di senatore e di presidente della Società Dante Alighieri, di cui fu il fondatore. Il senatore Niccolini alla sua morte lasciò l'immobile all'Opera Pia 'Lascito Niccolini'; nel 1987 l'Amministrazione Comunale decise di acquistare lo storico fabbricato⁵⁵¹. A quell'epoca la casa si presentava in cattivo stato di manutenzione. Nel 2008 la copertura comincia a dare segni di cedimento

⁵⁴⁸ arch. Raffaella Vitale.

⁵⁴⁹ Arch. Raffaella Vitale e Antonio Ravalli.

⁵⁵⁰ Renata Fochesato Paolo Fasolato studio AEDITECNE, specializzati in restauro dei monumenti con all'attivo importanti restauri di castelli, edifici di culto, ville e palazzi.

⁵⁵¹ Il fabbricato di Casa Niccolini divenne a tutti gli effetti di proprietà del Comune nel 1990.

e viene sostituita; inoltre, si provvede all'abbattimento di una parte di un corpo annesso particolarmente fatiscente. Il progetto prevede l'utilizzo di Casa Niccolini come ampliamento degli spazi dell'adiacente Biblioteca Ariostea, da destinare a biblioteca per ragazzi. Il valore del progetto di casa Niccolini consiste nella visione unitaria dell'area, ovvero nel ripensare in senso unitario un manufatto certamente meno importante sotto il profilo storico architettonico di Palazzo Massari o di altri casi studio. Il costo del progetto di restauro e miglioramento sismico è di circa € 1.150.000 euro e consiste nella ricostruzione dei solai lignei crollati; nel rifacimento del primo calpestio con inserimento di igloo per l'isolamento, nell'inserimento di tiranti in copertura e nella ricostruzione del corpo precedentemente abbattuto nel 2008 per l'inserimento dei locali di servizio necessari alla funzione di biblioteca per ragazzi che si intende realizzare. Particolare importanza assumono gli interventi di adeguamento impiantistico con particolare attenzione all'impiego di fonti rinnovabili: la parte ricostruita presenta una facciata ventilata rifinita con pannelli di rame aggraffati, soddisfacendo in questo modo la volontà della Soprintendenza di impiego di una tecnologia nuova con materiali della tradizione.

Palazzo Massari – Cavalieri di Malta: una cerniera tra polo museale di arte moderna e il sistema paesaggistico.

I due palazzi hanno in comune il piano nobile, generalmente usato per le esposizioni, ma la potenzialità del complesso è ben maggiore. È l'unico dichiarato inagibile, sebbene il deposito e il padiglione dell'arte contemporanea non hanno subito nessun danno. Il progetto è stato suddiviso in due lotti, il secondo lotto in 5 stralci. Il primo lotto riguarda la riparazione e il miglioramento strutturale post sisma con il restauro delle facciate; il secondo lotto, invece, consiste nell'adeguamento funzionale; il primo stralcio, in particolare, riguarda il restauro del piano nobile con la realizzazione di un nuovo allestimento museale. Il palazzo ha subito diversi ampliamenti dal 1597 al 1996. Il salone al piano superiore è una sopraelevazione del 1740 realizzata in occasione delle nozze di Bevilacqua e costituisce un elemento di vulnerabilità per l'intero complesso. Per il consolidamento delle coperture sono stati inseriti telai in acciaio nelle capriate e nei solai. Anche le pavimentazioni sono state oggetto di particolari cure: è stato predisposto lo smontaggio e rimontaggio delle pavimentazioni in cotto più antico. Il salone è stato consolidato mediante telai in acciaio e dove possibile sono state eseguite cerchiature dei vani, iniezioni di malta, e operazioni di scuci-cuci. Per ciascun ambiente sono state elaborate precise e dettagliate schede di restauro. Per quanto riguarda le facciate esterne sono stati preliminarmente eseguiti dei saggi e una campagna stratigrafica. Si è compreso che tutte le cornici di Palazzo Massari erano in pietra

bianca con sfondature in mattoni rossi; invece, il palazzo dei cavalieri di Malta presenta un bugnato in pietra di Vicenza inferiormente e un intonaco su muratura superiormente. Nel corso del '700, secondo le indagini storico – archivistiche svolte, al posto delle scialbature bianche erano presenti scialbature rosse dei mattoni. La proposta progettuale per il restauro delle facciate è stata quella di tornare all'originale scialbatura rossa, sottolineando così la partitura architettonica del prospetto; sono state elaborate anche proposte alternative da parte dei progettisti per una discussione costruttiva con esperti. Il progetto di rifunzionalizzazione degli spazi comprende il complesso del palazzo con il giardino: gli interni sono meno ricchi rispetto alle facciate e, inoltre, un muro esterno, memoria di una divisione proprietaria, non permette di usufruire del giardino. Infine, un problema piuttosto complesso riguarda l'adeguamento impiantistico per le funzioni di esposizione museale ma, fortunatamente in tal senso, non tutti i piani presentano la medesima rilevanza architettonica. Il progetto si muove dunque su due linee tematiche: l'organizzazione museale e la connessione con il tessuto urbano di questo. I musei devono essere "attraversati", dunque, non solo spazi di pregio per l'esposizione ma anche spazi di vita per le comunità locali e ciò avviene semplicemente con l'eliminazione di quel muro che non consente la fruizione del giardino. Ovviamente il processo è accompagnato da una lettura critica delle parti del complesso, fondata su un'accurata conoscenza storica e architettonica di questo.

La riconnessione di Porta Paola al circuito delle mura cittadine

Porta Paola è stata inserita nel progetto per il recupero del complesso delle mura cittadine e diventerà un centro di documentazione della storia delle mura della città di Ferrara. Per Porta Paola e Porta Reno è stato approvato il progetto preliminare ed è stato avviato il progetto esecutivo. Porta Paola è il terminale di via Bologna e l'accesso alla città; è quindi un punto di apertura turistica della città ma allo stesso tempo si vuole che diventi un centro di documentazione per lo studio delle mura della città. Dal confronto tra lo stato di fatto ed il progetto emergono le modifiche apportate in tempi relativamente recenti dalle amministrazioni; al piano terra si prevede la collocazione di zone di ricezione turistica, invece, al piano superiore, un attraversamento verticale, permette un'ampia illuminazione con l'accentuazione di un lucernaio già esistente. L'intervento, approvato da soprintendenza e commissione, è di rafforzamento strutturale mediante l'inserimento di pali a contrasto per ricostruire le fondazioni e l'inserimento di profilati a C che corrono lungo le pareti e che chiudono l'edificio sottoposto essenzialmente a fenomeni di ribaltamento. Il secondo piano invece ospita nel sottotetto gli impianti tecnologici; infine, su di una carpenteria metallica controsoffittata alla travatura perimetrale sono collegate le catene per chiudere l'edificio.

Il progetto di riparazione e miglioramento strutturale di Palazzo dei Diamanti e Pinacoteca Nazionale Museo Antonioni e Museo del Risorgimento

Gli obiettivi del progetto di riparazione e miglioramento strutturale che ha interessato il Palazzo dei Diamanti e l'area circostante sono stati il raggiungimento di un buon livello di messa in sicurezza unito alla risoluzione di diversi problemi funzionali. Il Palazzo dei Diamanti, nota opera di Biagio Rossetti, si pone nel punto di giunzione tra la parte medioevale e quella rinascimentale di Ferrara. L'analisi della conformazione architettonica ha evidenziato che gli interventi effettuati nel corso dei secoli ne hanno compromesso il funzionamento strutturale. Sebbene non ci siano stati crolli, si è registrato uno stato generale di sofferenza della struttura: la geometria compatta e simmetrica ha favorito la risposta positiva al sisma; invece, la realizzazione di soppalchi, divisori interni e percorsi ha compromesso notevolmente i carichi gravanti sulle strutture. L'intervento consiste in una riparazione dei danni del sisma che permetta il miglioramento sismico del palazzo e la riorganizzazione funzionale degli spazi e dell'impiantistica. Al fine di raggiungere gli obiettivi proposti, una corte interna viene coperta con una struttura che svolge l'importante funzione di smorzatore sismico e, inoltre, permette una migliore fruizione degli spazi esterni ed interni; si provvederà poi alla eliminazione dei pesi superflui presenti in alcune aree con una riorganizzazione delle funzioni e, infine, si consoliderà il muro del cortile centrale, particolarmente alto e snello e non ammorsato alla muratura esterna, con l'inserimento di pilastri di irrigidimento e di un telaio in legno.

Ancora, altre azioni di rigenerazione urbana per la città di Ferrara riguardano il Palazzo Municipale con il Palazzo Ducale, per la rigenerazione del quartiere estense; il Polo dei Musei di arte antica con Palazzo Schifano, per la realizzazione di un più ampio percorso espositivo anche con l'inserimento di nuovi complessi per il deposito delle opere; il restauro del Palazzo Ex MOF⁵⁵² per la collocazione dell'Urban Center di Ferrara e della sede dell'Ordine degli Architetti.

La volontà espressa a maggio 2015 era quella di appaltare tutti i lavori entro la fine dell'anno, inizio 2016; la stampa locale nel mese di dicembre ha puntualmente riportato la maggior parte di queste notizie. Il 2016 sarà, dunque, un anno particolarmente importante per l'avvio dei cantieri poiché, dopo l'approvazione della Regione, sono in fase di avvio alcuni dei progetti menzionati: l'Ex Casa Niccolini di via Romiti, l'ex Mof di Corso Isonzo, il piano di

⁵⁵² arch. Filippo Govoni. A disposizione c'è un milione di euro: 400 mila euro della Regione, 600 mila euro dall'assicurazione del Comune contro il sisma. È stato l'Ordine degli Architetti di Ferrara a chiedere al Comune di adottare la procedura del concorso d'idee per selezionare il progetto.

risanamento delle zone ancora inaccessibili della Certosa e i lavori di restauro di Palazzo Massari.

Infine, un cenno a parte merita la gestione successiva all'emergenza dell'edilizia residenziale pubblica di proprietà del comune di Ferrara ricadente nel centro storico; dalle schede AEDES di rilievo del danno risultavano 334 alloggi di tipo B/C/E, ovvero danno leggero, e 72 alloggi con danno di tipo pesante. Tutti gli interventi per gli edifici di proprietà pubblica erano al 2014 in corso, per circa 21.136.000 euro.

Alcuni esempi delle modalità d'intervento sono rappresentate da 6 alloggi in via C. Mayr n.84 dove non era presente nessun ammorsamento tra le pareti ortogonali e, quindi, si sono verificati fenomeni di ribaltamento della facciata. L'intervento ha previsto il collegamento dei solai alla quota della facciata con l'inserimento di angolari metallici. Ancora, sempre in via C. Mayr, al n.130, i solai erano fortemente rimaneggiati e non era presente alcun ammorsamento con le murature d'ambito; è stato previsto l'inserimento di catene in acciaio a quota solaio e il collegamento delle travi a quota copertura. Poi, in via Centoversuri n.135 si è riscontrata l'assenza di una tessitura regolare per le murature e l'impiego di malte di scarsa qualità; i solai in legno a doppia orditura presentavano qualche catena. L'intervento è consistito nella risarcitura delle lesioni, nell'inserimento di ulteriori catene e nel miglioramento dell'efficacia dei capo chiave presenti. Infine, per gli alloggi in via Fiume (nn.15,17,18) è stato necessario un finanziamento superiore ad € 1.300.000: questi consistevano in un'edilizia di mattoni e malta di calce di qualità abbastanza buona, ma i muri trasversali ad una testa e la presenza di solai latero - cementizi di soli 12 cm di spessore destavano non poche preoccupazioni. Gli interventi sono consistiti nell'inserimento di catene di falda per l'irrigidimento della copertura con un cordolo in acciaio; irrigidimento del solaio di piano con inserimento di ulteriori travetti in calcestruzzo e soletta di 6 cm; raddoppiamento dello spessore dei muri trasversali e allargamento delle fondazioni dovuto all'incremento dei carichi per la realizzazione degli interventi previsti; infine, ristilatura dei giunti di malta dove occorreva. Si è stimato il raggiungimento di sicurezza del 60%, da considerare come valore eccezionale nel caso di edifici nel centro storico. Infine nel comparto di S. Carlo di Comacchio sono stati realizzati nuovi alloggi in un'area dismessa ed altri 15 alloggi sono stati ricavati in Palazzo Remi. L'ente impegnato in queste attività, ACER⁵⁵³, è stato presente fin dalla programmazione delle opere interloquendo

⁵⁵³ Ente pubblico-economico ex L.R. 24/2001, gestisce gli alloggi di edilizia pubblica per conto di tutti i Comuni della Provincia di Ferrara.

continuamente con le amministrazioni. L'attività svolta, dunque, ha previsto l'elaborazione di un elenco degli alloggi, la stima del danno, la progettazione, la direzione dei lavori, la gestione degli aspetti logistici per i trasferimenti dei cittadini, nonché gli aspetti economici; basti pensare che le risorse finanziarie sono state anticipate da ACER pur non essendo proprietaria di questi alloggi⁵⁵⁴.

Bologna e il suo centro storico, invece, hanno subito danni lievi rispetto a quanto verificatosi nelle province di Modena e Ferrara; vale però la pena ricordare che il patrimonio della bassa pianura bolognese è costituito al di fuori dei centri storici, oltre che dalle numerose chiese sparse con i loro alti campanili che caratterizzano lo skyline, anche dal grande numero di ville e palazzi che le famiglie della nobiltà bolognese edificarono a partire dall'epoca di Bentivoglio, intorno al XVI secolo in misura sempre maggiore fino agli inizi dell'Ottocento⁵⁵⁵. Si tratta di edifici di grandi dimensioni – spesso veri e propri castelli – e di grande qualità architettonica, con un vasto patrimonio di opere mobili all'interno. Il problema è che moltissimi di questi edifici di proprietà privata, collocati al di fuori dei flussi turistici e commerciali e per le oggettive difficoltà di gestione economica, versano in uno stato di abbandono da diversi anni. Di conseguenza, in una situazione già precaria, il terremoto del 2012 ha causato ingenti danni, per i quali, nella maggior parte dei casi, oltre ad opere provvisorie e di messa in sicurezza, non si è potuto procedere oltre. La mancanza di prospettiva a medio e lungo termine, legata sostanzialmente alla ricerca di destinazioni d'uso compatibili con i valori storico- architettonici del bene tutelato e economicamente vantaggiose per i proprietari, rende l'azione di tutela e conservazione particolarmente complessa⁵⁵⁶.

⁵⁵⁴ Note tratte dall'intervento di dell'arch. arch. Marco Cenacchi, Responsabile Ufficio Progettazione e Sviluppo Acer, *Interventi di ripristino sul patrimonio di edilizia residenziale pubblica del Comune di Ferrara*, in occasione del Salone del Restauro di Ferrara 7 maggio 2015.

⁵⁵⁵ Si ricordano Palazzo Pizzardi in località Castello, Palazzo Bolognetti a San Pietro in Casale in località Maccaretolo, Palazzo Talon-Sampieri ad Argelato in località Volta Reno, Villa Paleotti a Cluderara di Reno in località Tavernelle, Villa la Giovannina a San Giovanni in Persiceto in località San Matteo della Decima.

⁵⁵⁶ L. MARINELLI, *Ville e palazzi storici della pianura bolognese colpiti dal sisma. Primi interventi messi in atto dai proprietari privati per fronteggiare l'emergenza e organizzare i restauri*, in *A sei mesi dal sisma. Rapporto sui beni culturali in Emilia-Romagna*, Carpi – Palazzo dei Pio, 20-21 Novembre 2012, Minerva Edizioni, marzo 2014, pp. 143-151.



Il Castello di Palata a Crevalcore (BO) prima⁵⁵⁷ e dopo il sisma del 2012. L'immagine degli effetti del sisma, con il crollo della torre con orologio, è tratta da L. MARINELLI, *Ville e palazzi storici della pianura bolognese colpiti dal sisma. Primi interventi messi in atto dai proprietari privati per fronteggiare l'emergenza e organizzare i restauri*, in *A sei mesi dal sisma. Rapporto sui beni culturali in Emilia-Romagna*, Carpi – Palazzo dei Pio, 20-21 Novembre 2012, Minerva Edizioni, marzo 2014, p.151.

Concentrandoci ora sui danni subiti da alcuni importanti complessi religiosi nel vasto panorama di opere danneggiate dal sisma del 2012 soffermiamo l'attenzione su l'Oratorio Ghisilieri a San Carlo e la chiesa di S. Paolo Apostolo a Mirabello, entrambi in provincia di Ferrara; sulla Chiesa e il Convento di S. Francesco d'Assisi a Mirandola e la Chiesa di S. Possidonio a San Possidonio, tutti in provincia di Modena. Si tratta di monumenti 'isolati', sui quali maggiormente si è concentrata l'attenzione di studi e pubblicazioni per il carattere di maggior pregio storico architettonico che rivestono nell'area di riferimento. Ciò che emerge dall'illustrazione di questi pochi casi è innanzitutto che tutti i danni riscontrati erano 'preventivabili' perché la maggior parte delle Chiese ha manifestato lo stesso quadro fessurativo riscontrato nel lieve sisma del 1987⁵⁵⁸ o, perché, come nel caso dell'Oratorio Ghisilieri, l'edificio era stato oggetto di recenti lavori di restauro, nel corso dei quali la 'componente strutturale' dell'intervento non era stata forse presa in giusta considerazione per la conservazione del manufatto.

L'oratorio dei Ghisilieri a San Carlo⁵⁵⁹ fu costruito nel 1685 sul luogo di una piccola cappella cinquecentesca privata. La chiesa presentava una struttura a pianta centrale, impostata su un

⁵⁵⁷http://www.preboggion.it/images/CastelliChiese-EmiliaRomagna/BO_Crevalcore_PalataPepoli_B8983r.jpg

⁵⁵⁸ S. PODESTÀ, L. SCANDOLO, L. MORO, *Sulla vulnerabilità sismica. Quando l'uomo non ricorda, ci (ri)pensa il terremoto*, in «Ananke», gennaio 2013, n.68, pp. 42-51.

S. PODESTÀ, S. PARODI, L. SCANDOLO, L. MORO, *La (perduta) memoria del terremoto. un confronto tra i danni prodotti dal sisma del 1987 e del 2012 su alcune chiese dell'emilia Romagna*, in «Progettazione Sismica», 2013.

⁵⁵⁹ C. BARTOLOMUCCI, G. BOTTI, A. DONATELLI, A. PLACIDI, M. ZUPPIROLI, *Dopo la catastrofe: una casistica rappresentativa dello stato dei monumenti danneggiati dai terremoti aquilano ed emiliano*, in «Materiali e strutture. Problemi di Conservazione», *Dopo l'emergenza. Restauro e ricostruzione*, nuova serie anno I, numero 1-2, 2012, p.67-68.

ottagono allungato in corrispondenza di due dei lati maggiori sui quali si aprivano ampie absidi che assumevano un andamento curvilineo. Gli interni erano arricchiti da pregevoli affreschi seicenteschi e da altari decorati con ricche opere in stucco, oltre che da diverse opere scultoree. Durante l'intervento del 2005 erano emersi i resti del preesistente oratorio, andato probabilmente distrutto in seguito ad una esondazione del Po. Il restauro delle superfici interne della volta, dei cornicioni e delle pareti aveva riportato alla luce i pregevoli resti degli affreschi seicenteschi e settecenteschi, uno dei rarissimi esempi di architettura barocca dell'alto ferrarese. In seguito al sisma l'oratorio è quasi completamente crollato: la struttura muraria, composta da murature a due teste di esiguo spessore, presentava una tessitura di laterizi disposti prevalentemente di testa che ha agevolato la formazione di piani di rottura diagonali; i giunti di malta, in calce aerea, sottoposti nel tempo all'azione della consistente umidità di risalita, sono risultati privi di capacità meccaniche. Il meccanismo di ribaltamento delle pareti laterali dell'ottagono, non trattenuto da altri volumi adiacenti e probabilmente determinato dalla spinta della copertura lignea sorretta da pesanti puntoni di falda, ha portato al crollo dell'intero edificio. L'unica piccola porzione di fabbrica rimasta intatta, probabilmente perché sostenuta dall'adiacente sacrestia, è l'abside curvilinea recante il pregevole altare maggiore. Ad oggi non sono state effettuate opere di messa in sicurezza. Sono stati raccolti tutti gli elementi murari rovinati a terra e catalogati in vista di un probabile reimpiego nel corso di una futura ricostruzione.



Fig. – L'oratorio Ghisilieri in seguito al sisma del 2012.

La chiesa di S. Paolo Apostolo a Mirabello⁵⁶⁰ è un edificio isolato il cui danno non ha

⁵⁶⁰ C. BARTOLOMUCCI, G. BOTTI, A. DONATELLI, A. PLACIDI, M. ZUPPIROLI, *Dopo la catastrofe: una casistica rappresentativa dello stato dei monumenti danneggiati dai terremoti aquilano ed emiliano*, in «Materiali e strutture. Problemi di Conservazione», *Dopo l'emergenza. Restauro e ricostruzione*, nuova serie anno I, numero 1-2, 2012, p.71-72.

costituito pericolo per le abitazioni situate nelle vicinanze. La sua costruzione iniziò nel 1795 e fu conclusa solo nel 1804; agli inizi del '900 viene realizzato il campanile, alto quasi 54 metri, sulla base del progetto dell'ing. Luigi Gulli. La chiesa presenta oggi una pianta a croce latina con tre navate e transetto asimmetrico limitato a sud dalla presenza della canonica. Due piccole cappelle emiesagonali sono addossate a ciascuna delle navate laterali, un ampio deambulatorio cinge l'abside emiottagonale ed un modesto tiburio, anch'esso a pianta ottagonale, sovrasta la crociera. Il sisma del 2012 ha provocato gravi danni in molte componenti: sono crollati il tiburio, l'abside, il deambulatorio, il tratto settentrionale del transetto e parte del tratto meridionale dello stesso. I tratti murari ancora integri presentano importanti lesioni in corrispondenza di soluzioni di continuità tra murature giustapposte quasi mai correttamente ammorsate e presso le numerose bucatore. In facciata, il tipico cinematismo provocato dall'azione ciclica di martellamento della trave lignea di colmo della copertura ha generato il meccanismo di ribaltamento della parte sommitale. Le quattro cappelle disposte sulle due navate laterali hanno manifestato il caratteristico meccanismo di ribaltamento dovuto all'azione della copertura spingente a pianta emiesagonale, mostrando importanti lesioni diagonali in particolare in corrispondenza degli oculi, elementi di indebolimento delle pareti. Il campanile, realizzato probabilmente in calcestruzzo armato, ha riportato, a seguito del sisma, uno scorrimento semplice della guglia sommitale. Ad oggi sono state effettuate solo opere di messa in sicurezza.



Fig. - Stato attuale della Chiesa di S. Paolo Apostolo a Mirabello. In evidenza è il ribaltamento del timpano. Nella foto a destra, particolare della lanterna di chiusura del campanile che, opportunamente imbracata, è stata posta nel piazzale dinanzi la chiesa. Foto di Marianna Pandolfo e Fabio Camaggi, Febbraio 2016

Passando alla provincia di Modena, un caso rappresentativo dei danni al patrimonio

architettonico è quello della Chiesa e del convento di S. Francesco d'Assisi a Mirandola⁵⁶¹. L'attuale complesso francescano sorge intorno al 1400⁵⁶² e subisce nel tempo numerosi restauri ed importanti trasformazioni⁵⁶³ fino a quando, nel 1811, in seguito alle mutate condizioni politiche dell'area e a diversi passaggi di proprietà, l'intero complesso è demolito, conservando soltanto la facciata e una modesta porzione del fianco meridionale della chiesa. Il complesso conventuale è ricostruito, tra il 1824 e il 1828, per volontà del duca Francesco IV d'Este e nel 1867; dopo l'abbandono dei frati, i locali sono adibiti ad usi di pubblica utilità (asilo, quadreria municipale ecc.). Il restauro della chiesa, finalizzato a conferire alla fabbrica un aspetto prossimo a quello originale, comincia nel 1927. Nel 1929, dopo radicali lavori di ristrutturazione, il complesso conventuale viene destinato ad ospitare le aule del ginnasio; nel 1936 i francescani ritornano a Mirandola e viene loro riaffidata la Chiesa. L'attuale convento, di proprietà comunale, fu costruito tra il 1960 e il 1961. La Chiesa era articolata in tre ampie navate, con la centrale scandita in tre grandi campate voltate in muratura con una geometria a crociera ogivale. Le navate laterali erano, invece, suddivise in sei campate ciascuna, anch'esse coperte da crociere ogivali. La navata centrale terminava con un ampio abside a pianta dodecagonale, sormontato da una volta ad ombrello. La navata centrale, la navata destra ed il campanile appaiono quasi completamente crollati in seguito al terremoto del maggio 2012. Rimangono integre la facciata, la navata sinistra e l'abside.

⁵⁶¹ C. BARTOLOMUCCI, G. BOTTI, A. DONATELLI, A. PLACIDI, M. ZUPPIROLI, *Dopo la catastrofe: una casistica rappresentativa dello stato dei monumenti danneggiati dai terremoti aquilano ed emiliano*, in «Materiali e strutture. Problemi di Conservazione», *Dopo l'emergenza. Restauro e ricostruzione*, nuova serie anno I, numero 1-2, 2012, p.63-64.

G. POLIDORI, *La chiesa di San Francesco in Mirandola*, in *A sei mesi dal sisma. Rapporto sui beni culturali in Emilia-Romagna*, Carpi – Palazzo dei Pio, 20-21 Novembre 2012, Minerva Edizioni, marzo 2014, pp. 135-142.

⁵⁶² Vedi pure G. POLIDORI, *La chiesa di San Francesco in Mirandola*, in *A sei mesi dal sisma. Rapporto sui beni culturali in Emilia-Romagna*, Carpi – Palazzo dei Pio, 20-21 Novembre 2012, Minerva Edizioni, marzo 2014, pp. 135-136.

⁵⁶³ Nel 1566 il complesso viene arricchito di stanze e loggiati; nel 1671 è ricostruita parte di uno dei due chiostri e nel 1691 il convento viene nuovamente ingrandito



Fig. – Chiesa di San Francesco in Mirandola. Foto di Marianna Pandolfo e Fabio Camaggi, 31 gennaio 2016. Le ampie crociere ogivali hanno contribuito in maniera determinante ad incrementare le spinte orizzontali che, ove non contrastate, in particolare sul fronte sud, sono state la causa principale dei ribaltamenti della parete esterna meridionale e della parete tra la navata laterale destra e la navata centrale. Le murature, sebbene di notevole spessore – fino a quattro teste quelle longitudinali –, non risultano realizzate correttamente: sono costituite da una doppia parete scarsamente collegata da diaconi trasversali. I giunti di malta, realizzati con calce aerea e sottoposti nel tempo all'azione della fortissima umidità di risalita, sono ormai privi di capacità meccaniche significative. La facciata, rimasta completamente libera su entrambi i fronti, è stata messa in sicurezza con strutture intelaiate, in quanto costituiva un pericolo sia per gli edifici prospicienti che per la normale circolazione di veicoli e persone.



Fig. – Chiesa di San Francesco in Mirandola. In evidenza la facciata libera su entrambi i lati. Foto di Marianna Pandolfo e Fabio Camaggi, 31 gennaio 2016.



Fig. – Chiesa di San Francesco in Mirandola. In evidenza la muratura d'ambito. Foto di Marianna Pandolfo e Fabio Camaggi, 31 gennaio 2016.

Anche in questo caso, il comportamento che si è manifestato era prevedibile in quanto a seguito dell'evento del 1987, la facciata presentava una lesione passante analoga a quella che si è verificata nel terremoto del 2012; le cappelle mostravano l'attivazione di un meccanismo di ribaltamento, le volte della navata centrale presentavano lesioni in direzione N-S; tutti sintomi di una elevata vulnerabilità trasversale della chiesa⁵⁶⁴. Ad oggi, il problema della conservazione delle residue strutture è molto complesso, così come la protezione della chiesa, per lo stato di equilibrio precario dell'insieme⁵⁶⁵.

Infine, per quanto riguarda la Chiesa di S. Possidonio a San Possidonio⁵⁶⁶, questa fu costruita tra la fine dell'XI e la metà del XII secolo. L'aula rettangolare, larga 15 mt. e lunga 22 mt., è suddivisa in tre navate da due file di quattro pilastri, con l'ultima campata più ampia delle altre. Chiudono le tre navate altrettante absidi semicircolari, la maggiore delle quali profonda 4 mt. La Chiesa è sottoposta a numerose ristrutturazioni nel corso dei secoli, alcune delle

⁵⁶⁴ S. PODESTÀ, L. SCANDOLO, L. MORO, *Sulla vulnerabilità sismica. Quando l'uomo non ricorda, ci (ri)pensa il terremoto*, in «Ananke», gennaio 2013, n.68, p.49.

⁵⁶⁵ G. POLIDORI, *La chiesa di San Francesco in Mirandola*, in *A sei mesi dal sisma. Rapporto sui beni culturali in Emilia-Romagna*, Carpi – Palazzo dei Pio, 20-21 Novembre 2012, Minerva Edizioni, marzo 2014, pp. 137-141.

⁵⁶⁶ C. BARTOLOMUCCI, G. BOTTI, A. DONATELLI, A. PLACIDI, M. ZUPPIROLI, *Dopo la catastrofe: una casistica rappresentativa dello stato dei monumenti danneggiati dai terremoti aquilano ed emiliano*, in «Materiali e strutture. Problemi di Conservazione», *Dopo l'emergenza. Restauro e ricostruzione*, nuova serie anno I, numero 1-2, 2012, p.69-70.

quali dovute al graduale e costante interrimento per il progressivo innalzamento del piano di campagna in seguito alle frequenti alluvioni del vicino fiume Secchia⁵⁶⁷. Nel 1769 l'antica chiesa, ormai completamente interrata, viene demolita e, con l'appoggio economico del marchese Achille Tacoli, feudatario del luogo, viene realizzato il nuovo volume, inaugurato nel 1794. La costruzione, di forma rettangolare, presenta le stesse dimensioni della precedente, di cui probabilmente riprende la linea delle fondazioni. L'interno è a navata unica, con quattro altari laterali separati da un doppio colonnato. La parte orientale della navata è sovrastata da uno slanciato tiburio ottagonale. L'abside, significativamente alta, appare decisamente pronunciata verso est. Al di sotto è presente una cripta.



Fig. Chiesa di San Possidonio. Fronte principale. Foto di Marianna Pandolfo e Fabio Camaggio, 31 gennaio 2016.

La fabbrica è ancora oggi gravemente danneggiata. I maggiori dissesti sono concentrati ad est della navata, dove è rovinata la pesante cuspide del campanile. Completamente implosa è invece il tiburio, di cui non rimane alcuna traccia. Il crollo della cuspide e del tiburio ha provocato lo sfondamento del piano di calpestio della navata all'interno della cripta, oggi quasi completamente ricolma di macerie. In facciata, il tipico cinematisma provocato dall'azione ciclica di martellamento della trave lignea al colmo della copertura ha determinato il meccanismo di ribaltamento dell'intero frontone verso l'esterno e, all'interno, il crollo della volta in foglio adiacente. Infine, la presenza di un consistente e diffuso quadro fessurativo, determinato da meccanismi di taglio localizzati sia lungo l'abside che nelle pareti longitudinali, rende notevolmente precarie le condizioni dell'intera chiesa.

⁵⁶⁷ Tra il 1640 e il 1650 viene ricostruita la facciata a doppio ordine di paraste, aderente ad un modello stilistico comune all'architettura religiosa locale dell'epoca. In tale occasione si procede ad innalzare la navata centrale e, fra il 1740 e il 1748, si realizza il nuovo campanile, forse demolendo le piccole absidole delle navate laterali.

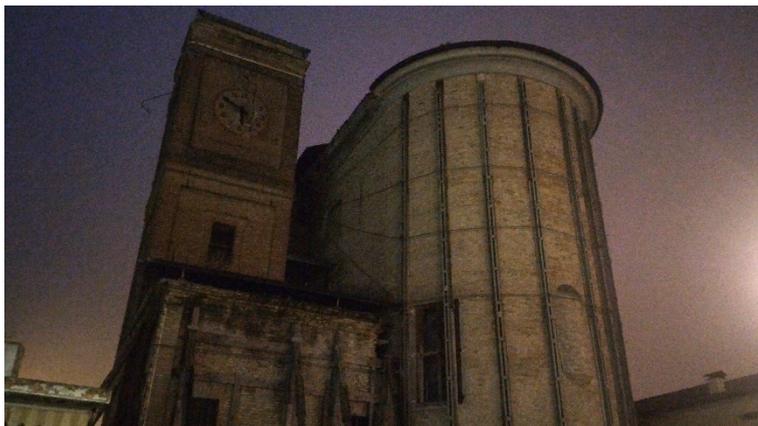


Fig. Chiesa di San Possidonio. Retro. Foto di Marianna Pandolfo e Fabio Camaggio, 31 gennaio 2016.

Per quanto riguarda invece strutture diverse dagli edifici di culto, un caso da evidenziare è quello della Rocca Estense a San Felice sul Panaro⁵⁶⁸. La rocca si struttura sul sito di un più antico fortilizio documentato dalle fonti a partire dal 927 con strutture in terra e in legno. La prima fortezza in muratura viene realizzata dopo il 1340 dall'ingegnere bolognese Marchesino della Tuade, per conto di Obizzo III d'Este. Esso va a costituire il fulcro del sistema difensivo del castello di San Felice che nel corso dei secoli subirà diverse trasformazioni⁵⁶⁹ e sarà restaurato a più riprese alla fine del XIX secolo. Dopo le significative trasformazioni operate ai primi del Novecento sull'ala ovest – con la sopraelevazione dell'intero corpo di fabbrica per ricavare tre livelli abitabili –, alla fine degli scorsi anni sessanta si interviene per conservare l'intero complesso con il ripristino delle coperture delle torri tramite l'inserimento di cordoli in calcestruzzo armato e la sistemazione delle merlature di coronamento. La struttura ha subito con il sisma del 2012 notevolissimi danni, dovuti alla vulnerabilità intrinseca dell'organismo e, in buona parte, agli interventi di consolidamento di cinquanta anni fa.

⁵⁶⁸ C. BARTOLOMUCCI, G. BOTTI, A. DONATELLI, A. PLACIDI, M. ZUPPIROLI, *Dopo la catastrofe: una casistica rappresentativa dello stato dei monumenti danneggiati dai terremoti aquilano ed emiliano*, in «Materiali e strutture. Problemi di Conservazione», *Dopo l'emergenza. Restauro e ricostruzione*, nuova serie anno I, numero 1-2, 2012, p.65-66.

⁵⁶⁹ Nella seconda metà del Trecento è possibile ipotizzare la presenza di una struttura articolata in mastio centrale e recinto murario quadrangolare, munito di due ingressi a nord e a sud. Nel 1406, il marchese Niccolò III chiama, per il restauro della fabbrica, l'architetto Bartolino Ploti da Novara. Il rudimentale fortilizio viene trasformato in una rocca vera e propria a pianta quadrangolare, munita di torri angolari, cinta muraria e fossato. Nel 1421 vengono realizzati interventi di consolidamento e nel 1425, con la collaborazione di Giovanni da Siena, viene ampliato l'intero Organismo. Nuovamente rinforzata da Biagio Rossetti nel 1496.



Alcuni indicatori di vulnerabilità riguardano le quattro torri: il vincolo asimmetrico sulle murature alla base (torri inglobate), la mancanza di presidi antisismici sommitali, la presenza di aperture a livelli diversi e, infine, lo scarso ammorsamento alle cortine.

Il maschio, in particolare, presenta quale ulteriore elemento di criticità la sovrapposizione di due fasi costruttive distinte. L'intervento sulle coperture e la realizzazione del cordolo in calcestruzzo armato hanno ulteriormente aggravato il quadro delle vulnerabilità. Nelle tre torri più piccole si sono aperte significative lesioni verticali e/o inclinate, concentrate nella parte centrale, in corrispondenza delle bucaure, e presso l'attacco con le cortine. La rigidità dei cordoli e la pesante massa delle coperture ha provocato il crollo di tutte le strutture terminali sia nelle tre torri che nel corpo settentrionale d'accesso. L'imponente maschio ha riportato lesioni inclinate molto ampie, con scorrimento parziale della struttura muraria proprio a partire dal letto di posa della seconda fase costruttiva in elevato.

Sono state effettuate copiose iniezioni di malta finalizzate ad incrementare lentamente la resistenza meccanica della struttura del maschio al fine di evitare l'insorgenza di tensioni localizzate in grado di innescare ulteriori fenomeni di degrado nella muratura stessa.



Fig. La rocca estense di San Felice sul Panaro.

Infine, per l'alto valore identitario che costituiscono in questi luoghi e, di conseguenza, per le forti implicazioni sociali che ha comportato già la sola operazione di messa in sicurezza, un cenno a parte meritano i campanili⁵⁷⁰. I campanili, per la loro natura e struttura, pur se gravemente lesionati, hanno sostanzialmente resistito e si è cercato di intervenire immediatamente per metterli in sicurezza e preservarli dal crollo, a tutela dell'incolumità pubblica e degli edifici circostanti⁵⁷¹. L'ingente numero di chiese con campanili è una conseguenza della storia dell'antropizzazione dell'area, caratterizzata da centri storici e da frazioni sparse nella campagna, sorte sempre accanto ad un campanile: le chiese sono luoghi di socialità, oltre che di fede, ed i loro campanili sono un punto di riferimento visivo nella piatta linea di orizzonte della pianura. La perdita di alcuni sotto le scosse del sisma è stata un vero lutto per le comunità⁵⁷². Numerose sono state le richieste di demolizione nei primi mesi per quelli ancora in piedi⁵⁷³. La Direzione regionale per i Beni Culturali in Emilia ha deciso di nominare una commissione composta dai proff. Carlo Blasi, Angelo Di Tommaso e Claudio Modena, per le polemiche che queste strutture determinavano e, soprattutto, per i progetti invasivi proposti, con soluzioni di dubbia efficacia e costose, incerte nella

⁵⁷⁰ Nell'area del sisma, a sei mesi da questo, sono state censite 515 chiese tutelate, delle quali circa 300 con campanile.

⁵⁷¹ P. GRIFONI, *Tradizione e territorio: l'architettura religiosa come testimonianza diffusa dei paesi colpiti dal sisma*, in in C. DI FRANCESCO (a cura di), *A sei mesi dal sisma. Rapporto sui beni culturali in Emilia-Romagna*, Carpi – Palazzo dei Pio, 20-21 Novembre 2012, Minerva Edizioni, marzo 2014, p. 52

⁵⁷² S. Francesco a Mirandola, chiesa di San Giorgio Limosino a Mortizzuolo, San Felice e Disvetro; la Torre dei Modenesi a Finale Emilia, il Maschio di palazzo Lambertini a Poggio Renatico; la Torre dell'Orologio a Novi e il Torricino del Palazzo comunale di Finale Emilia

⁵⁷³ Campanile della chiesa di San Martino nella frazione di Buonacompra di Cento e il Municipio del comune di Sant'Agostino, palazzetto tardo ottocentesco.

interpretazione delle nuove norme, oltre a tutte le difficoltà tecniche e alle responsabilità per tecnici ed amministratori. La commissione ha redatto circa 30 rapporti identificati col nome di *Linee Guida* che hanno permesso interventi rapidi e condivisi. Entrando nel merito della situazione emiliana, è utile comprendere, brevemente, le risposte dei campanili alle scosse sismiche e fare un consuntivo delle opere realizzate per il miglioramento sismico.



Fig. Esempi di fessurazioni in campanili isolati: San Pietro in Fossa a Concordia (MO) lesioni orizzontali e verticali, San Giacomo a Roncole (Mirandola, MO) lesione orizzontale alla base, San Michele Arcangelo a Novi (MO) lesioni verticali e distacco di uno spigolo

Fig. Campanili accostati ad altri edifici e gravemente danneggiati dal sisma: San Martino a Carano (Mirandola, MO), San Lorenzo a Casumaro (cento, Fe), Sant'Egidio a Cavezzo (MO).

Le immagini sono tratte da C. BLASI, *Il consolidamento dei campanili danneggiati dal sisma: riflessioni su conservazione e sicurezza*, in *A sei mesi dal sisma. Rapporto sui beni culturali in Emilia-Romagna*, Carpi – Palazzo dei Pio, 20-21 novembre 2012, Minerva Edizioni, marzo 2014, p. 52

La risposta sismica dei campanili differisce tra campanili isolati e campanili in aderenza alle chiese. I primi hanno potuto oscillare liberamente e hanno subito danni limitati anche per le basse frequenze proprie di questi manufatti poco eccitate dalle alte frequenze del sisma; i secondi, invece, hanno subito danni gravi per gli urti con i fabbricati adiacenti, data la rigidità del livello d'incastro delle parti aderenti ad altri edifici⁵⁷⁴. Spesso un semplice giunto di qualche centimetro⁵⁷⁵, ovvero una modesta attenzione costruttiva di tipo prettamente

⁵⁷⁴ Un esempio significativo è stato il campanile di San Paolo a Mirabello che non ha subito danni sebbene fosse il più snello dell'area mentre la chiesa adiacente è risultata distrutta. Tra i campanili isolati e poco danneggiati si ricordano il campanile di San Pietro in Fossa Concordia, di San Giacomo a Mirandola, di San Michele Arcangelo a Novi. Invece, tra quelli rovinati dalla presenza di edifici adiacenti, si ricordano i campanili delle chiese di San Possidonio, di San Lorenzo a Casumaro, di Sant'Egidio a Cavezzo, della chiesa di Vallata, di San Martino a Carano, della chiesa del Rosario a Finale Emilia. Davvero interessante è la soluzione trovata, o meglio ri-trovata, per la caduta delle guglie: il campanile della cattedrale di Parma, uno dei più alti dell'Emilia, non ha subito danni perché al suo intero, forse fin dalla costruzione nel XIII secolo, è dotato di quello che può essere definito uno smorzatore dinamico: alla parte superiore della guglia e alla sovrastante statua dell'Angiol d'oro è appeso un grosso palo ligneo libero di oscillare. Il palo ha il doppio ruolo di smorzatore e di contrappeso che impedisce il ribaltamento della parte superiore. Questa soluzione potrebbe essere applicata facilmente e con poca spesa a molti campanili che hanno subito il ribaltamento della propria guglia

⁵⁷⁵ Basti pensare ai campanili di Casumaro e Cavezzo che, nonostante fossero manufatti robusti e ben realizzati, hanno subito danni molto gravi per l'aderenza di una semplice gronda o di una cornice.

empirico, avrebbe evitato i danni e l'esigenza di una quantificazione numerica. Un meccanismo molto frequente è stato quello della frattura delle guglie; altri danni sono stati prodotti da difetti locali o incongruenze costruttive. Le maggiori difficoltà operative sono consistite nella realizzazione delle opere provvisoriale di consolidamento per la difficoltà di avvicinarsi ed operare in sicurezza; si sono rimosse le parti pericolanti e poi si è provveduto alla cerchiatura provvisoria del fusto con soluzioni leggere e facili da applicare, operando sempre da cestello. La soluzione tecnica preferita è stata l'adozione di cavi e barre d'acciaio poste in opera con angolari metallici e spessori di legno per non danneggiare le murature, piuttosto che cerchiature con fasce di poliestere che, seppur resistenti, sono soggette a fenomeni di rilassamento che implicano costanti interventi di messa in tensione⁵⁷⁶.

⁵⁷⁶ C. BLASI, *Il consolidamento dei campanili danneggiati dal sisma: riflessioni su conservazione e sicurezza*, in *A sei mesi dal sisma. Rapporto sui beni culturali in Emilia-Romagna*, Carpi – Palazzo dei Pio, 20-21 novembre 2012, Minerva Edizioni, marzo 2014, pp.225-237.

3.2 Alcune applicazioni di ricerca su aggregati urbani

All'indomani del sisma umbro-marchigiano e, ancora di più, in seguito al terremoto in Abruzzo, numerosi studi e ricerche⁵⁷⁷ hanno riguardato il tema della vulnerabilità e del miglioramento sismico degli edifici in aggregato.

Le ricerche spaziano dalla definizione di metodi per la valutazione della vulnerabilità sismica⁵⁷⁸ alle modalità d'intervento sulla città storica⁵⁷⁹, con l'obiettivo di contribuire alla definizione di indirizzi per la conservazione e la messa in sicurezza del patrimonio architettonico. Il contributo di questo paragrafo consiste in una ricognizione delle esperienze condotte sul territorio nazionale in tema di aggregati urbani⁵⁸⁰, con particolare attenzione agli approcci pluridisciplinari in gioco, presupposto indispensabile per il conseguimento di un risultato di qualità. Dal professionista allo studioso, ciascuno secondo le proprie finalità, l'illustrazione di un certo numero di casi reali, che presentano differenti livelli di complessità, senza la pretesa di esaustività, è un utile riferimento per colmare il divario sempre più profondo tra teoria e prassi e per far emergere alcuni nodi teorici che meritano di essere approfonditi.

La valutazione della sicurezza sismica degli aggregati edilizi nei centri storici pone il problema dell'analisi strutturale del costruito murario esistente in termini concettualmente

⁵⁷⁷ L. Binda, G. Cardani, C. Modena, M.R. Valluzzi, Indagini conoscitive per lo studio degli aggregati storici: il caso di Castelluccio di Norcia (PG), XII Convegno ANIDIS L'Ingegneria Sismica in Italia, 10-14 giugno 2007, Pisa.

L. Binda, G. Cardani, M. Munari, C. Modena, M.R. Valluzzi, *Analisi di vulnerabilità sismica degli aggregati storici: il caso di Castelluccio di Norcia*, XII Convegno ANIDIS L'Ingegneria Sismica in Italia, 10-14 giugno 2007, Pisa.

AA. VV., *L'Università e la Ricerca per l'Abruzzo. Il patrimonio culturale dopo il terremoto del 6 aprile 2009*, Textus Edizioni, L'Aquila, pp. 375-380.

D. INDELICATO, *Valutazione e riduzione della vulnerabilità sismica degli aggregati edilizi nei centri storici. Il caso di Villa Sant'Angelo*, Università degli studi di Catania - Dottorato di ricerca in Progetto e Recupero Architettonico, Urbano e Ambientale, XXIII ciclo, 2010.

C. D'AMBRA, *Vulnerabilità e miglioramento sismico di edifici in aggregato: il caso studio di Piazza delle Prefettura a L'Aquila*, Università degli studi di Napoli Federico II - Dottorato di ricerca in Ingegneria dei Materiali e delle Strutture, XXIV ciclo, 2011.

⁵⁷⁸ L. Binda, G. Cardani, M. Munari, C. Modena, M.R. Valluzzi, *Analisi di vulnerabilità sismica degli aggregati storici: il caso di Castelluccio di Norcia*, XII Convegno ANIDIS L'Ingegneria Sismica in Italia, 10-14 giugno 2007, Pisa.

⁵⁷⁹

⁵⁸⁰ I casi presentati in queste pagine sono il frutto di un'approfondita indagine negli atti di convegno degli ultimi dieci anni, particolarmente incentrati sul problema della difesa del patrimonio edilizio dal rischio sismico. In particolare, i convegni ANIDIS, Associazione Nazionale di Ingegneria Sismica, raccolgono casi studio e riflessioni dei maggiori esperti del campo del consolidamento delle strutture, ormai impegnati anche sul fronte del patrimonio architettonico, in particolare di quel ricco patrimonio di architettura minore in muratura che, seppur non vincolato, costituisce la maggior parte dei centri storici in Italia e per i quali si ritiene opportuno che tanto la fase di analisi quanto quella di intervento siano guidate dalla riflessione della cultura della conservazione.

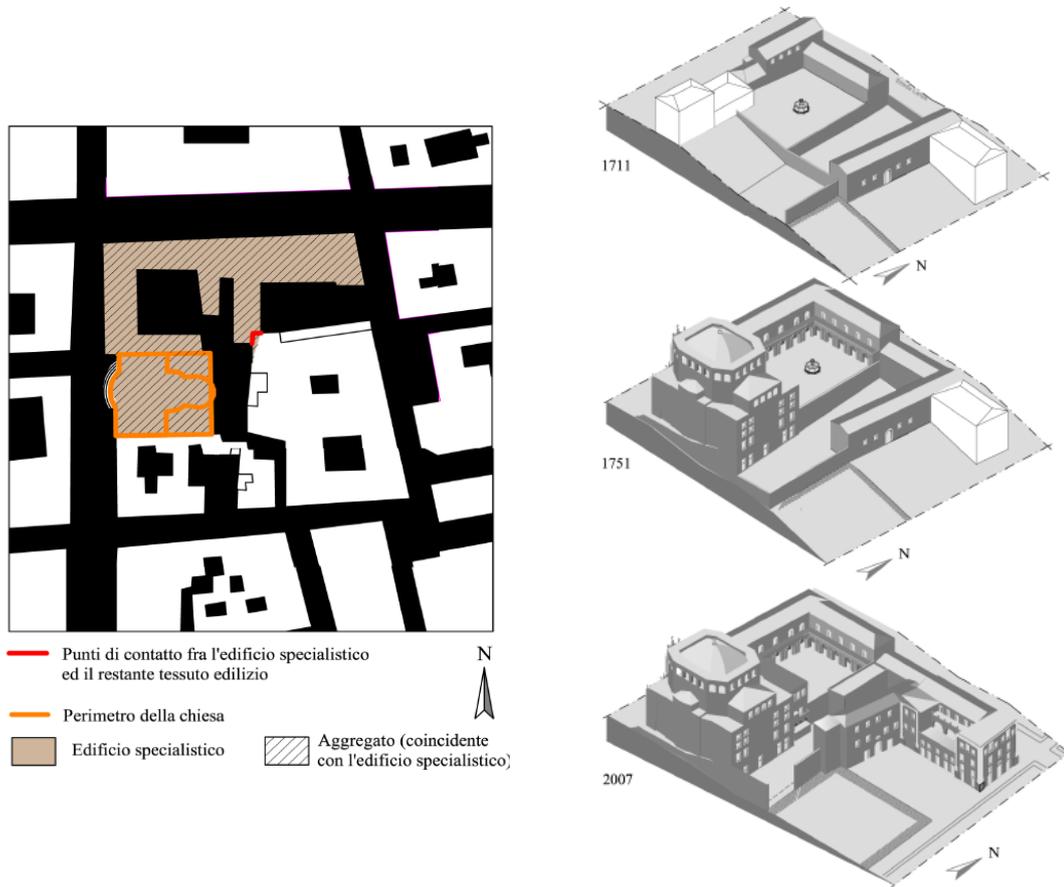
ed operativamente diversi rispetto al caso degli edifici isolati. Infatti, uno dei temi maggiormente affrontato in questi anni dalla ricerca è la necessità di migliorare le conoscenze relative alla risposta sismica degli edifici storici adattando i modelli strutturali al loro comportamento – e non il viceversa come spesso è stato fatto – e affrontando il problema dell'intervento attraverso un metodo multidisciplinare, in grado di considerare i differenti e complementari aspetti dell'edificio.

In questo senso particolarmente interessante è il contributo di Caterina Carocci, Manuela Marino e Fabio Neri⁵⁸¹, in seguito agli studi su aggregati campione nel centro storico di Catania. I risultati della fase conoscitiva e di interpretazione dell'aggregato sono la base per l'individuazione dei possibili meccanismi di collasso che l'azione sismica potrebbe innescare; in sostanza, le conoscenze acquisite sono impiegate per la definizione corretta dei modelli strutturali da sottoporre a verifica numerica. La valutazione del comportamento sismico degli aggregati storici risulta di difficile interpretazione a causa della grande eterogeneità dei materiali utilizzati e delle tipologie costruttive che è possibile riscontrare; diviene dunque indispensabile effettuare prima di qualsiasi valutazione numerica, una valutazione qualitativa mirata alla comprensione del comportamento strutturale dell'aggregato e dei probabili meccanismi di collasso attivabili in caso di sisma. Il lavoro evidenzia che l'aggregato è costituito da un insieme complesso di unità strutturali e le loro possibili interazioni possono ripercuotersi sull'individuazione dei meccanismi di crisi e sulla relativa modellazione. La modellazione è necessaria a descrivere il comportamento della struttura e rappresenta un momento cruciale, di non univoca interpretazione, nella definizione di un giudizio sulla sicurezza in condizioni statiche e sismiche. Una volta individuati, sulla base delle conoscenze pregresse, i meccanismi di collasso più probabili, questi vengono tradotti in modelli meccanici aderenti al dato fisico di partenza. L'aggregato oggetto di studio è collocato nel centro storico della città di Catania. Il sito è caratterizzato da una attività sismica di natura vulcanica e tettonica e il terreno è caratterizzato da una forte pendenza, costituito dall'accumulo di materiale di scarto e riporto edilizio derivante da resti archeologici e crolli di edifici storici. Primo passo è l'individuazione dell'unità strutturale all'interno dell'aggregato; in particolare, si prende in esame la parte sud-est dell'isolato, costituita dall'ex convento di San Giuliano. Nella parte ovest, la chiesa si frappone fra i lati

⁵⁸¹ C. F. CAROCCI, M. MARINO, *Gli aggregati murari della città storica: conoscenza e interpretazione per la valutazione della vulnerabilità sismica*, XIII convegno ANIDIS L'Ingegneria Sismica in Italia, 28 giugno – 2 luglio 2009, Bologna.

F. NERI E M. MARINO, *Gli aggregati murari della città storica: modellazione e analisi strutturale per la valutazione della sicurezza sismica*, XIII convegno ANIDIS L'Ingegneria Sismica in Italia, 28 giugno – 2 luglio 2009, Bologna.

nord e sud dell'isolato; ha massa ed altezza maggiori rispetto a gli edifici adiacenti e sarà caratterizzata da un diverso comportamento sismico, diventando elemento di separazione fra gli edifici contermini. In sostanza l'isolato è costituito da tre aggregati caratterizzati sicuramente da comportamenti differenziati in presenza di azione sismica.

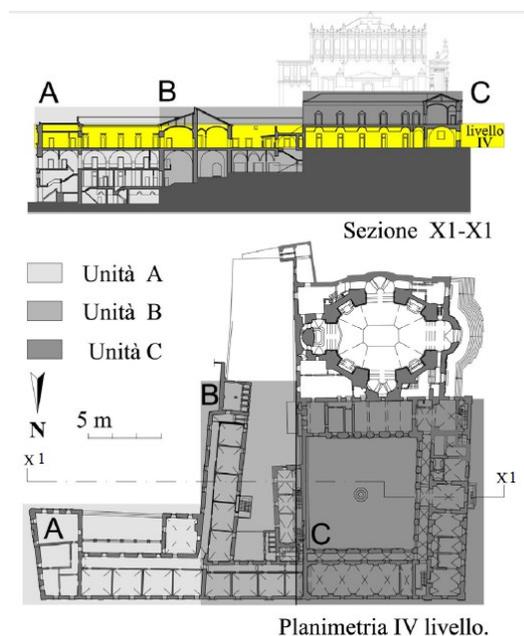


Schema di pianta con indicazione dell'isolato e dell'aggregato oggetto di studio.

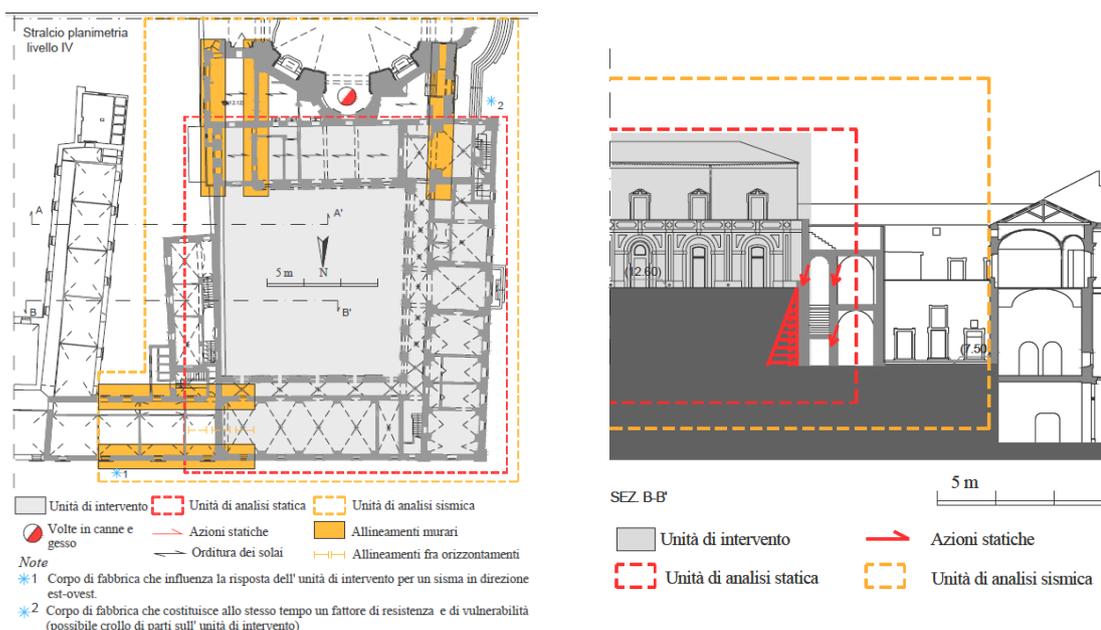
Fasi evolutive dell'aggregato oggetto della ricerca

Innanzitutto lo studio si dedica alla ricostruzione delle fasi di evoluzione e trasformazione dell'aggregato attraverso un'importante ricerca d'archivio. Le vicissitudini storiche e l'orografia del terreno, sono la causa di un'articolazione planimetrica irregolare e complessa: la città era stata rasa al suolo da un terremoto nel 1693 e le condizioni di emergenza legate alla ricostruzione comportarono una edificazione per gradi successivi. La costruzione del nucleo più antico del convento di San Giuliano inizia nel 1711 riutilizzando alcune rovine di edifici preesistenti; vengono realizzate delle strutture ad un solo livello contenenti i magazzini ed i dormitori, oltre che una chiesa provvisoria. Fra il 1732 ed il 1751 viene aggiunto un secondo livello sugli edifici esistenti, sono costruiti il loggiato del chiostro e la nuova chiesa. Fra il 1765 ed il 1801 vengono aggiunti l'ala di levante, contenente altri dormitori, il campanile ed il coro addossati all'abside della chiesa. È importante rilevare che le prescrizioni della regola Benedettina, fino alla fine del XVIII sec., imponevano alle

monache dormitori privi di muri divisorii, questo ‘fatto storico’ questo che si traduce in una caratteristica tipologica che influisce nella valutazione del comportamento dell’edificio. Ancora, nel 1889 parte della sede stradale viene ribassata e in seguito a questo avvenimento vengono ricavati dei nuovi locali dalle fondazioni di uno degli edifici esistenti. Infine, nel 1960 la sostituzione del coro e del campanile con un edificio in c.a. che si appoggia alle murature ottocentesche ci restituisce l’immagine attuale dell’edificio. A valle dell’indagine storico – tipologica è possibile individuare le forme comuni di vulnerabilità o resistenza. Ad esempio la rilevata assenza di setti murari trasversali alla facciata su strada in corrispondenza dei dormitori, dovuta al rispetto della norma benedettina, si traduce in una carenza di vincoli per le pareti longitudinali esterne e quindi costituisce una precarietà intrinseca della configurazione dell’edificio; poi, l’abbassamento della sede stradale, così come l’aggiunta dei piani di sopraelevazione, vanno letti come incremento della snellezza dei setti murari, provocando di conseguenza un aumento della vulnerabilità. È di fondamentale importanza, anche per il problema delle diverse proprietà che possono entrare in gioco nello studio degli aggregati, chiedersi come ed in quale misura il comportamento della porzione su cui si interviene viene influenzato dalle strutture adiacenti. La ricerca passa, dunque, all’individuazione delle unità di intervento, delle unità di analisi statica e delle unità di analisi sismica.



Suddivisione dell’aggregato in unità di intervento



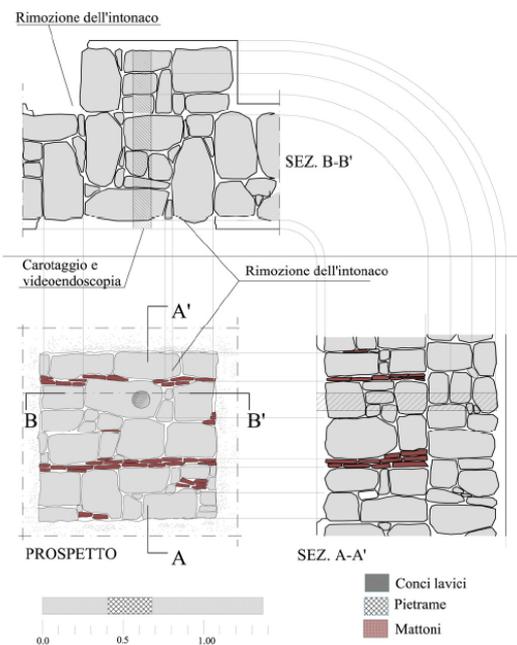
Unità di intervento in esame con le relative unità di analisi statica e sismica

Interazione fra l'unità di intervento ed il corpo di fabbrica ad essa adiacente sul lato est.

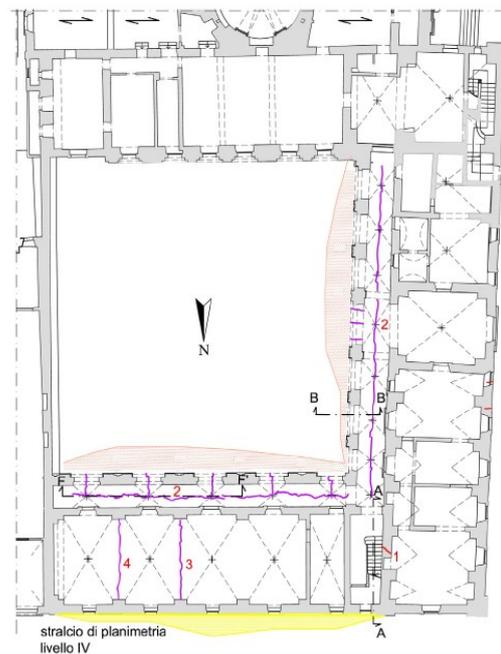
L'unità di intervento è l'insieme delle proprietà per le quali si è ricevuto l'incarico della progettazione⁵⁸², l'unità di analisi statica è quella porzione di aggregato all'interno della quale avviene la trasmissione al suolo, da parte della unità di intervento, dei carichi statici; infine, l'unità di analisi sismica consiste in quella porzione di aggregato all'interno della quale avviene la trasmissione al suolo, da parte della unità di intervento, dei carichi sismici. L'identificazione delle unità di analisi statica e sismica non è sempre immediata: essa dipende dall'effettiva organizzazione delle strutture e passa attraverso una interpretazione qualitativa dei rapporti fra i vari elementi che costituiscono l'aggregato. Per l'individuazione dell'unità statica è necessario valutare quali sono gli elementi tecnici (solai, volte, coperture) degli edifici adiacenti che possono esercitare forze verticali ed orizzontali sulle murature della unità di intervento; invece, per l'individuazione dell'unità sismica bisogna valutare se le strutture adiacenti alla unità di intervento possano migliorarne la risposta sismica, per esempio grazie alla presenza di allineamenti fra setti murari o fra orizzontamenti o, al contrario, peggiorarla, a causa di fenomeni di martellamento o per crolli delle parti più alte. Nel caso dell'aggregato in esame sono state ipotizzate tre diverse unità di intervento (A,B,C) costituite da altrettanti corpi di fabbrica interessati da sviluppo storico contestuale, posti alla stessa quota di imposta e strutturalmente continui da cielo a terra. Lo studio approfondisce la metodologia di indagine ed intervento all'Unità C ritenuta la più rappresentativa e metodologicamente interessante per la varietà delle tecniche costruttive osservate e per il

⁵⁸² Nel caso limite essa potrebbe anche coincidere con un solo appartamento di un edificio sito in aggregato.

modo in cui queste possono essere correlate all'indagine storica. Si passa quindi all'acquisizione di un'adeguata conoscenza dell'unità di intervento e delle relative unità di analisi. Il processo cognitivo si articola su diversi livelli di rilievo: rilievo geometrico, finalizzato alla conoscenza della realtà architettonica nella sua complessità, dell'articolazione degli spazi e della decorazione dei partiti architettonici; rilievo strutturale, per la comprensione del comportamento statico della struttura; rilievo dei materiali e delle tecniche costruttive, per conoscere in dettaglio gli elementi strutturali. Queste fasi sono accompagnate dalle opportune indagini sulle murature per la raccolta dei dati di interesse in ciascuna fase.



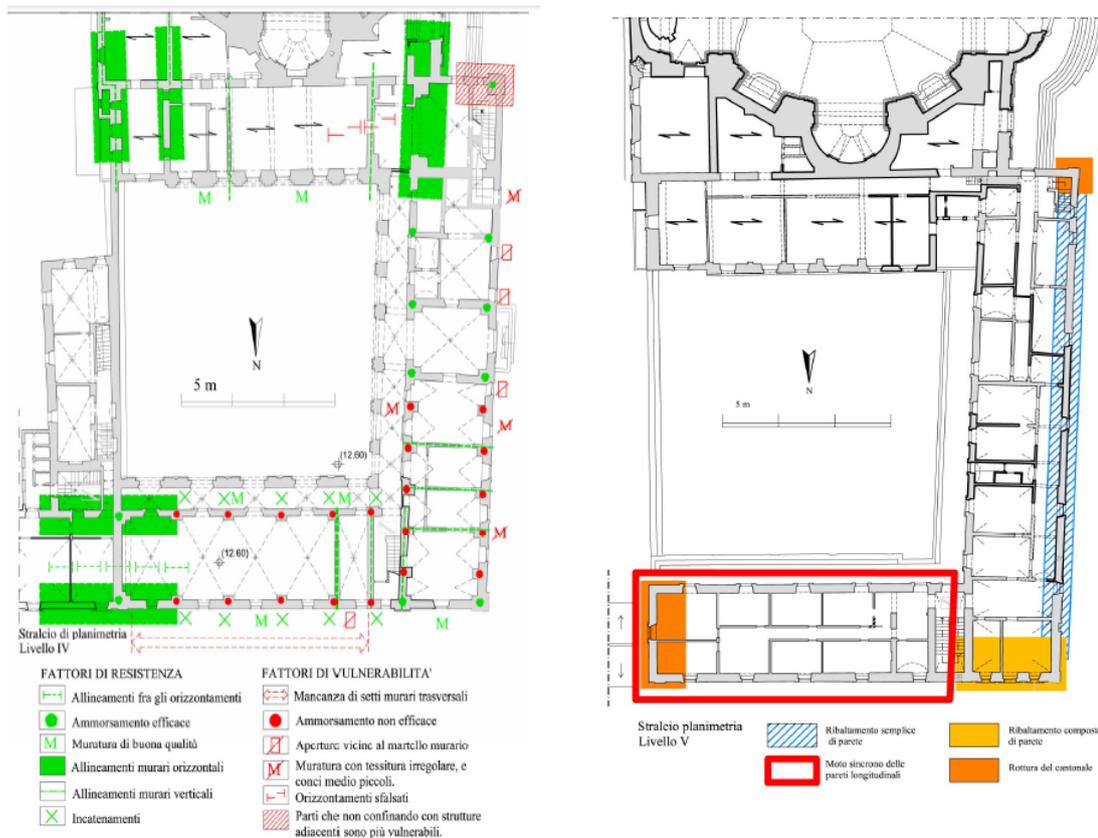
Rilievo tipo condotto su un setto murario dell'unità di analisi.



Rilievo del quadro fessurativo nell'unità di intervento.

Infine, occorre un rilievo del quadro fessurativo dell'unità d'intervento che evidenzi i dissesti e permetta di elaborare un'interpretazione dello stato di danneggiamento attuale risalendo anche alle cause perturbatrici. Emergono di conseguenza vulnerabilità e resistenze dell'aggregato oggetto di studio.

Tutto ciò consente di individuare i possibili meccanismi in caso di sisma. Solo a questo punto entra in gioco l'analisi numerica, utilizzata per assegnare ad ogni tipologia di crisi individuata un livello di vulnerabilità; l'analisi numerica è, quindi, intesa come strumento di verifica delle valutazioni fatte a partire dalla interpretazione di resistenze e debolezze caratteristiche.



Vulnerabilità e resistenze nell'unità di intervento.

Planimetria dell'unità di intervento con individuazione dei meccanismi di collasso ipotizzati.

Essa indirizza, inoltre, alla definizione degli interventi che migliorando la risposta locale migliorino anche il comportamento globale della struttura. Le verifiche, sulla base delle norme vigenti, valutano prima l'intensità dell'accelerazione sismica che attiva il meccanismo, ovvero la capacità della struttura di resistere al sisma, e poi confrontano questo valore con un'accelerazione di riferimento, ovvero con la domanda sismica. A questo punto gli approcci, in termini operativi possono essere diversi⁵⁸³.

In particolare, il contributo qui sinteticamente riassunto, pone in evidenza le differenze quantitative nel risultato di tre differenti normative, il DM del 96, l'OPCM 3431/2005 e le NTC del 2008. Di questa fase vale la pena sottolineare la seguente osservazione degli autori, che fa da supporto alle fasi successive del presente lavoro: la differenza sostanziale tra le tre normative sopra riportate è l'introduzione del fattore di confidenza⁵⁸⁴, ovvero di un coefficiente di confidenza che tenga in conto della difficoltà di stabilire in maniera univoca le caratteristiche di resistenza delle costruzioni, quindi un elemento che quantifica la conoscenza raggiunta e in un certo senso la qualità di questa; orbene, in fase di

⁵⁸³ L'analisi può procedere sia in termini di accelerazione che di spostamenti, cioè secondo un'analisi lineare o non lineare.

⁵⁸⁴ Del quale si è già accennato al CAP; in particolare con riferimento a quello storico, assume diverse specificazioni secondo quanto definito al paragrafo.....delle linee guida del 2011

determinazione della capacità sismica per le verifiche quantitative, precisamente nel calcolo dell'accelerazione spettrale, ovvero della capacità del nostro sistema, il 'fattore di confidenza' è impiegato come elemento penalizzante nella valutazione di questa; ma la valutazione dell'accelerazione sismica che innesca il cinematiso prescinde da considerazioni di tipo meccanico e deriva da equazioni di equilibrio, di conseguenza bisognerebbe chiedersi se ridurre l'accelerazione spettrale in funzione del livello di conoscenza acquisito non sia inutilmente penalizzante.

In seguito al terremoto in Abruzzo del 2009, anche le ricerche di dottorato hanno concentrato la loro attenzione sul tema degli aggregati urbani e, più precisamente, della valutazione della sicurezza per il miglioramento sismico di questi. In particolare, si riportano di seguito le applicazioni di ricerca di due differenti corsi di dottorato che evidenziano una sostanziale disparità nell'approccio e negli esiti, sebbene il punto di partenza sia il medesimo: un'approfondita conoscenza dell'aggregato oggetto di studio. Il primo caso, elaborato su Villa Sant'Angelo⁵⁸⁵, promuove un approccio di tipo 'qualitativo', fondato esclusivamente sull'analisi critica delle fasi di rilievo ai fini della definizione di opportune strategie di conservazione e ricostruzione; il secondo⁵⁸⁶, contrariamente, fonda su un approccio di tipo 'quantitativo' che nella modellazione locale e globale dell'edificio, anche questa fondata su una valutazione critica delle precedenti fasi di rilievo, giunge alla definizione degli interventi necessari per il miglioramento sismico dell'aggregato. Entrambi i casi studio partono da una condizione post-sisma in cui le fasi di rilievo sono rese maggiormente difficoltose dalla presenza di ingombri e macerie.

La metodologia proposta per il caso studio di Villa Sant'Angelo, in provincia de L'Aquila, si configura come una guida alla lettura degli aggregati edilizi dei centri storici per la valutazione e la riduzione della vulnerabilità sismica. Essa è pensata per essere applicata in maniera preventiva ma la sua declinazione in condizioni post sisma ne ha permesso l'applicazione al caso reale. Dopo lo studio della collocazione geografica di Villa Sant'Angelo, del contesto ambientale e della morfologia del sito, insieme all'evoluzione del tessuto storico, l'attenzione si concentra sul percorso di conoscenza dell'aggregato individuato come caso studio rappresentativo di una condizione di crollo e di

⁵⁸⁵ D. INDELICATO, *Valutazione e riduzione della vulnerabilità sismica degli aggregati edilizi nei centri storici. Il caso di Villa Sant'Angelo*, Università degli studi di Catania - Dottorato di ricerca in Progetto e Recupero Architettonico, Urbano e Ambientale, XXIII ciclo, 2010.

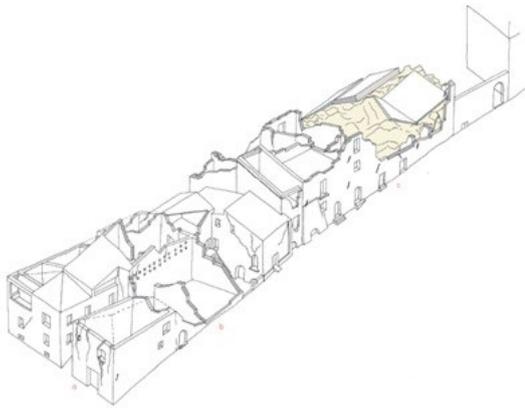
⁵⁸⁶ C. D'AMBRA, *Vulnerabilità e miglioramento sismico di edifici in aggregato: il caso studio di Piazza delle Prefettura a L'Aquila*, Università degli studi di Napoli Federico II - Dottorato di ricerca in Ingegneria dei Materiali e delle Strutture, XXIV ciclo, 2011.

danneggiamento tipica del contesto urbano in cui sorge.

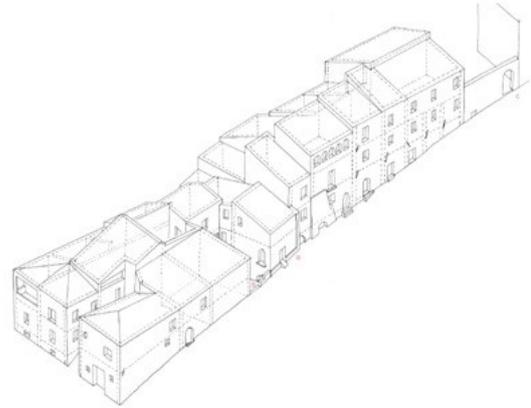


Il rilievo dell'aggregato è stato condotto anche attraverso l'osservazione delle macerie presenti, con lo scopo di ricavare informazioni sulle caratteristiche costruttive degli edifici crollati e associarle, nella successiva fase di interpretazione, alle modalità di danneggiamento. Le difficoltà operative nel corso della fase di rilievo su una situazione post-sisma sono state ricompensate dalla facilità di lettura di materiali e tecniche costruttive che è stato possibile annotare puntualmente ed evidenziare poi graficamente. Il rilievo dello stato di fatto coincide, dunque, con il rilievo dello stato di crollo e di danneggiamento, passo preliminare e imprescindibile per la rimozione delle macerie dalle percorrenze pubbliche e dagli edifici privati e, per evidenziare i danni, in modo tale da associarli alle cause che li hanno determinati. Questo permette di progettare interventi di conservazione e messa in sicurezza delle parti superstiti e di comprendere come intervenire in via preventiva per

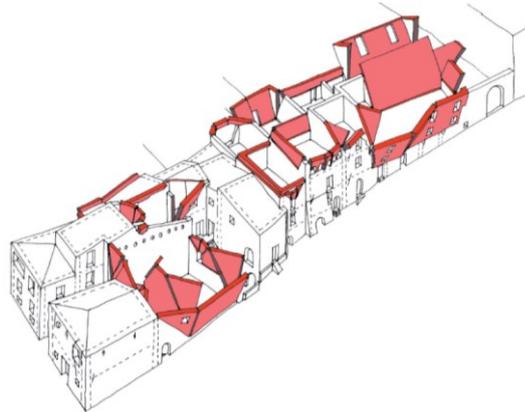
evitare il ripetersi delle medesime condizioni di danno. Ancora, il rilievo dello stato di danno permette di ipotizzare la conformazione architettonica dell'aggregato precedentemente all'evento sismico, insieme alle caratteristiche proprie del lessico costruttivo locale, spesso caratterizzato da accorgimenti sismici che sono il simbolo di una cultura costruttiva antisismica capace di giungere sino a noi, così come le possibili alterazioni costruttive subite nel corso del tempo e andate in crisi in seguito al sisma del 2009, tutti elementi che contribuiscono all'individuazione delle cause che hanno determinato i danni e permettono di ripercorrere il processo di formazione ed evoluzione, anche tipologica, delle unità che compongono (o componevano) l'aggregato. Lo sforzo di indagine richiesto è quindi notevole e, per il raggiungimento di un risultato di qualità, richiede la collaborazione tra diverse personalità. L'aggregato è poi scomposto in unità sulle quali si possa intervenire autonomamente nel rispetto della interazione di queste con il resto dell'aggregato.



Rilievo dello stato di crollo e di danneggiamento dell'aggregato. Vista assonometrica da via Romana.



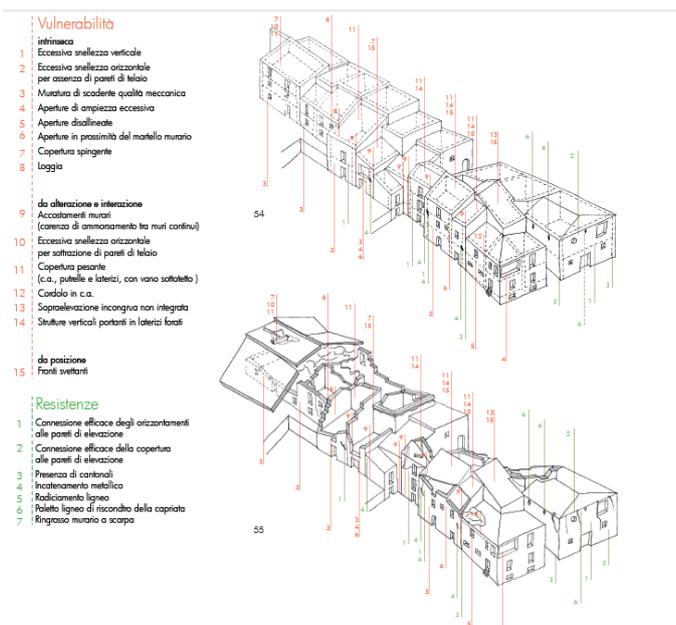
Ricostruzione dello stato ante sisma dell'aggregato. Vista assonometrica da via Romana.



Scenario di danno sismico innescato sull'aggregato per un'intensità macrosismica del IX grado MCS. Vista assonometrica da via Romana.

In particolare, il lavoro di ricerca applicata sull'aggregato di Villa Sant'Angelo, nell'interpretazione del rilievo dello stato di crollo e danneggiamento dell'aggregato individua tre diverse categorie di vulnerabilità: una vulnerabilità intrinseca, una vulnerabilità da alterazione e interazione e, infine, una vulnerabilità da posizione. La vulnerabilità

intrinseca esprime la suscettibilità al danneggiamento dell'aggregato a causa di caratteristiche costruttive originarie; ad esempio, eccessiva snellezza verticale o orizzontale per assenza di pareti di telaio; muratura di scadente qualità meccanica perché realizzata con materiali locali costruttivamente poco idonei; aperture di ampiezza eccessiva, disallineate o poste in prossimità del martello murario; coperture spingenti e loggiati; invece, gli indicatori di vulnerabilità da alterazione e interazione sono riferiti alle modifiche costruttive apportate nel tempo agli edifici e al danneggiamento che l'uno può generare sull'altro in occasione del terremoto; tra questi, in particolare gli accostamenti murari con carenza di ammorsamento tra muri continui, l'eccessiva snellezza orizzontale per sottrazione di pareti di telaio; coperture pesanti dovute a interventi con solette in c.a. o putrelle e laterizi, cordoli in c.a. sopraelevazioni incongrue non integrate. Infine, indicatori di vulnerabilità da posizione, riferiti al livello di esposizione della singola unità edilizia relativamente alla sua posizione nel tessuto; si è riscontrato che sono maggiormente suscettibili al danneggiamento proprio e indotto dalle unità adiacenti le cellule aventi fronti svettanti o quelle con tre fronti esposti a differenza di quelle interne all'aggregato o con un solo fronte esposto. Oltre alle vulnerabilità dal rilievo critico dello stato di danneggiamento è possibile porre in evidenza anche gli indicatori di resistenza sismica, quali connessioni efficaci degli orizzontamenti alle pareti in elevazione e delle coperture alle pareti in elevazione; presenza di cantonali e incatenamenti metallici; ringrossi murari a scarpa; ecc. A partire dallo studio degli indicatori di vulnerabilità e resistenza sismica dell'aggregato si è ricostruito lo scenario di danno sismico effettivamente innescato per valutare l'efficacia o meno dei presidi antisismici, storici o recenti, presenti nell'aggregato; per valutare il comportamento meccanico delle murature mediante l'enunciazione di un giudizio di qualità; per valutare l'influenza delle caratteristiche geometrico dimensionali e costruttive degli edifici in occasione del terremoto e l'influenza delle fasi di formazione e di evoluzione dell'aggregato nel suo comportamento in occasione del terremoto.



Rilievo degli elementi di vulnerabilità e di resistenza dell'aggregato oggetto di ricerca.

A questo punto, a valle di questa lunga fase di indagine e riflessione, la fase progettuale mira a dimostrare che nonostante le condizioni di danneggiamento siano estese, la demolizione totale o la delocalizzazione non sono le uniche soluzioni possibili in seguito all'evento sismico, seppure appaiono come semplici e di immediata applicazione per la risoluzione di tutti i 'problemi' innescati dal sisma. È, invece, possibile conservare ciò che ha resistito al terremoto, garantire la sicurezza e permettere la ricostruzione delle parti crollate con criteri di miglioramento sismico. Quindi si prevedono interventi di rimozione delle macerie; interventi di demolizione controllata su elementi verticali o di copertura; interventi di essa in sicurezza e conservazione. Il passo successivo riguarda la ricostruzione, la quale deve fondare sulla cultura della conservazione che ruota, in particolare, sul dibattito antico-nuovo, sul concetto di identità e autenticità e sul contributo di tutte le discipline, sociali, economiche, urbanistiche, al fine di ottenere un risultato di qualità. Il problema di conferire una identità urbana perduta a luoghi così gravemente compromessi, facendo in modo che la popolazione si riappropri del centro storico e ritrovi fiducia anche in termini di sicurezza in quelle abitazioni, non è certo semplice. La riflessione deve riguardare anche la ricerca di nuove o perdute funzioni che possano positivamente influire sull'immagine della città ricostruita, che fonderà su quelle macerie. Le ragioni della conservazione devono guidare il progetto supportato dalle ragioni della sicurezza, dell'economia, della funzionalità ecc. Il carattere innovativo della ricerca consiste nella visione complessa e unitaria della città storica, letta attraverso lo strumento dell'aggregato. La metodologia di ricerca del caso di

Villa Sant'Angelo è applicata anche in altri centri storici, non solo del cratere aquilano⁵⁸⁷



Rilievo dello stato di danno e di danneggiamento dell'aggregato di Villa Sant'Angelo oggetto di ricerca.

La ricerca applicativa condotta sull'aggregato di Piazza della Prefettura a L'Aquila, invece, approfondisce il problema dell'applicabilità della normativa tecnica al caso degli aggregati⁵⁸⁸. Come già esposto in altre parti del presente lavoro, la normativa tecnica recepisce gli indirizzi degli Eurocodici, fa propria l'esperienza del sisma in Umbria e Marche del 1996 e introduce importanti novità per quanto riguarda l'edilizia storica in muratura; ma nel caso dell'edilizia in aggregato si riscontrano grosse difficoltà legate alla disomogeneità delle strutture portanti in muratura per il processo di addizione subito nel tempo accompagnato dalla compresenza di materiali diversi, spesso con caratteristiche di rigidezza

⁵⁸⁷ C.F. CAROCCI, C. TOCCI, *Sicurezza sismica degli aggregati edilizi storici: alcuni casi studio*, in atti del XII Convegno ANIDIS L'Ingegneria Sismica in Italia, 10-14 giugno 2007, Pisa.

C.F. CAROCCI, C. CIRCO, *Le debolezze della città storica. effetti sismici sul tessuto edilizio murario*, in C. BLASI (a cura di), *Architettura storica e terremoti. Protocolli operativi per la conoscenza e la tutela*, Wolters Kluwer Italia, 2013, pp.153-175.

C.F. CAROCCI, C. TOCCI, C. CIRCO, L.A. SCUDERI, A. SCUDERO, *Osservazione e interpretazione del danneggiamento sismico negli aggregati urbani di edifici in muratura*, in C. BLASI (a cura di), *Architettura storica e terremoti. Protocolli operativi per la conoscenza e la tutela*, Wolters Kluwer Italia, 2013, pp.175-192.

M. COSTA, *Analisi di un aggregato del centro storico di Casentino, L'Aquila*, in C. BLASI (a cura di), *Architettura storica e terremoti. Protocolli operativi per la conoscenza e la tutela*, Wolters Kluwer Italia, 2013, pp.193-200.

⁵⁸⁸ Un'altra applicazione di ricerca su aggregati nel centro storico de L'Aquila è in M. MUNARI, F. DA PORTO, A. BARTOLOZZI, M. MOCELLINI, A. VALDESOLO, C. MODENA, *Analisi di vulnerabilità sismica e interventi di miglioramento strutturale di un aggregato nel centro storico di L'Aquila*, XIV Convegno ANIDIS L'Ingegneria Sismica in Italia, Bari 2011. L'aggregato presentato in questo contributo è posizionato frontalmente all'aggregato oggetto di approfondimento in queste pagine. La metodologia di studio applicata è la stessa, sebbene per tali analisi di vulnerabilità si impiega la metodologia Vulnus, di cui si dirà in seguito.

e resistenza molto differenti tra loro; è il caso di interventi che hanno visto la realizzazione di elementi strutturali in cemento armato o alterazioni strutturali incongrue, come ampliamenti e sopraelevazioni. Anche qui la scelta dell'aggregato è perché esso è rappresentativo di tutte le problematiche e le peculiarità del centro storico Aquilano. La conoscenza preliminare e la conseguente interpretazione del comportamento strutturale sono la premessa fondamentale per la progettazione dell'intervento. Il percorso della conoscenza, si basa su quanto stabilito dalle Linee Guida e si articola nell'individuazione dell'aggregato, con la caratterizzazione del contesto ambientale ed urbano, nel rilievo geometrico dello stato di fatto, nelle ipotesi di formazione ed evoluzione dell'aggregato, nel rilievo costruttivo-strutturale, nella caratterizzazione meccanica dei materiali mediante diagnosi visiva e diagnostica strumentale di diversi livelli di invasività, nella conoscenza del terreno e delle fondazioni per la corretta modellazione strutturale, nel rilievo dello stato di danno, dei dissesti e del degrado. Contemporaneamente si è proceduto all'analisi della sismicità storica e alla definizione dell'azione sismica di riferimento per poi poter procedere alla definizione dei criteri di modellazione ed analisi. Come detto inizialmente, il lavoro approfondisce soprattutto gli aspetti inerenti i metodi di modellazione e analisi strutturale proposti dalle Linee Guida e gli esiti di queste in relazione alla proposta degli interventi di mitigazione della vulnerabilità, tutto in relazione alle caratteristiche dell'edilizia in aggregato sinteticamente prima enunciate. Le analisi di vulnerabilità sono svolte sia con riferimento al comportamento locale delle porzioni di fabbrica dell'aggregato sia con riferimento al comportamento globale per il quale le strumentazioni a disposizione presentano diverse difficoltà di applicazione operativa e spunti di riflessione. In particolare, il lavoro concentra l'attenzione sulla modellazione di porzioni murarie con differenti modelli

Un'altra cospicuo ramo di ricerca indaga le caratteristiche di vulnerabilità degli aggregati al fine di evidenziare le caratteristiche costruttive del centro storico in cui questi sorgono e, quindi, fornire un supporto ai professionisti che, impegnati nella verifica dell'unità strutturale di propria competenza, devono assolvere agli impegnativi compiti imposti dalla normativi in tema di aggregati. A questo scopo numerose ricerche sono indirizzate alla definizione di procedure, spesso definite 'speditive' per l'ottenimento di conoscenza dei materiali, della morfologia e degli aspetti costruttivi delle strutture murarie, del comportamento meccanico e dei conseguenti possibili meccanismi di collasso di edifici complessi. In questa famiglia di studi si segnalano in particolar modo i casi di Castelluccio

di Norcia⁵⁸⁹, di Sulmona⁵⁹⁰, di Poggio Picenze⁵⁹¹.

Gli studi condotti su Castelluccio di Norcia hanno mirato a definire una metodologia di indagine per la conoscenza degli edifici e della loro vulnerabilità, per la costituzione di un database di dati utile ai singoli professionisti. Castelluccio di Norcia (PG) è un piccolo nucleo urbano con sviluppo elicoidale risalente al XIII secolo e posizionato su una collina a 1453 m sul livello del mare; il ruolo di controllo e difesa dei pascoli e del territorio circostante ha fortemente condizionato lo sviluppo morfologico del centro abitato, sviluppatosi sul versante a sud del poggio, dunque più esposto al sole, e rivolto verso la strada che prosegue per Norcia. La viabilità interna si sviluppa concentricamente intorno al colle a diverse quote suddividendo l'abitato in quattro gironi degradanti; si formano così degli archi divisi dalle vie principali tagliate a loro volta da percorsi pedonali a raggiera che conducono verso il centro. Castelluccio non ha subito gravi danni in seguito al sisma del 1997, ma diverse porzioni strutturali hanno evidenziato l'aggravarsi di condizioni che ne hanno giustificato un controllo preventivo. La complessità dell'approccio è nel cospicuo numero di aspetti da considerare nello studio. Si sono considerati dieci isolati rappresentativi delle tipologie del centro storico dal punto di vista delle caratteristiche dei materiali, delle tecniche costruttive e delle strutture e sono state condotte procedure automatiche di valutazione della vulnerabilità messe a punto dall'Università di Padova⁵⁹² che hanno fornito

⁵⁸⁹ Insieme ad altri sei centri in Liguria

L. BINDA, G. CARDANI, C. MODENA, M.R. VALLUZZI, *Indagini conoscitive per lo studio degli aggregati storici: il caso di Castelluccio di Norcia (PG)*, XII Convegno ANIDIS L'Ingegneria Sismica in Italia, 10-14 giugno 2007, Pisa.

L. BINDA, G. CARDANI, M. MUNARI, C. MODENA, M.R. VALLUZZI, *Analisi di vulnerabilità sismica degli aggregati storici: il caso di Castelluccio di Norcia*, XII Convegno ANIDIS L'Ingegneria Sismica in Italia, 10-14 giugno 2007, Pisa.

⁵⁹⁰ L. BINDA, A. ANZANI, G. CARDANI, A. MARTINELLI, *Valutazione della vulnerabilità sismica di edifici complessi in muratura: casi di studio nei centri storici di Sulmona (AQ)*, XIII Convegno ANIDIS L'Ingegneria Sismica in Italia, Bologna 2009.

⁵⁹¹ R. FONTI, A. FORMISANO, F. M. MAZZOLANI, *L'edificato storico di Poggio Picenze (AQ): il caso studio di un aggregato su pendio*, XIV Convegno ANIDIS L'Ingegneria Sismica in Italia, Bari 2011.

⁵⁹² Metodologia 'Vulnus' e 'C sisma'. La metodologia Vulnus elabora i dati ottenuti dal rilievo di un campione di edifici sia isolati che inseriti in nuclei complessi interagenti e valuta il livello critico di accelerazione orizzontale media applicata agli edifici, corrispondente all'attivazione di meccanismi di collasso nel piano di due sistemi di pareti parallele, e fuori dal piano delle singole pareti. La procedura individua i meccanismi più deboli sulla base dei diversi livelli di accelerazione previsti per le varie zone sismiche e restituisce per gli edifici degli indici che permettono un'analisi preliminare della vulnerabilità sismica. Invece, la procedura automatica c-sisma automatizza l'analisi dei meccanismi elementari di danno, ossia del comportamento meccanico dei singoli macroelementi strutturali individuabili in un edificio. Tale metodologia, basata sulla catalogazione sistematica dei più probabili meccanismi di danno fuori piano per strisce verticali di muratura, 6 meccanismi di danno fuori piano per strisce orizzontali di muratura, 5 tipi di rottura nel piano per catene cinematiche e 4 condizioni di collasso fuori piano per pareti di cui sia nota la tessitura. Restituisce il calcolo del moltiplicatore delle masse sismiche che attiva il meccanismo considerato. La metodologia vulnus è in grado di elaborare gli scenari di danno attraverso specifici grafici che riportano in ascissa l'intensità del fenomeno sismico e in ordinata la percentuale di edifici che subisce danni maggiori di un certo livello. È infine possibile confrontarlo scenario di danno ottenuto con Vulnus per il gruppo di edifici in esame con gli andamenti degli

indicazioni sulla vulnerabilità singola e di gruppo, fino all'individuazione delle curve di fragilità e degli scenari di danno riferiti alle categorie previste dalla scale di intensità macrosismica europea EMS-98. Anche in questo studio, l'impostazione di una corretta e approfondita conoscenza preliminare è la *conditio sine qua non* sarebbe possibile impostare una significativa interpretazione del comportamento strutturale e della modellazione.

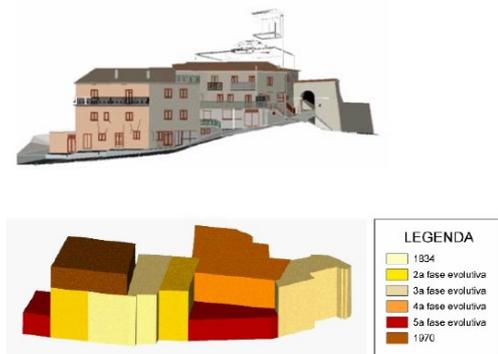


Fig.1 - Stratigrafia volumetrica di un edificio residenziale complesso a Castelluccio di Norcia.

Immagine tratta da L. BINDA, G. CARDANI, C. MODENA, M.R. VALLUZZI, *Indagini conoscitive per lo studio degli aggregati storici: il caso di Castelluccio di Norcia (PG)*, XII Convegno ANIDIS L'Ingegneria Sismica in Italia, 10-14 giugno 2007, Pisa.



Fig.2 - Tipologia costruttiva e rilievo di una muratura appartenente ad un edificio rurale a schiera a Castelluccio di Norcia.

Anche nel caso studio del centro storico di Sulmona l'obiettivo è stato elaborare una procedura per la conoscenza articolata dei materiali, della morfologia e degli aspetti costruttivi delle strutture murarie, del comportamento meccanico e dei possibili meccanismi di collasso di edifici complessi. Il primo passo della ricerca è consistito nella comprensione delle regole che hanno guidato lo sviluppo e la crescita del costruito storico; l'architettura diffusa presenta una tecnica costruttiva povera con edifici in muratura di pietra e solai e coperture in legno. Nonostante l'uso della medesima tecnica costruttiva, gli edifici differiscono in funzione della tipologia – se isolati o in linea – o della localizzazione, se siti pianeggianti ad elevata pendenza. Riconoscere tipologie e caratteristiche degli elementi costruttivi è importante per la creazione di un catalogo delle caratteristiche degli elementi costruttivi dell'architettura locale. L'importanza del riconoscimento delle diverse tipologie di edifici in vista della definizione della loro vulnerabilità sismica, dipende dalla corrispondenza tra tipologia costruttiva e i meccanismi di danno. Qualunque tipologia mostra problemi specifici legati alla propria particolare destinazione d'uso. Tale differenziazione non solo ha influenzato la soluzione costruttiva originale e la qualità della struttura muraria, ma dovrà poter influenzare la scelta dell'intervento e della sua messa in

scenari definiti dalla scala di intensità macrosismica EMS98 per le classi A B e C e per matrici di probabilità di danno moderato d2 e pesante d3.

sicurezza. A tal fine per ogni tipologia edilizia sarà necessario individuare e gestire diversi livelli di indagine, modellazioni, verifiche e specifiche tecniche di consolidamento, in grado di soddisfare anche le esigenze della destinazione d'uso. Poi si è proceduto alla compilazione della scheda di valutazione della qualità muraria applicandola agli edifici selezionati caratterizzati da paramenti faccia a vista. Il comportamento della muratura dipende strettamente dalla tecnica costruttiva, riscontrabile attraverso l'osservazione della sezione muraria, in quanto il prospetto non rivela come la muratura sia stata costruita, perché a tessiture apparentemente simili possono corrispondere differenti tipi di sezione. Da queste considerazioni deriva la modellazione dei meccanismi in piano e fuori dal piano. Nel caso specifico, la maggior parte degli edifici è risultata caratterizzata da una muratura in pietra disordinata a tre paramenti, con elementi di natura calcarea e malta a base di calce molto friabile. Ancora, è stata elaborata per gli edifici analizzati una scheda per il rilievo tipologico e dei danni sismici agli edifici per l'individuazione dei danni e delle vulnerabilità. Dalla scala urbana alla scala d'aggregato sono stati scelti alcuni aggregati edilizi e sono stati sottoposti sistematicamente a rilievo geometrico dell'edificio e del quadro fessurativo, interpretazione del quadro fessurativo e definizione del danno o dei meccanismi di collasso che possono attivarsi, verifica degli ammorsamenti tra le pareti e tra queste e le volte e le coperture, caratterizzazione in situ delle murature con indagini soniche e martinetti piatti, campionamento e caratterizzazione in laboratorio di malte, intonaci e pietre mediante prove fisiche, chimiche e meccaniche.

La valutazione della vulnerabilità sismica degli edifici storici deve consistere in una procedura articolata basata su informazioni di tipo diretto e indiretto, che porti all'identificazione dei possibili meccanismi di collasso attivabili da un terremoto e che consenta di scegliere i modelli analitici più appropriati.

I risultati della fase di indagine sono stati impiegati per l'applicazione del programma di calcolo *Vulnus* al fine di ottenere una valutazione della vulnerabilità sismica globale, basata sulla valutazione probabilistica della percentuale di unità strutturali che eccedono il rapporto tra capacità e domanda, ovvero tra l'accelerazione di risposta media e l'accelerazione di gravità.

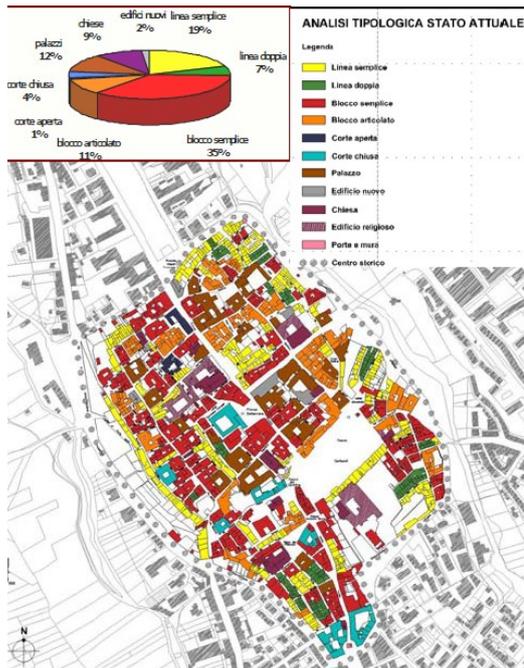


Fig. 1 - Distribuzione delle diverse tipologie edilizie nel centro storico di Sulmona.

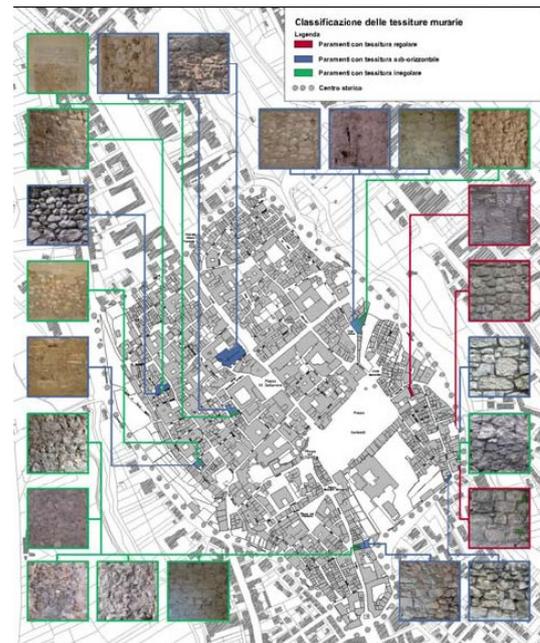


Fig. 2 - Individuazione degli edifici rilevati con muratura faccia vista nel centro storico di Sulmona.

Immagine tratta da L. BINDA, A. ANZANI, G. CARDANI, A. MARTINELLI, *Valutazione della vulnerabilità sismica di edifici complessi in muratura: casi di studio nei centri storici di Sulmona (AQ)*, XIII Convegno ANIDIS L'Ingegneria Sismica in Italia, Bologna 2009.

Singolare è il caso studio di alcuni aggregati del centro storico di Poggio Picenze, in provincia de L'Aquila, poiché la particolare conformazione del sito, caratterizzato da aree a diversa orografia e geologia, ha influito sulle modalità costruttive e sullo sviluppo planimetrico del tessuto edilizio. Si è, quindi, distinto un edificato a carattere medioevale con andamento parallelo alle curve di livello e uno a carattere lineare lungo un asse viario principale. Le fonti di vulnerabilità riscontrate sono state diverse; di tipo sismico, con fenomeni locali di amplificazione; di tipo statico, per l'assenza di manutenzione delle costruzioni; di tipo tecnico-costruttivo per le deficienze strutturali proprie di quest'area e dovute alla presenza di zone localmente instabili. Poi, per quanto emerso dall'analisi del danno, su ciascun aggregato ha influito notevolmente la collocazione dell'unità e la quota di posizionamento. In sostanza si sono registrati meccanismi di collasso non codificati in letteratura, dovuti alle modalità compositive della muratura e influenzati da tecniche di consolidamento errate o manomissioni della distribuzione architettonica dell'edificio: sono murature composte da elementi lapidei di dimensione ridotta e appena sbozzati, posti in opera con malta di calce a spessore variabile e granulometria degli inerti media. La composizione terrosa della malta favorisce fenomeni di degrado e perdita degli elementi lapidei. Sebbene le murature appaiono ben apparecchiate e rinzeppate la pezzatura ridotta degli elementi non lascia dubbi sulla totale assenza di collegamenti trasversali; l'assenza di monoliticità trasversale è il peggiore dei difetti nelle pareti in muratura perché risultano

fortemente vulnerabili nei confronti delle sollecitazioni fuori dal loro piano. Ma i cantonali e gli ammorsamenti fra paramenti sono risultati efficaci, di conseguenza si è verificata l'espulsione di una delle due cortine componenti il paramento per l'azione di vincolo laterale svolta dai cantonali che hanno causato un'ellisse di schiacciamento con asse orizzontale. Nel caso di Poggio Picenze, più che altrove, è emerso che la decifrazione delle caratteristiche morfologiche delle murature è di fondamentale importanza per la lettura della reale vulnerabilità dei pannelli murari soggetti alle azioni sismiche. Lo studio dettagliato delle modalità costruttive ha permesso di pensare ad un sistema di consolidamento semplice ed originale, consistente sull'impiego di elementi trasversali in legno posati in opera a secco ed inseriti nello spessore del muro. Tale intervento capace di garantire monoliticità all'intero apparato murario, va affiancato alla rinzeppatura profonda dei giunti di malta previo accertamento del degrado delle malte in opera dell'intero paramento murario. Le zeppe non hanno solo il compito di colmare i vuoti generati dall'irregolarità delle pietre sbozzate, ma devono soprattutto garantire continuità di contatto fra le pietre. L'intervento appena descritto è stato applicato su alcuni aggregati del centro storico de L'Aquila con risultati sperimentali ritenuti positivi⁵⁹³.



Fig. 1 - Muratura di Poggio Picenze con in evidenza uno dei paramenti non crollato in seguito al sisma. Si evidenzia un danneggiamento di primo modo non attivato (danno estremamente debole).

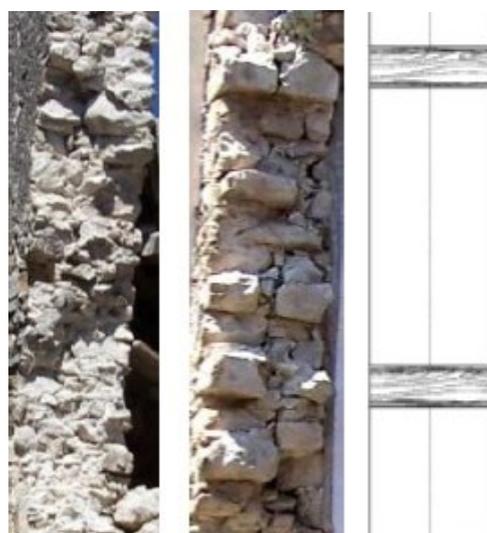


Fig. 2 - Schematizzazione di un possibile intervento di rinforzo per le murature di Poggio Picenze: inserimento di elementi trasversali in legno nello spessore del muro – raffronto fra sezioni di differente qualità muraria (scadente e discreta).

Immagine tratta da R. FONTI, A. FORMISANO, F. M. MAZZOLANI, *L'edificato storico di Poggio Picenze (AQ): il caso studio di un aggregato su pendio*, XIV Convegno ANIDIS L'Ingegneria Sismica in Italia, Bari 2011.

⁵⁹³ A. Borri, M. Candela, R. Fonti, Sperimentazioni al vero nel centro storico de L'Aquila – Pannelli murari diversamente consolidati e sollecitati fuori dal piano: prime note, Atti del XV Convegno ANIDIS L'Ingegneria sismica in Italia, 19-22 settembre 2011, Bari.

3.3 Gli esiti in termini di restauro e di sicurezza sismica.

Alla luce di quanto esposto fino a questo momento è opportuno fare alcune considerazioni che evidenzino gli esiti della prassi in riferimento alle azioni di restauro e di sicurezza sismica intraprese.

Innanzitutto, emergono alcune riflessioni con riferimento specifico al caso umbro-marchigiano, abruzzese e emiliano. Poi, in generale, occorre distinguere, in primo luogo, i due momenti in cui può realizzarsi l'intervento di restauro, ovvero post o ante sisma; in secondo luogo, occorre distinguere la scala dell'oggetto di intervento, ovvero se si tratta di un edificio 'monumentale' di un importante centro storico, di un edificio 'monumentale' di un centro storico minore e, ancora più in generale, del tessuto storico in aggregato di numerosi centri storici minori.

Indubbiamente, la differenza negli esiti della gestione dell'emergenza tra il sisma del 2009 – giudicata essenzialmente come 'negativa' – e il sisma del 1996 o del 2012 – al contrario, ritenute esperienze tutto sommato 'positive' – è dipeso anche dalla gestione politica della stessa. Il primo aspetto che ha influito, e che influisce in generale, sulla cattiva gestione della fase post-emergenza è la mancanza di memoria storica delle esperienze passate che hanno già colpito numerose volte il nostro Paese a partire dagli inizi del XX secolo. La conoscenza di questi momenti storici – dal terremoto di Messina e Reggio Calabria, ad Avezzano, al Belice, al Friuli, all'Irpinia – o meglio degli effetti del sisma sul patrimonio di architettura storica e delle azioni politiche intraprese, delle modalità di gestione dell'emergenza e della fase post emergenza, nonché degli esiti delle attività con specifico riferimento al tema della conservazione e della sicurezza del patrimonio di architettura storica dovrebbero costituire un bagaglio di conoscenze indispensabile per quanti, a vario titolo, sono chiamati a tracciare le linee di azione all'indomani del sisma. La mancanza di questo tipo di riflessione è emersa soprattutto nella deludente gestione dell'emergenza del 2009 in Abruzzo, di cui ancora oggi se ne pagano le conseguenze. Basti pensare che la notizia che «*Finalmente a L'Aquila si lavora davvero*» è del sette gennaio 2016, del prof. Tomaso Montanari che, in un articolo di Repubblica, sottolinea come a sei anni e mezzo dal terremoto la città sia ancora un grande cantiere⁵⁹⁴ dove non mancano i problemi, da quelli tecnico-metodologici, che spaziano dalla mancanza di un piano del colore alla mancanza di una di visione d'insieme che sappia cogliere l'occasione di migliorare il tessuto edilizio, a quelli di tipo sociale, poiché se è vero

⁵⁹⁴ Questo secondo Montanari grazie all'impegno di Fabrizio Barca, fino al 2013 ministro per la coesione territoriale del Governo Monti, indicato come uno dei veri artefici della ripartenza

che la città di pietra inizia a rinascere si tratta in realtà di «una quinta senza popolo» e il passare del tempo non fa altro che allontanare dalla reale possibilità di invertire la tendenza innescata. Il discorso esula un po' dalle finalità di questo breve testo, perché nel caso de L'Aquila le operazioni intraprese sono soprattutto di 'ricostruzione' piuttosto che di 'restauro'. La linea di confine si fa sottile, ma una verità quanto mai oggettiva è che «la ricostruzione non può essere solo edilizia e ingegneristica: deve diventare sociale, civile»⁵⁹⁵.

All'aspetto inerente le problematiche di gestione dell'emergenza, che pure influisce sugli esiti del restauro e della sicurezza, si aggiungono le specificità degli effetti dell'evento sismico nel territorio di riferimento. Ogni territorio ha le proprie peculiarità con le quali poi bisogna raffrontarsi nel corso delle emergenze. Mentre a L'Aquila, e nei centri minori del cratere, il carattere distruttivo del sisma ha lasciato poco spazio a ragionamenti di tipo rigenerativo del tessuto urbano investito dalla catastrofe – per cui, da subito, la parola chiave è stata quella della 'ricostruzione' – in Emilia, sebbene gli effetti siano stati altrettanto devastanti e abbiano investito una vasta area, c'è stata la possibilità di impostare un ragionamento diverso, tendente a cogliere le opportunità che nella tragedia pur si erano configurate.

È emerso poi, nel corso dello studio dei casi presentati nei precedenti paragrafi, che la maggioranza dei danni verificatesi è il risultato di cattive pratiche restaurative diffuse per tutto il corso del XX secolo e, in particolare, negli anni '60-'70 del secolo scorso.

Anche gli studi condotti sui centri storici dell'aquilano mostrano come molti scenari di danno sono stati causati dall'insufficiente conoscenza dell'architettura muraria, dimostrata dall'utilizzo diffuso di soluzioni incongrue e dalla scarsa manutenzione dei fabbricati; solo in parte i danni sono imputabili a mancanze della tecnica costruttiva, o al superamento di una resistenza limite della costruzione muraria storica nei confronti del terremoto.

Per queste ragioni è buona norma che l'intervento sulle costruzioni in muratura sia accompagnato da un'approfondita conoscenza del fabbricato, delle sue vulnerabilità e dei suoi punti di forza, insieme ad una conoscenza di base del sistema strutturale murario in generale⁵⁹⁶.

E per queste ragioni che, ai fini di un'azione di tipo preventivo, il primo passo da compiere per il miglioramento sismico dell'architettura storica è incrementare gli studi tesi alla

⁵⁹⁵ T. MONTANARI, *Così risorge la città di pietra ma è una quinta senza popolo*, in «Repubblica», 07 gennaio 2016, p.29.

⁵⁹⁶ C. BLASI (a cura di), *Architettura storica e terremoti. Protocolli operativi per la conoscenza e la tutela*, Wolters Kluwer Italia, 2013, p.175.

conoscenza delle diverse realtà costruttive del nostro Paese, studi che devono partire dalla scala urbana e territoriale che, però, si badi bene, non è definita da limiti 'comunali' bensì dal riconoscimento di quelle caratteristiche comuni di un territorio in termini di evoluzione storica, materiali e tecniche costruttive, per poi approfondire con riferimento al caso specifico, con la metodologia propria del progetto di restauro a scala architettonica, l'eventualità di interventi per il miglioramento sismico.

Al di là delle vicende specifiche di ciascun capoluogo di provincia all'indomani del sisma del 2009 e del 2012, è emerso che i temi del dibattito scientifico si sono calati con difficoltà e con ritardo nell'operatività. Questo aspetto è stato dimostrato dalla tempestiva azione di istituzione di uno sportello specifico per i professionisti impegnati in interventi di riparazione e rafforzamento strutturale da parte della Direzione Generale per i Beni Culturali della regione Emilia, la quale si è resa conto, da subito, della necessità di istituire un dialogo continuo con il mondo professionale per pervenire a soluzioni ragionevoli in termini di restauro, di sicurezza sismica e di costi. L'obiettivo è stato quello di provare a garantire risultati di qualità. Il restauro dell'edilizia storica minore passerà per le mani dei piccoli o medi studi professionali e si tratta quindi non di stimolare l'eccellenza di pochi che trova vie naturali per manifestarsi, ma la competenza di molti.⁵⁹⁷ Purtroppo l'emergenza di alcuni si tramuta spesso in un momento speculativo per altri e gli uffici devono fronteggiare anche questo aspetto, valutando la compatibilità degli interventi proposti sotto molteplici punti di vista, non solo quello tecnico.

In secondo luogo, considerando ancora la fase post sismica, emerge che le azioni riparatrici, decise 'a qualunque costo', rischiano di trasformarsi in una sorta di complicato quanto inutile 'accanimento terapeutico', che non si ha il coraggio di riconoscere come tale⁵⁹⁸.

A questo aspetto, si aggiunge il fatto che le caratteristiche di unicità e peculiarità del patrimonio architettonico diventano spesso la scusa per ogni rilevata difficoltà ad operare nell'emergenza, dalla rilevazione del danno alla scelta delle metodologie di pronto intervento fino alla programmazione della fase d'intervento vero e proprio⁵⁹⁹.

A questo proposito si devono configurare due diversi e contemporanei modi di agire: la messa in sicurezza di quanto rimasto dopo il terremoto, con interventi che garantiscano il

⁵⁹⁷ C. BAGGIO, *Il restauro antisismico e la regola dell'arte*, in «Ricerche di Storia dell'Arte», n99, p.23

⁵⁹⁸ M. GUCCIONE, M. R. NAPPI, A.P. RECCHIA, *Patrimonio culturale e disastri. L'impatto del sisma sui beni monumentali. Prospettive di prevenzione*, Gangemi Editore, febbraio 1998, p.12.

⁵⁹⁹ M. GUCCIONE, M. R. NAPPI, A.P. RECCHIA, *Patrimonio culturale e disastri. L'impatto del sisma sui beni monumentali. Prospettive di prevenzione*, Gangemi Editore, febbraio 1998, p.12.

mantenimento dell'autenticità e dunque il testo vivo, l'archivio materiale, e una nuova progettazione che assicuri al contesto urbano un sistema funzionale. Si potrebbe in tal modo garantire il mantenimento dell'esistente che ha resistito al sisma e l'integrazione di questo, divenendo così, l'intero processo, testimonianza di storia, memoria di una realtà che non ha cessato di vivere, di una stratificazione che si è progressivamente compiuta e, al contempo, di un processo di formazione di nuovi elementi funzionali all'esistente stesso⁶⁰⁰.

Ci si accorge così che la volontà di ricostruire per porre rimedio alla vulnerabilità dell'esistente, con la precisa intenzione di restituire un'identità uguale al pre-terremoto, può costituire motivo di cancellazione anche di quanto il sisma ha risparmiato⁶⁰¹. Si dimentica spesso che il restauro non è il ripristino, che restauro non è recupero.

In questo contesto sembra che l'azione dell'architetto restauratore scompaia per lasciare il posto a tecnici puri che con le più avanzate tecnologie a disposizione, dalla fase di indagine conoscitiva a quella di valutazione del comportamento strutturale fino alla promozione dell'intervento, sono gli unici in grado di fornire la soluzione adatta ad ogni situazione.

Un altro discorso che riguarda gli esiti in termini di restauro e sicurezza alla luce degli eventi sismici esaminati è quello che implica il confronto tra 'piccoli' e 'grandi' centri, architettura 'monumentale' e tessuti storici minori. In seguito al sisma le attenzioni si concentrano soprattutto intorno alle singole emergenze architettoniche con un grosso dispendio di energie professionali ed economiche. Nonostante il sisma di Umbria e Marche abbia provato a tracciare una strada operativa diversa, questo aspetto permane.

Negli ultimi anni si è registrato un notevole incremento degli studi e delle ricerche tese alla conoscenza del tessuto storico minore e all'elaborazione di metodologie per la conservazione, con particolare riferimento alla sicurezza sismica e all'architettura in forma di aggregato che, quasi sempre, caratterizza questi centri. La comunità scientifica si pronuncia continuamente sull'importanza della conservazione di questi centri che, seppur minori, caratterizzano l'unicità del patrimonio architettonico del nostro Paese e, dunque, come mostrato nel corso del paragrafo 3.2, le esperienze sono diverse e diffuse sul territorio nazionale. È senza dubbio questo un aspetto positivo ma, all'indomani del verificarsi del sisma – al di là delle prime operazioni strettamente legate alla fase di gestione dell'emergenza e, quindi, caratterizzate dalle azioni di messa in sicurezza – questi centri non

⁶⁰⁰ R. IENTILE, M. NARETTO, *Patrimonio architettonico e rischio sismico. Un percorso tra conoscenza e obiettivi di conservazione*, pp.9-11.

⁶⁰¹ R. IENTILE, M. NARETTO, *Patrimonio architettonico e rischio sismico. Un percorso tra conoscenza e obiettivi di conservazione*, pp.9-11.

sono oggetto della medesima attenzione tecnica, operativa, accademica, professionale e mediatica che caratterizza i centri storici principali, o comunque, le emergenze architettoniche di tipo ‘monumentale’ di questi. È quello che emerge ancora oggi da una ricognizione del territorio del cratere emiliano, come si può evidenziare dalle foto che seguono o dalle altre, scattate recentemente, presenti nel capitolo.



Fig. - San Felice sul Panaro, scorci di una strada del centro storico con gli edifici messi in sicurezza da opere provvisorie. Foto di Marianna Pandolfo e Fabio Camaggi, 31 gennaio 2016.
In sostanza, la denuncia di Marco Dezzi Bardeschi, per cui nel corso del terremoto umbro - marchigiano la concentrazione massima fu riservata alle attività intorno la basilica d'Assisi, si ripete in ugual misura per L'Aquila, con i casi, ad esempio, di Santa Maria di Collemaggio o di Santa Maria Paganica, o per l'Emilia, dove mentre a Ferrara il sisma è solo un ricordo che ha permesso di innescare pratiche virtuose di rigenerazione urbana, al contrario i piccoli comuni del ferrarese e del modenese vivono ancora in una situazione di disagio.



Fig. – Mirandola, scorci di alcune strade del centro storico. In evidenza lo spigolo del fabbricato a sinistra, nel quale si è attivato un meccanismo di ribaltamento del cantonale. Foto di Marianna Pandolfo e Fabio Camaggi, 31 gennaio 2016.

Entità dei danni, fattori emotivi, volontà di intervenire in tempi contenuti, voglia di cancellare le ferite fisiche di un evento traumatico possono ancora oggi, non tanto nella comunità scientifica, quanto negli operatori fattivamente coinvolti nella ‘ricostruzione’, portare alla definizione di interventi che privilegino l’immagine del costruito storico ante sisma, psicologicamente rassicurante, piuttosto che la conservazione della materia stratificata sopravvissuta. A tal proposito, Paolo Marconi scrive: *«I terremoti sono affini alla guerra nell’immaginario collettivo, e dunque richiedono anch’essi un cerimoniale di rimozione collettiva dell’evento tragico subito che esprima la volontà di restituire, ad un’architettura sentita come patrimonio collettivo e alla cornice urbana che la ospita, una realtà corporea senza la quale sarebbe un fantasma cartaceo. Una regressione, certo, ma costruttiva: da quel sentimento di carenza profonda, da quella necessità di perpetuare la memoria di alcuni contesti urbani e di alcune costruzioni grazie alle loro repliche materiali è nata la consuetudine universale del restauro architettonico»*⁶⁰²

Le ragioni addotte possono essere molte, su tutta una: la mancata conoscenza porta a credere che migliorare un edificio storico significa modificarlo profondamente, in qualche modo ‘ringiovanirlo’. Di pari passo procede l’intervento sulla città storica nel suo complesso: l’invocata ‘rinascita’ coincide spesso con la messa a punto di un’immagine idealizzata, da cartolina, del ‘nuovo’ centro storico. Questo anche perché la coincidenza temporale dei finanziamenti straordinari per la ricostruzione porta all’intervento simultaneo: la diacronia della città storica viene congelata da opere che, in situazione ordinaria, state realizzate nel corso di anni.

Quindi, i centri storici, già colpiti dal sisma, rischiano di essere cancellati nella loro sostanza proprio da quelle opere che dovrebbero garantirne il miglioramento e la sopravvivenza⁶⁰³.

⁶⁰² P. MARCONI, *Editoriale*, in «Ricerche di Storia dell’Arte», n99, p.4.

⁶⁰³ C. BLASI (a cura di), *Architettura storica e terremoti. Protocolli operativi per la conoscenza e la tutela*, Wolters Kluwer Italia, 2013, p.175.p.136



Fig. - Mirandola, scorci delle strade del centro storico in cui numerosi edifici presentano ancora opere provvisorie di messa in sicurezza. Foto di Marianna Pandolfo e Fabio Camaggi, 31 gennaio 2016.

Un cenno meritano gli studi che si concentrano sull'approfondimento delle modellazioni strutturali avanzate delle opere in muratura – che pur influiscono sugli esiti in termini di conservazione e sicurezza –, per poter confrontare l'attendibilità dei numerosi software in commercio. Sono attività utili che il sisma consente di porre in essere, ma che non devono distogliere dalle peculiarità dell'architettura oggetto di intervento da preservare.

È importante cercare di comprendere quanto la fase di conoscenza possa incidere positivamente sulla modellazione strutturale e, poi, considerare gli eventuali risultati quantitativi sempre in rapporto ad analisi qualitative e alle specifiche valenze del bene, per evitare di perdere quel contatto con la realtà materiale che spesso l'impiego di tecnologie e procedure comporta.

Emergono studi, ricerche e applicazioni post sisma su casi concreti che coinvolgono analisi di vulnerabilità, valutazioni della risposta sismica delle strutture e interventi che tengono in conto, non solo, dei principi del restauro, ma soprattutto della 'materia' sulla quale operano.

Se è vero che esiste una corrispondenza biunivoca tra l'analisi del quadro fessurativo e la definizione della patologia, è altrettanto vero che non esiste la stessa corrispondenza tra patologia e intervento e, in questo senso, gli studi e soprattutto le applicazioni di ricerca devono mostrare la capacità dell'intervento di calarsi nel caso per caso e di correlare con efficienza la fase di analisi a quella di intervento diretto sul bene.

È opportuno, però, evidenziare anche alcuni aspetti positivi che sono emersi. Innanzitutto il progredire degli studi dal punto di vista teorico, sia con riferimento agli aspetti metodologici che a quelli applicativi: la presa di coscienza della irrinunciabile necessità di conoscere prima di intervenire, la necessità di considerare il contesto ‘strutturale’ del nostro intervento e le interazioni con questo in occasione della nascita del concetto di ‘aggregato’ con riferimento agli aspetti di tipo sia urbanistico che strutturale e, dunque, la conferma del carattere interdisciplinare delle operazioni di restauro e l’ampliamento di esperienze di ricerca applicata; ancora, dal punto di vista operativo, l’importanza dell’affidamento alle istituzioni territoriali della fase di gestione della prima emergenza con il supporto della protezione civile e dei vigili del fuoco, in un rapporto di dialogo e collaborazione per evitare dispendio di risorse ed energie umane ed economiche e, soprattutto, ulteriori danni al patrimonio già martoriato; capacità locale delle istituzioni di inquadrare gli interventi in logiche di più ampio respiro per una proiezione futura del territorio e della città, con il coinvolgimento dei tecnici del luogo specializzati nel campo della conservazione dei beni culturali.

Le istanze della sicurezza inconsciamente prevalgono sulla riflessione intorno la conservazione e il restauro, maggiormente nel caso di architettura storica minore in forma di aggregato.

La parola ‘crisi’ nella lingua cinese è composta da due ideogrammi: un primo che significa problema e un secondo che significa opportunità. Con riferimento alla crisi territoriale che produce un sisma e, dunque, con riferimento alla crisi del patrimonio architettonico compreso in quel determinato sistema territoriale, sarebbe opportuno cogliere l’opportunità di porre in essere una seria politica di messa in sicurezza del territorio nazionale la quale, si auspica, conduca anche ad un possibile sviluppo economico del paese: «Da consumatori di sicurezza dovremmo diventare operatori di sicurezza»⁶⁰⁴.

⁶⁰⁴ F. Gabrielli in «Materia», numero 75-76, giugno 2013, pp.60-61.

CAPITOLO IV

UNA ESEMPLIFICAZIONE: LA VERIFICA DELLA SICUREZZA STRUTTURALE DI UN AGGREGATO NEL CENTRO STORICO DI SOMMA VESUVIANA (NA)

La riflessione sull'attualità della conservazione deve «essere fortemente ancorata alla 'realtà della modernità', in modo da contribuire alla individuazione di soluzioni concrete»⁶⁰⁵. Il riferimento alla 'realtà' costituisce la condizione per cui 'si fa' restauro: «la prassi [del restauro] è la modalità di realizzazione di un programma culturale al servizio del benessere collettivo»⁶⁰⁶.

Il discorso sul restauro, declinato nel campo del consolidamento, sottende, da sempre, in maniera forte, la questione delle 'due culture', quella umanistica e quella scientifica; ovvero il restauro muove tra temi progettuali di ampio respiro e temi scientifico-strutturali. Si affianca a questo discorso quello di una tradizione che reputa la visione teorica sovrastante su tutto, senza considerare l'aspetto esperienziale della prassi come approccio gnoseologico. Scrive Fancelli: «Naturalmente, ha da trattarsi di un fare sapiente, consapevole, edotto. Che, sì, opera, ma, agendo, s'interroga sul proprio itinerario, sulle proprie finalità, sulle proprie modalità. E, nel contempo, comprende, penetra l'oggetto dell'intervento, lo apprezza meglio e lo conosce [...]. Il che conduce la praxis a porsi potenzialmente in grado di affinare la teoria di partenza: talora, addirittura, di revocarla in dubbio»⁶⁰⁷.

Il capitolo ha questo obiettivo: attraverso l'applicazione su di un aggregato campione, il complesso dei Padri Trinitari nel centro storico del Casamale in Somma Vesuviana, provincia di Napoli, formulare un giudizio finale in termini di conservazione e sicurezza che, tenuto conto dell'iter normativo vigente e delle più avanzate acquisizioni disciplinari, non dimentichi che trattasi di un'operazione di restauro. L'occasione permette di approfondire, teoricamente ed operativamente, alcune riflessioni sviluppate nelle diverse fasi del lavoro. L'auspicio è quello di trasferire all'interno delle politiche integrate di rigenerazione urbana la categoria della 'prevenzione' sismica e, soprattutto, di garantire un concreto equilibrio tra le ragioni della conservazione e le esigenze della sicurezza.

⁶⁰⁵ R. DI STEFANO, *Introduzione ai lavori della sessione La cooperazione internazionale per la conservazione dei monumenti, Attualità della conservazione dei monumenti*, Atti dell'Incontro internazionale di studio su *La Carta di Venezia, trent'anni dopo*, in «Restauro», nn.133-134, 1995, p.101.

⁶⁰⁶ B. G. MARINO, *Attualità di un percorso per la conservazione: l'immanenza dei valori nella ricerca di Roberto Di Stefano*, in A. AVETA E M. DI STEFANO (a cura di), *Roberto Di Stefano. Filosofia della conservazione e prassi del restauro*, Arte Tipografica Editrice, Napoli 2013, p.85.

⁶⁰⁷ P. FANCELLI, *La struttura...presente. Introduzione allo studio della storia del consolidamento*, in P. ROCCHI (a cura di), *Trattato sul consolidamento*, Mancosu Editore, Roma, 2003, pp.A6-A7.

4.1 Le motivazioni della scelta: un aggregato monumentale

Il complesso conventuale dei Padri Trinitari e l'annessa Chiesa di San Francesco sono ubicati nel nucleo antico del centro storico del comune di Somma Vesuviana, il cosiddetto "Casamale"⁶⁰⁸. È un aggregato di particolare pregio del tessuto storico in cui sorge e, rispetto al quale, si differenzia notevolmente per le diverse vicende storico-costruttive che gli sono proprie. Il "Casamale" è l'unico centro storico dei 13 comuni del Parco Nazionale del Vesuvio⁶⁰⁹ a conservare, sebbene con notevoli manomissioni, ancora sostanzialmente integro il tracciato delle antiche mura aragonesi⁶¹⁰, seconde solo alla città di Napoli. Nel corso del tempo numerose costruzioni sono state realizzate a ridosso di queste; si tratta essenzialmente di edilizia residenziale sorta nel corso del XX secolo – in particolare nella seconda metà del '900 – senza alcuna qualità architettonica, ma anche di strutture di pregio per il quartiere, a partire proprio dal complesso conventuale delle Alcantarine, oggi dei Padri Trinitari, sorto nel corso del XVII secolo come monastero per donne monache carmelitane.



⁶⁰⁸ Nel 937 un atto riportato da Bartolomeo Capasso nella sua opera *Monumenta ed Neapolitani Ducatus Historiam pertinentia*, edito in Napoli nel 1888, conferma l'esistenza consolidata della cittadina di Somma e della famiglia "Causamala", che darà il nome, ancora oggi esistente, al nucleo medioevale. Cfr. R. D'AVINO, *Analisi sull'origine delle fortificazioni del borgo medioevale di Somma attraverso le fonti letterarie*, in «Summana», n.66 set 2006, pp.27-28.

⁶⁰⁹ Annunciato dalla Legge quadro sulle aree protette del 1991, il parco nazionale del Vesuvio è stato istituito con il Decreto del Presidente della Repubblica del 5 giugno 1995 per conservare i valori del territorio e dell'ambiente e la loro integrazione con l'uomo; salvaguardare le specie animali e vegetali, nonché le singolarità geologiche; promuovere attività di educazione ambientale, di formazione e di ricerca scientifica. Il Parco occupa una superficie di 8.482 ettari e interessa il territorio di 13 Comuni: Ercolano, Torre del Greco, Trecase, Boscoreale, Boscotrecase, Terzigno, San Giuseppe Vesuviano, Sant'Anastasia, Ottaviano, Somma Vesuviana, Pollena Trocchia, Massa di Somma, San Sebastiano al Vesuvio.

⁶¹⁰ Per approfondimenti sul tema delle mura e fortificazioni del borgo medioevale di Somma vedi anche R. D'AVINO, *Le mura aragonesi*, in «Summana», n.9, aprile 1987, pp.2-5; D. RUSSO, *La datazione delle mura di Somma attraverso le fonti*, in «Summana», n.34, settembre 1995, pp. 18-21; A. DI MAURO, *Le mura del Casamale*, in «Summana», n.41, dicembre 1997, pp.22-23; R. D'AVINO, *Analisi sull'origine delle fortificazioni del borgo medioevale di Somma attraverso le fonti letterarie*, in «Summana», n.66, settembre 2006, pp.27-28.

Fig. 50- Il complesso conventuale dei Padri Trinitari a ridosso della murazione di origine aragonese; in evidenza una delle tre torri che corrono lungo il lotto e la torre inglobata nel convento. Le motivazioni che hanno condotto alla scelta di questo aggregato come caso studio sono diverse. Il complesso dei Padri Trinitari in Somma Vesuviana esercita un notevole fascino già ad un primo e piuttosto superficiale sguardo; si percepisce immediatamente la differenza di 'scala' rispetto al contesto urbano in cui sorge: i volumi del convento e la facciata della Chiesa di San Francesco si impongono con forza sul costruito circostante e definiscono in maniera netta l'ingresso al quartiere, anche se della Porta Terra di accesso da Nord alla cosiddetta "terra murata", che le fonti riferiscono in questo punto⁶¹¹, non resta nulla; neppure la chiesa madre di origine medioevale del quartiere, la 'Colleggiata', sebbene caratterizzata da elementi architettonici e artistici di maggior pregio, è connotata da questa immagine di prepotenza sul costruito circostante: le alte cortine murarie erette da re Ferrante d'Aragona proteggono, ancor oggi, con la loro altezza, l'inviolabilità del severo monastero del centro medioevale.



Fig. 51 Fig.- Un tratto delle mura aragonesi a protezione del convento lungo Via G. Auriemma. Foto 2014.



Fig. 52 - Il tratto delle mura lungo via Giudecca. Foto 2014.

All'ingresso del borgo, l'immagine barocca della facciata della Chiesa di San Francesco annessa al convento è schiacciata dalla stretta via F. D'Aragona che la costeggia. Purtroppo, nel corso del presente lavoro, non tutti i dubbi sull'evoluzione storico-costruttiva del complesso connessa all'evoluzione del quartiere Casamale hanno trovato una risposta soddisfacente.

⁶¹¹ D. MAIONE, *Breve descrizione della regia città di Somma*, Napoli, 1703; cfr. pure R. D'Avino, *Domenico Maione e la sua opera Breve descrizione della regia città di Somma*, in «Summana», n.45, aprile 1992, pp.2-4.



Fig. 53 - Il prospetto lungo via F. D'Aragona. Gli spazi piuttosto angusti non permettono di ottenere una vista d'insieme del fronte. Foto 2014.

Le mura che corrono lungo il lotto e la torre di queste inglobata nel complesso, sono elementi di unicità che caratterizzano l'aggregato oggetto di studio, il quale è sembrato da subito un caso estremamente interessante da approfondire, che apre a numerosi spunti di riflessione inerenti la conservazione del patrimonio di architettura storica nei centri minori, in particolare in forma di aggregato, in relazione alle tematiche strutturali.

Per quanto riguarda gli interni, gli ampi spazi del complesso con ambienti lunghi oltre 40 m sormontati da un'unica volta a botte, le travi emergenti in conglomerato cementizio armato alte circa 50 cm e larghe 100 che coprono luci di oltre 6,5 m – frutto di una spregiudicatezza nell'uso della tecnologia del cemento armato che ha caratterizzato gli anni '50 del secolo scorso – riseghe e 'irregolarità' geometriche di alcuni punti, hanno ulteriormente supportato la scelta dello studio di questo aggregato rispetto ad altri. Infine, per quanto riguarda gli interni della chiesa di San Francesco, questi si caratterizzano per un senso di ascensionalità molto forte, tipico dell'architettura barocca, caratteristica assolutamente impercettibile dall'esterno, dove i volumi aggiunti nel corso del tempo inglobano gli elementi costruttivi dell'architettura storica, come ad esempio la cupola, rendendo piuttosto tozza la percezione dell'intero complesso dall'esterno.



Fig. 54 - Scorcio interno della Chiesa di S. Francesco.



Fig. 55 - Scorcio del campanile della chiesa di S. Francesco dalla via F. D'Aragona.

Dunque, la scelta è ricaduta su questo aggregato all'interno del nucleo del Casamale poiché, sebbene rispecchi le modalità costruttive tipiche del contesto territoriale di appartenenza, si differenzia notevolmente dal contesto in virtù della tipologia architettonica, della originaria destinazione d'uso e delle vicende storiche che l'hanno interessato.

Solitamente, al termine aggregato si associa la generalità del costruito storico, ovvero di quel tessuto che, seppur privo di particolari caratteristiche artistiche o 'monumentali', assume ugualmente un "valore" in quanto «testimonianza di una civiltà particolare, di un'evoluzione significativa»⁶¹². Ne discende una prima considerazione, di ordine pratico, che deriva dall'ampliamento 'quantitativo' dell'oggetto di tutela: «se la tutela e la conservazione riguardano la generalità del costruito, l'impostazione risolutiva dei problemi di ordine strutturale [...] deve tener conto [anche] degli aspetti quantitativi e non solo di quelli qualitativi»⁶¹³. In questo senso, si tenderà alla ricerca di soluzioni facilmente replicabili e adattabili, che consentano all'architetto restauratore di sviluppare soluzioni in rapporto alla situazione particolare ma con procedimenti che siano all'interno delle possibilità progettuali ed esecutive più diffuse. Si passa da una necessità pratica ad un'impostazione che ha anche

⁶¹² Art. 1 Carta di Venezia, 1964.

⁶¹³ A. BELLINI, *L'intervento strutturale nel restauro come stratificazione di "rilevante interesse storico"*, in atti del convegno *Restauro e consolidamento dei beni architettonici e ambientali. Problematiche attuali*, Napoli, 31 marzo -1 aprile 2003, a cura di A. AVETA, S. CASIELLO, F. LA REGINA, R. PICONE, Mancosu Editore, Roma 2005, p.15.

una sua valenza di natura teorica⁶¹⁴. Scrive Amedeo Bellini a riguardo: «Sono le condizioni nelle quali l'intervento si esercita che definiscono i modi attraverso i quali si può realizzare l'obiettivo costituito da due finalità limite: non perdere alcuna testimonianza, quindi conservare tutti i dati che la storia ci ha consegnato; massimizzare con l'intervento le qualità delle funzioni d'uso»⁶¹⁵.

Di conseguenza, il caso studio che qui si presenta, per le motivazioni appena esposte, determina la necessità di riflettere in maniera specifica rispetto a qualunque altro aggregato, principalmente di edilizia residenziale, presente nel centro storico del Casamale: emerge, come sempre accade trattandosi di un'operazione di restauro, la necessità di una riflessione accorta sul tema scelto che, come caso unico in un contesto urbano e storico – costruttivo ben definito potrebbe non appartenere alla 'generalità' del costruito storico e, quindi, in questo senso, richiedere soluzioni specifiche.

Si precisa infine che, sebbene si tratti di un complesso tutelato e di una certa rilevanza architettonica, le notizie storiche a riguardo dell'edificazione e delle trasformazioni subite nel corso del tempo sono state piuttosto scarse.

Il complesso dei Padri Trinitari è un caso studio esemplare per l'applicazione di una politica di conservazione 'integrata'⁶¹⁶, intendendo con questo concetto consolidato nella cultura della conservazione, non solo l'interazione tra gli aspetti urbanistici e quelli conservativi, ma anche l'interazione con le problematiche di tipo strutturale, parte integrante di qualsiasi intervento di restauro.

Il capitolo, dunque, attraverso il caso studio, cerca di porre in evidenza le potenzialità e i limiti dell'attuale normativa, ma anche degli strumenti operativi che in campo strutturale sono in possesso del tecnico che deve soprattutto essere un professionista colto, profondo conoscitore della realtà territoriale in cui opera.

⁶¹⁴ Cfr. A. BELLINI, *L'intervento strutturale nel restauro come stratificazione di "rilevante interesse storico"*, in atti del convegno *Restauro e consolidamento dei beni architettonici e ambientali. Problematiche attuali*, Napoli, 31 marzo -1 aprile 2003, a cura di A. AVETA, S. CASIELLO, F. LA REGINA, R. PICONE, Mancosu Editore, Roma 2005, pp.13-18.

⁶¹⁵ Sull'uso dell'architettura storica vedi ancora A. BELLINI, *L'intervento strutturale nel restauro come stratificazione di "rilevante interesse storico"*, in atti del convegno *Restauro e consolidamento dei beni architettonici e ambientali. Problematiche attuali*, Napoli, 31 marzo -1 aprile 2003, a cura di A. AVETA, S. CASIELLO, F. LA REGINA, R. PICONE, Mancosu Editore, Roma 2005, pp.13-18.

⁶¹⁶ Per approfondimenti sul tema della conservazione integrata e della sua evoluzione in quelle che oggi sono definite attività di rigenerazione urbana vedi A.AVETA, *Restauro e rinnovamento del centro storico di Napoli*, Edizioni Scientifiche Italiane, Napoli, 2009, pp. 11-20 e A. AVETA, *Conservazione integrata e centro storico, tra restauro e rinnovamento urbano*, in A. AVETA, A. CASTAGNARO, *Rigenerazione e riqualificazione urbana*, artstudiopaparo, novembre 2015, pp.55-63.

4.2 Il percorso della conoscenza tra livelli di conoscenza, fattori di confidenza e percezione di valori

Identificazione dell'aggregato: caratteristiche ed evoluzione del contesto urbano

Il complesso dei Padri Trinitari e l'annessa chiesa di San Francesco sorgono all'ingresso nord dell'antico nucleo medioevale del comune di Somma Vesuviana. La città di Somma Vesuviana⁶¹⁷ è situata alle falde settentrionali del Monte Somma, in un territorio molto fertile, sfruttato per l'agricoltura sin da tempi remoti⁶¹⁸, caratterizzato da ville e masserie sparse⁶¹⁹.

⁶¹⁷ La dicitura 'Somma' compare nell'opera *Historia miscella* del cronista Paolo Diacono per indicare un nucleo abitato a nord del monte omonimo. La notizia è, a sua volta, ripresa dall'opera *Historia romana* di Landolfo Sagace in cui si narra l'episodio del sacco di Napoli nel 536 da parte del generale Belisario che richiamò le famiglie dei paesi vicini, tra cui 'Somma', per ricomporre la popolazione decimata della città di Benevento. Nel 937 un atto riportato da Bartolomeo Capasso nella sua opera *Monumenta ed Neapolitani Ducatus Historiam pertinentia*, edito in Napoli nel 1888, conferma l'esistenza consolidata della cittadina di Somma. Per ulteriori approfondimenti sul tema delle origini di Somma Vesuviana è possibile consultare R. D'AVINO, *La prima citazione scritta del nome 'Somma'*, in «Summana», n.1, settembre 1984, pp.2-3; R. D'AVINO, *Analisi sull'origine delle fortificazioni del borgo medioevale di Somma attraverso le fonti letterarie*, in «Summana», n.66, settembre 2006, pp.27-28.

⁶¹⁸ La bibliografia di riferimento sul tema delle origini di Somma Vesuviana e, in generale, sulla storia del territorio e delle sue eccellenze storico, architettoniche e archeologiche è vasta. Si rimanda per approfondimenti a: D. MAIONE, *Breve descrizione della regia città di Somma*, Ed. Nicolò Solofrano, 1703; A. ANGRISANI, *Brevi notizie storiche e demografiche intorno alla città di Somma Vesuviana*, Barca, 1928. Numerosi articoli sulle vicende storiche della città sono pubblicati in «Summana». Si rimanda in particolare a: D. RUSSO, *Evoluzione degli insediamenti agricoli romani sul Somma-Vesuvio*, in «Summana», n.6, aprile 1986, pp.24-27; G. COCOZZA, *Notizie d'archivio (sec. XVIII)*, in «Summana», n.28settembre 1993, pp.8-14; A. BOVE, *Somma nell'età barocca*; in «Summana», n.40settembre 1997, pp.23-24; G. COCOZZA, *Le vicende feudali della terra di Somma tra il XVI e il XVII secolo*, in «Summana», n.40settembre 1997, pp.6-13; D. RUSSO, *La città di Somma nel secolo XVI*, in «Summana», n.54, aprile 2002, pp.11-15; D. RUSSO, *La città di Somma nei secoli XVII e XVIII*, in «Summana», n.55, settembre 2002, pp.8-12; R. D'AVINO, *La zona di Somma al tempo di Roma*, in «Summana», n.3, aprile 1985, pp.2-5.

⁶¹⁹ In particolare, con riferimento al tema archeologico e, in particolare, agli scavi (tuttora in corso) della villa Augustea si rimanda a R. D'AVINO, *La reale Villa di Augusto in Somma Vesuviana*, Napoli, Anacord, 1979; M. AYOAGI, C. ANGELELLI, MATSUYAA, *Lo scavo della cd. Villa di Augusto a Somma Vesuviana (Na). Campagne 2002-2004*, Atti della Pontificia Accademia Romana di Archeologia, Rendiconti III, LXXVIII (2005-2006), pp. 75-109; A. DE SIMONE, *La cd. Villa di Augusto in Somma Vesuviana*, in «Meridione, Sud e Nord del Mondo», XII, n.2-3, 2012, 338-362; M. AYOAGI, C. ANGELELLI, *La cd. Villa di Augusto a Somma Vesuviana (NA). Nuove ipotesi di lettura sulla base delle più recenti ricerche archeologiche*, Atti della Pontificia Accademia Romana di Archeologia, Rendiconti III, LXXXV, 2012-2013, Tipografia Vaticana 2013, pp.171-201. Sul tema delle masserie in particolare si segnala M. CENNAMO, *Le masserie circumvesuviane. Tradizione e innovazione nell'architettura rurale*, Fiorentino Art & Books, Benevento, dicembre 2006; ancora, sempre sulla rivista Summana, contributi specifici sono: R. D'AVINO, *La masseria Resina*, in «Summana», n.31, settembre 1994, pp. 2-8; R. D'AVINO, *La masseria Alaia*, in «Summana», n. 33, aprile 1995, pp. 2-8; R. D'AVINO, *La masseria Ciciniello*, in «Summana», n.35, dicembre 1995, pp.2-8; R. D'AVINO, *La masseria di S. Chiara*, in «Summana», n. 37, settembre 1997, pp.2-5; R. D'AVINO, *Masseria Serpente*, in «Summana», n. 47, dicembre 1999, pp.2-7; R. D'AVINO, *La masseria Cuomero*, in «Summana», n.53, dicembre 2001, pp.2-9; R. D'AVINO, *Le masserie della campagna di Somma*, in «Summana», n.66, aprile 2006, pp.2-6; R. D'AVINO, *Masseria Minardi o De Siervo a Reviglione*, in «Summana», n.67, dicembre 2006, pp.2-7.



Fig. 56 - Il quartiere del Casamale ai piedi del Monte Somma fotografato dalla copertura del complesso conventuale dei Padri Trinitari. Tra il fitto tessuto edilizio, piuttosto fatiscente, tra abusi e superfetazioni, si nota a sinistra la struttura della chiesa madre, la 'Collegiata'. Foto 2014.

Durante l'alto Medioevo l'insediamento si concentrò lungo le pendici più alte del Monte Somma dove, intorno alla metà del X secolo, fu costruita una struttura fortificata⁶²⁰ a difesa del territorio che fu a lungo conteso, per la sua posizione di confine, tra il principato longobardo di Benevento e il ducato bizantino di Napoli.

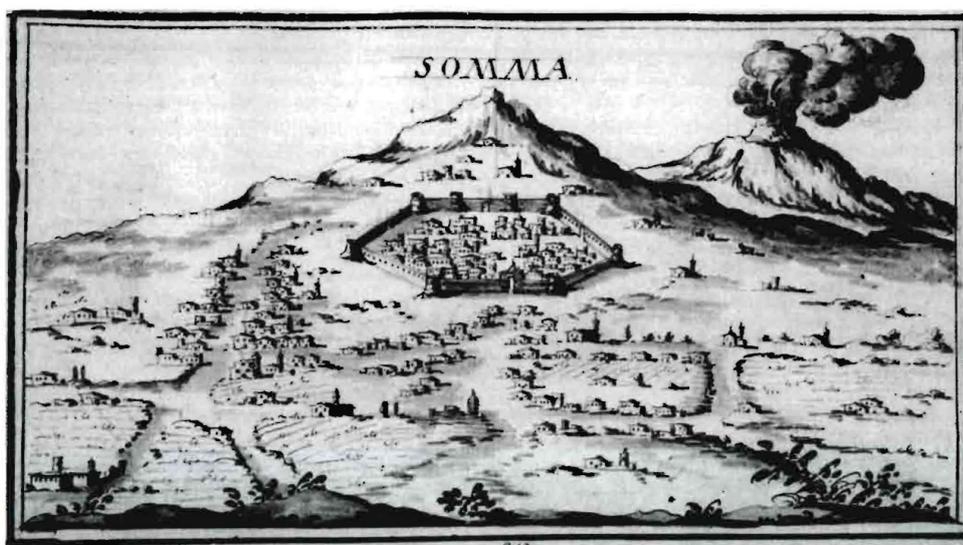


Fig. 57 - Somma in Terra di Lavoro, da G. AMIRANTE, *Immagini di Napoli e del Regno: le raccolte di F. Cassiano de Silva*, Edizioni Scientifiche Italiane, Napoli 2005.

In età angioina ed aragonese si definì l'attuale insediamento a valle del *castrum*, circa duecento metri più a valle del precedente. Il borgo, corrispondente all'odierno quartiere del Casamale, si organizzò attorno alla chiesa romanica dedicata a Santa Maria della Neve⁶²¹;

⁶²⁰ Il *Castrum Summae* o *Arx Summae*.

⁶²¹ dal 1595 fu fregiata del titolo di 'Collegiata'. G. COCOZZA, *Le fonti e le vicende della dotazione della insigne Collegiata di Somma*, in «Summana», n.10, settembre 1987, pp.25-29; R. D'AVINO, *Scheda Collegiata*, in «Summana», n.34, settembre 1992, pp.2-7; A. BOVE, *Il mobilio sacro della Collegiata*, in «Summana», n.52, settembre 2001, pp.30-32; A. BOVE, *L'altare maggiore della Collegiata*, in «Summana», n.55, settembre 2002,

inizialmente, intorno la metà del trecento, era difeso da un fossato e da una palizzata e, successivamente, fu fortificato da una prima cinta muraria eretta sotto i re angioini⁶²².



Fig. 58 - La chiesa madre del quartiere, la 'Collegiata'. In evidenza l'abside. Foto di S. Nel 1458 Lucrezia D'Alagno⁶²³ fece costruire un nuovo castello in prossimità delle mura, vicino alla porta settentrionale, giudicando il *Castrum* sito in alto di disagiata accesso.

Fig. 59 - La chiesa madre del quartiere, la 'Collegiata'. In evidenza il prospetto. Foto di S.



pp.30-32; A. Panico, La Chiesa Collegiata di Santa Maria Maggiore a Somma Vesuviana, in «Summana», n.71, marzo 2011, pp.77-95.

⁶²² R. D'AVINO, *Le mura aragonesi*, in «Summana», n.9, aprile 1987, pp.2-5; D. RUSSO, *La datazione delle mura di Somma attraverso le fonti*, in «Summana», n.34, settembre 1995, pp.18-21; R. D'AVINO, *Analisi sull'origine delle fortificazioni del borgo medioevale di Somma attraverso le fonti letterarie*, in «Summana», n.66, settembre 2006, pp.27-28.

⁶²³ A. CASALE, R. D'AVINO, *I D'Alagno*, in «Summana», n.2, settembre 2001, pp.19-22

Fig. 60 - Castello D'Alagno in seguito ai recenti lavori di restauro

Fig. 61 - Particolar di una torre prima del restauro del 2010

Dopo la conquista aragonese l'insediamento fortificato del Casamale fu potenziato da Ferrante II, che nel 1467 dispose la ristrutturazione della cinta muraria nelle forme ancora oggi in buona parte conservate: «et si piacque alli nostri antichi nostri à comune spese murare il quartiere del Casamale per dimensione delle corrarie per stare appresso de la montagna [...]»⁶²⁴ e ancora, «Somma [...] con i vestigi delle sue mura e torri, e quattro porte, che furono fatte da Ferdinando, come in appresso si ravviserà»⁶²⁵.

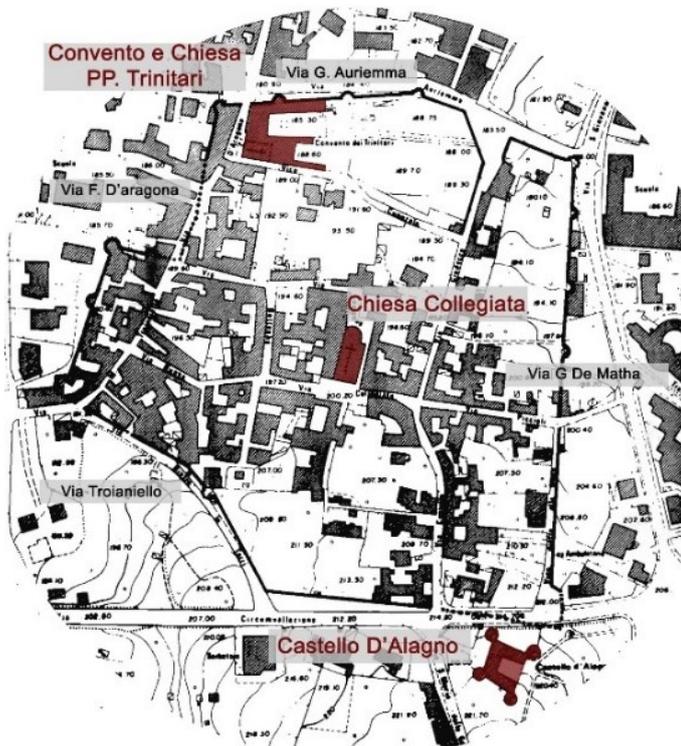


Fig. 62 - Rielaborazione del tracciato delle mura tratto da R. D'AVINO, *Le mura aragonesi*, in «Summana», n.9, aprile 1987, p.2, con indicazione delle architetture principali in esso presenti. In particolare, il Castello D'Alagno, subito fuori l'ingresso sud al circuito; la Chiesa madre del quartiere, la 'Collegiata', in posizione centrale; e il complesso conventuale dei Padri Trinitari con l'annessa chiesa di San Francesco in aderenza al tratto nord delle mura lungo via G. Auriemma.

Il tracciato murario aragonese intorno al quartiere medioevale è lungo circa 1300 metri, quasi interamente visibile, anche se, manomissioni e demolizioni ne interrompono il percorso che ricalcava a nord il tracciato dell'attuale via G. Auriemma – per il tratto che include il complesso dei Padri Trinitari –, saliva a occidente alcuni metri oltre via D'Aragona e via Troianiello, divergeva verso sud in direzione del Castello d'Alagno e, infine, riprendeva un breve tratto in corrispondenza della Circumvallazione per poi ridiscendere a nord verso l'incrocio tra San Giovanni De Matha e via G. Auriemma.

⁶²⁴ Inciso tratto da una lettera dei primi anni del '600 indirizzata al Vescovo di Nola da un Di Somma in cui si fa riferimento ad un accordo stipulato dai rioni (Priniano, Casamale e Margherita) nel secolo degli Aragonesi, precisamente nel 1467, per la costruzione delle mura al Quartiere del Casamale custodita nell'Archivio della Collegiata in Somma vesuviana, Cartellina E, Doc.7 e riportata integralmente in A. DI MAURO, *Le mura del Casamale*, in «Summana», n.41, dicembre 1997, p.23.

⁶²⁵ L. GIUSTINIANI, *Dizionario geografico ragionato del Regno di Napoli*, Napoli 1805, vol. IX, 73-74 tratto da D. RUSSO, *La datazione delle mura di Somma attraverso le fonti*, in «Summana», n.34, settembre 1995, p.18-21.



Fig. 63, Fig. 64 - Il tracciato delle mura lungo via Troianello con in evidenza la destinazione residenziale delle torri e le manomissioni subite.

La muratura del borgo del Casamale ha un'altezza media di otto metri ed è intervallata da grosse torri semicilindriche dal diametro di circa sei metri. L'impianto murario è costituito da grossi blocchi di pietra lavica vesuviana non squadrati e legati da abbondante malta; il muro, che varia dal metro e mezzo ai due di spessore, aveva funzione di difesa e di contenimento degli alti terrapieni e, in alcuni punti, oggi, dove l'edilizia è più fitta, funge da muro perimetrale di ambienti abitati⁶²⁶.



Fig. 65, Fig. 66 - Il tracciato delle mura lungo via Troianello con in evidenza alterazioni e manomissioni. Della 'Porta Terra', uno dei punti di ingresso alla città, non resta che la strada di accesso e la memoria in una pubblicazione dello storico Domenico Maione⁶²⁷. A destra e a sinistra

⁶²⁶ R. D'AVINO, *Le mura aragonesi*, in «Summana», n.9, aprile 1987, pp.2-5.

⁶²⁷ D. MAIONE, *Breve descrizione della regia città di Somma*, Napoli, 1703.

della porta si notano le torri sporgenti; una dal complesso dei Padri Trinitari, l'altra incassata nell'angolo estremo di un caseggiato.



Fig. 67, Fig. 68 - Il complesso conventuale dei Padri Trinitari nel quartiere Casamale di Somma Vesuviana. In evidenza una delle torri presenti lungo il tratto di via G. Auriemma inglobata nel complesso e che in origine segnava l'ingresso nord al quartiere murato.



Fig. 69, Fig. 70 - Ingresso nord al quartiere Casamale di Somma Vesuviana. In evidenza una delle due torri che, insieme alla precedente (sullo sfondo della foto a destra e in fig.), segnava l'ingresso nord di accesso al quartiere.

Il borgo si sviluppò in un contesto idrogeologico particolare, caratterizzato dalla presenza di due profondi valloni, dei Leoni ad est e del Purgatorio a ovest⁶²⁸. Lo sviluppo della città nel

⁶²⁸ G. COCOZZA, *I torrenti del Somma*, in «Summana», n.16, settembre 1989, pp.5-10.

corso dei secoli XVI e XVII – interrotto dai danni dell'eruzione del 1631 e della peste del 1656 – si articolò verso est e verso nord, le uniche direzioni possibili, ovvero in direzione parallela ed ortogonale allo sviluppo del Monte Somma. Un sistema di assi viari, procedendo verso nord est, giungeva a Marigliano e quindi a Nola; verso ovest, collegava all'ampio territorio della Terra di Somma – in particolare ai suoi casali⁶²⁹ di Sant'Anastasia, Trocchia, Pollena e Massa – e quindi a Napoli; a est, infine, giungeva a Ottaviano e da qui al versante meridionale del Vesuvio.

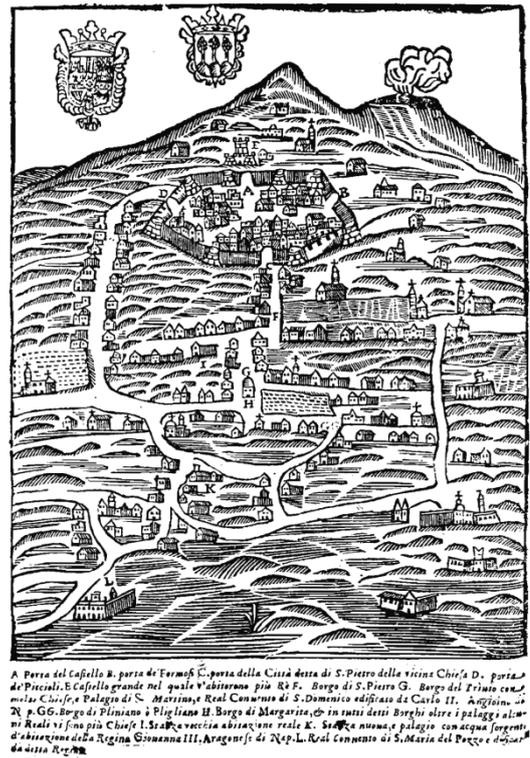
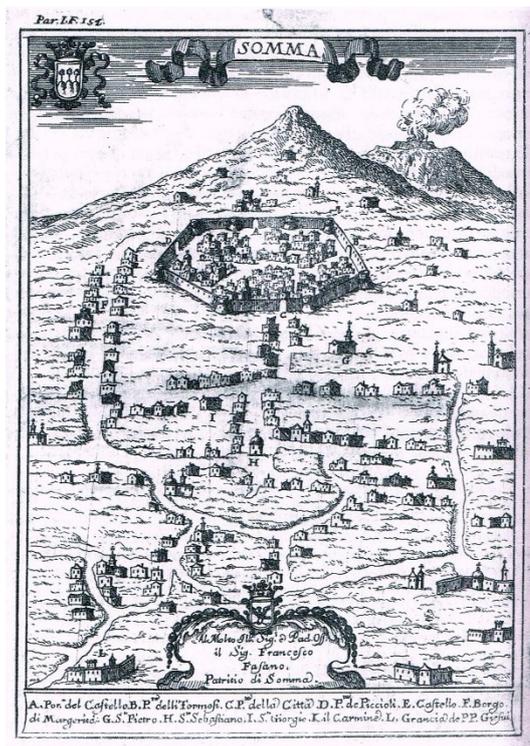


Fig. 71 - F. Cassiano de Silva, Somma (da G.B. Pacichelli, 1702 - 1703). Tratto da C. De Seta, A. Buccaro (a cura di), *I centri storici della provincia di Napoli. Struttura, forma, identità urbana*, Edizioni Scientifiche Italiane, 2009, p.280.

Fig. 72 - D. Maione, Tavola prospettica di Somma, 1703. Tratto da R. D'Avino, *Domenico Maione e la sua opera Breve descrizione della regia città di Somma*, in «Summana», n.45, aprile 1992, pp.2-4.

La xilografia riportata nell'immagine a destra è la trasposizione della famosa litografia del Pacichelli (figura a sinistra). Le due raffigurazioni sono molto simili: spicca l'impostazione generale con il fondale del Monte Somma e del Vesuvio fumante; una veduta di Somma improponibile perché la montagna copre del tutto alla vista il cono vulcanico del Vesuvio. Il borgo del Casamale è racchiuso tra mura e torri in un

In particolare, al di fuori delle mura del Casamale, superati i valloni a valle, si trovavano – e sono tutt'ora presenti – altre architetture religiose significative: la Chiesa di San Giorgio e, lungo l'Attuale via Roma, il complesso gotico di Santa Maria Maddalena, risalente al 1294, costruito per volere di Carlo II d'Angiò, che nel 1296 l'aveva affidato ai Domenicani che lo avevano reso uno dei più importanti complessi monastici dell'Italia meridionale.

⁶²⁹ O. CIRILLI, *A nord del Vesuvio: i casali di Somma nelle piante di Luigi Marchese, insediamenti rurali e monastici*, A. GAMBARDELLA (a cura di), *Napoli-Spagna: architettura e città nel XVIII Secolo*, Edizioni Scientifiche Italiane, 2003, pp. 293-315.

M. G. PIZONE, *I casali di Pollena e di Trocchia nelle piante di Luigi Marchese e gli interventi borbonici per la 'lava di Pollena'*, A. GAMBARDELLA (a cura di), *Napoli-Spagna: architettura e città nel XVIII Secolo*, Edizioni Scientifiche Italiane, 2003, pp..

Capitolo IV - Una esemplificazione: la verifica della sicurezza strutturale di un aggregato nel centro storico di Somma Vesuviana (Na)

preciso poligono esagonale e, infine, si nota l'estendersi di strade e quartieri alle periferie. Il disegno di caseggiati e chiese è schematico, ma permette di individuare strutture esistenti ancor oggi.

Il Settecento fu un periodo di sviluppo e crescita delle attività agricole sul territorio; aumentò la presenza di famiglie nobili napoletane e, di conseguenza, la diffusione di ville e palazzi, variamente dislocati tra il centro e i casali.



Fig. 73- Palazzo a ridosso del quartiere del Casamale.

Una dettagliata lettura dello sviluppo settecentesco di Somma e dei casali, si evince dalle carte della Real Sovrintendenza della Decima, realizzate da Luigi Marchese tra il 1800 e il 1803; in particolare, la pianta dedicata a Somma permette di comprendere lo sviluppo settecentesco dei borghi, evidenziando la disposizione nastriforme del costruito fuori le mura⁶³⁰. Questo tipo di orientamento nello sviluppo territoriale si mantenne costante nei decenni successivi. Un rallentamento forte per lo sviluppo urbano fu poi costituito dalle continue eruzioni del Vesuvio che, sebbene non colpissero direttamente l'area con flussi di lava, influirono sul territorio con piogge di materiali piroclastici e, indirettamente, col dilavamento a valle delle acque⁶³¹. Prima dello scoppio della seconda guerra mondiale la

⁶³⁰ Di notevole importanza per la gestione del territorio e il suo sfruttamento agricolo, anche se lontani per influenzare direttamente lo sviluppo urbano, erano a nord-ovest dell'abitato la dimora reale, angioina e poi aragonese, del Palazzo della Starza della Regina e soprattutto il complesso Francese di Santa Maria del Pozzo. Per approfondimenti sul complesso Francese di Santa Maria del Pozzo consulta: G. FIENGO, *La chiesa e il convento di S. Maria del Pozzo a Somma Vesuviana*, Icomos, 1996.

⁶³¹ Il problema delle acque che da monte scendevano a valle con la conseguente distruzione dei nuclei abitati fu risolto soprattutto nel corso dell'Ottocento con la realizzazione importanti opere idrauliche consistenti in briglie e vasche ad opera dei Borboni. Per una panoramica sul tema: G. COCOZZA, *I torrenti del Somma*, G. RUSSO, *Le misteriose acque del Monte Somma*, M.P. CIBELLI, *Le opere idrauliche di origine borbonica del Somma-Vesuvio: antiche funzioni ed esigenze conservative*, in S. D'AGOSTINO, G. FABRICATORE (a cura di), *History of Engineering - Storia dell'Ingegneria - Proceedings of the International Conference*, Atti del V Convegno Nazionale, Napoli, 19-20 maggio 2014, Cuzzolin Editore, Napoli, 2014, vol. II, pp.999-1009.

città presentava ancora uno stato di sviluppo vicino a quello dei primi decenni dell'Ottocento⁶³².

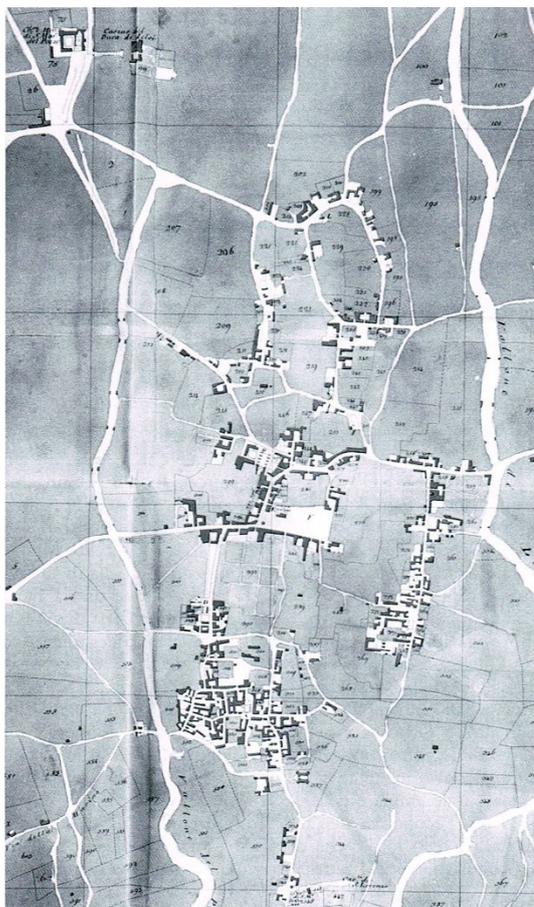


Fig. 74 - L. Marchese, Pianta della città di Somma, 1800-1801, particolare. Capua, Museo Campano (da C. DE SETA, A. BUCCARO (a cura di), *I centri storici della provincia di Napoli. Struttura, forma, identità urbana*, Edizioni Scientifiche Italiane, 2009, p.291.



Fig. 75 - Immagine satellitare, 2016. Dal confronto con la pianta di Luigi Marchese emerge l'impianto originario con il borgo del Casamale a sud, i due valloni ad est e ad ovest, dei Leoni e del Purgatorio, il complesso di Starza della Regina a nord, fuori dal centro cittadino.

Oggi il quartiere del Casamale è ancora perfettamente riconoscibile, sia nel tracciato viario, costituito da vicoletti stretti, in un continuo saliscendi, e restringimenti o slarghi; che nella presenza di caseggiati che hanno subito poche alterazioni o che lasciano intravedere un originario impianto al di sotto delle superfetazioni, abitazioni caratterizzate da scenografici cortili⁶³³, ancora oggi luoghi di celebrazione di antiche feste di origine angioina.

⁶³² M. IACCARINO, *Gli insediamenti dell'entroterra vesuviano*, in C. DE SETA, A. BUCCARO (a cura di), *I centri storici della provincia di Napoli. Struttura, forma, identità urbana*, Edizioni Scientifiche Italiane, 2009, pp.307-314.

⁶³³ A. MARCIANO, *Giardini storici a Somma Vesuviana*, in «Summana», n.40, settembre 1997, pp.14-19.

Capitolo IV - Una esemplificazione: la verifica della sicurezza strutturale di un aggregato nel centro storico di Somma Vesuviana (Na)



Fig. 76 - Scorcio lungo via Piccioli.



Fig. 77 - Tratto iniziale di via Piccioli.



Fig. 78 - Vista da Vico Torre in direzione nord.



Fig. 79 -

Capitolo IV - Una esemplificazione: la verifica della sicurezza strutturale di un aggregato nel centro storico di Somma Vesuviana (Na)

In particolare, i materiali e gli elementi costruttivi che caratterizzano il borgo del Casamale sono la pietra lavica vesuviana delle murature, appena sbozzata, legata da una malta molto tenace unita agli archi a tutto sesto o sesto ribassato dei portoni di accesso in piperno finemente lavorato.



Fig. 80 - Particolare della muratura tipica del contesto territoriale del quartiere del Casamale. Dai portoni si accede a spazi voltati che collegano alla corte interna da cui è poi possibile accedere alla scala. I solai in legno di castagno sono quasi del tutto perduti e, più spesso, si rilevano solai in putrelle di acciaio.



Fig. 81, Fig. 82 - Particolari dell'accesso al cortile interno di alcuni caseggiati del quartiere del Casamale.



Fig. 83 - Uno dei cortili che abitualmente sono oggetto di allestimento nelle celebrazioni che caratterizzano il borgo del Casamale.

Il piperno è molto presente nei portoni d'ingresso, nelle decorazioni e nelle soglie dei balconi.



Fig. 84 - Particolare della lavorazione in piperno del portalale di accesso della cripta della Collegiata.

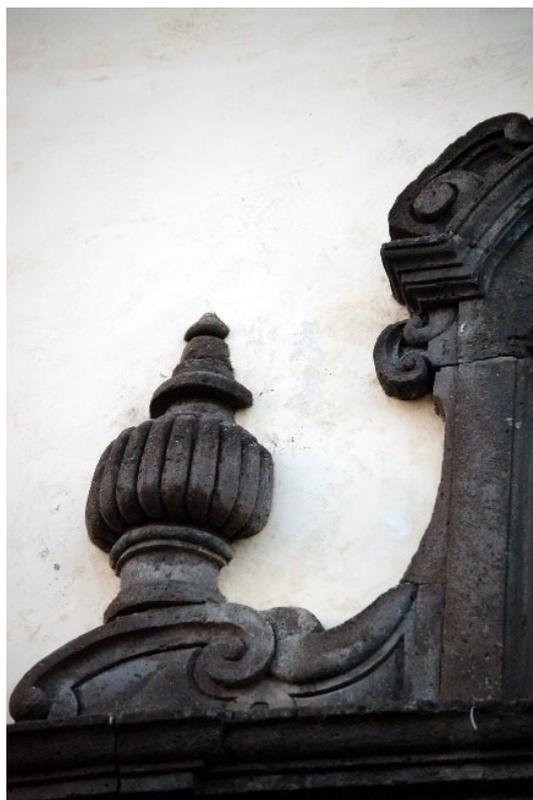


Fig. 85 - Particolare della lavorazione in piperno del portale di accesso alla chiesa Collegiata.

Oltre al coinvolgimento indiretto nelle eruzioni del Vesuvio di cui si è accennato prima, il territorio del Monte Somma fu interessato anche dagli eventi sismici che si sono susseguiti

in concomitanza al fenomeno vulcanico. La memoria storica degli eventi tellurici⁶³⁴ è chiaramente leggibile nelle caratteristiche costruttive del tessuto storico del quartiere del Casamale.



Fig. 86 – Particolare della murazione a scarpa di alcune abitazioni.



Fig. 87- Particolare di un barbacane in muratura di tufo di una abitazione lungo via Botteghe.

In particolare, le murature esterne sono solite configurarsi ‘a scarpa’, in modo tale che l’ampia base di appoggio, unita agli spessori notevoli, potesse conferire una maggiore stabilità; ancora, è possibile notare archi di collegamento e scarico tra un caseggiato e l’altro e numerosi barbacani in blocchi di tufo, aggiunti nel corso dell’ultimo secolo, lungo le direzioni di debolezza del fabbricato rispetto al sisma.

⁶³⁴ F. RUSSO, *Cronaca del parossismo del 1867. Il terremoto nella zona di Marigliano*, in «Summana», n.10, settembre 1987, pp.9-11; G. COCOZZA, *Somma nell’eruzione del Vesuvio del 1794. Conseguenze economiche e sociali*, in «Summana», n.46, settembre 1999, pp.9-14; R. D’AVINO, *Per il centenario dell’eruzione vesuviana del 1906. Il terremoto svegliò Somma Vesuviana*, in «Summana», n.66, dicembre 2006, pp.2-5.

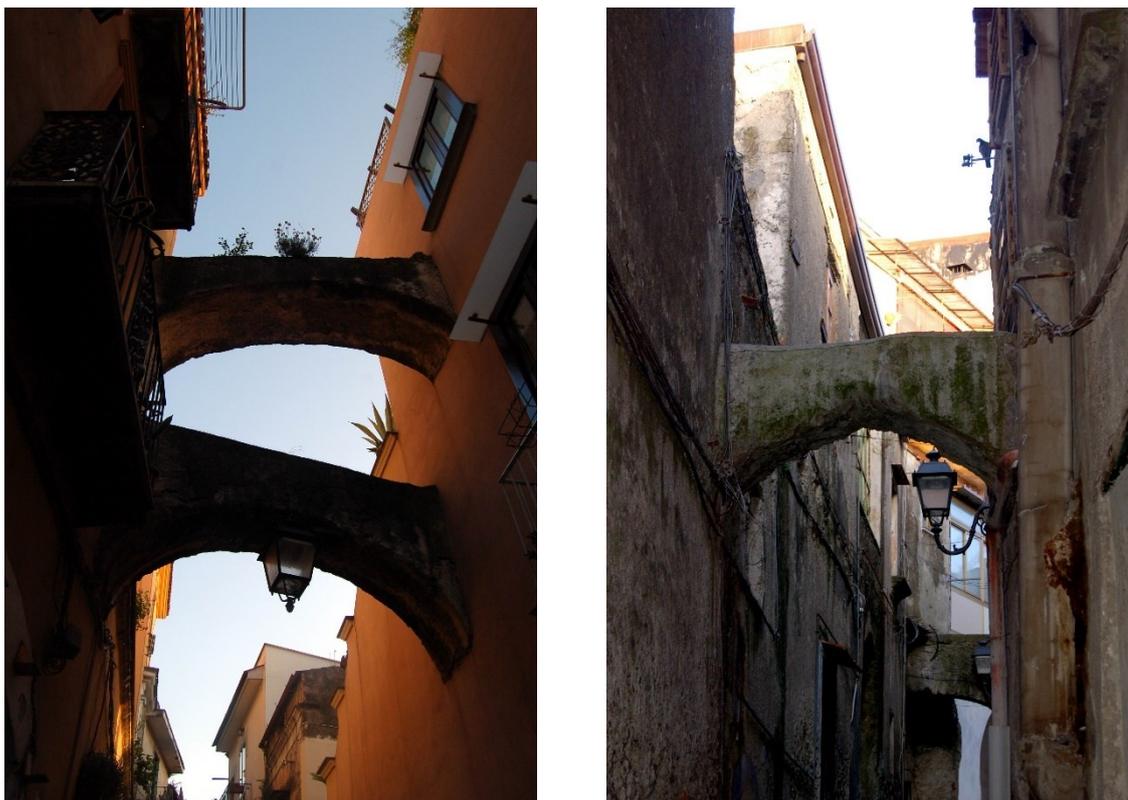


Fig. 88, Fig. 89 - Archi di scarico nei pressi di vico Torre.

Il rilievo geometrico: caratterizzazione funzionale dell'aggregato e dei suoi spazi

L'evoluzione storica e costruttiva del contesto di riferimento è uno strumento fondamentale per la comprensione delle caratteristiche costruttive dell'aggregato oggetto di studio e supporta nella individuazione di quei caratteri di corallità o dissonanza della nostra architettura rispetto al contesto, che si può riscontrare tanto nei materiali e nelle tecniche costruttive quanto nella conformazione architettonica.

All'evoluzione storica e costruttiva si accompagna il rilievo metrico e, dunque, geometrico del complesso. «*Il rilievo per il consolidamento non può essere un puro rilievo della struttura. Momento preventivo ad esso deve essere l'avvicinamento alla fabbrica attraverso tappe di conoscenza che mettano in luce, in maniera completa, i segni, le connotazioni precise, i significati spesso non esplicitamente dichiarati*»⁶³⁵. Queste poche parole, combinate allo studio per l'elaborazione del Capitolo I del presente lavoro, sono state di accompagnamento nel corso delle operazioni di rilievo, una continua conferma sul campo dell'importanza fondamentale di quanto espresso.

⁶³⁵ R. IENTILE, *Per un consolidamento consapevole dei beni architettonici*, Celid, agosto 2011, Torino, p.16.

Il rilievo del complesso dei Padri Trinitari è stato svolto senza alcuna documentazione grafica di supporto iniziale e con gli strumenti di rilievo ‘tradizionali’⁶³⁶. Per quanto riguarda la documentazione grafica, la Soprintendenza possedeva un elaborato del 2004 dei lavori di restauro della facciata; si trattava di un disegno schematico, poco utile in riferimento al dato metrico e alla distribuzione architettonica degli spazi interni ai diversi piani; in sostanza, poco comunicativo della complessità spaziale dell’oggetto di studio e delle sue valenze e, dunque, non idoneo alla finalità di un lavoro di restauro e per questi motivi non ha potuto costituire neppure un riferimento iniziale. *«Il rilievo geometrico della costruzione nello stato attuale è inteso come completa descrizione stereometrica della fabbrica, compresi gli eventuali fenomeni fessurativi e deformativi»*⁶³⁷. Questo è quanto definisce attualmente la normativa. In particolare, sottolinea che *«il rilievo è riferito sia alla geometria complessiva dell’organismo che a quella degli elementi costruttivi, comprendendo i rapporti con gli eventuali edifici in aderenza»*⁶³⁸.

«Poiché il rilievo geometrico serve a definire la geometria del modello da utilizzare nell’analisi sismica, i suoi vincoli ed i carichi agenti, è opportuno che tutte le informazioni necessarie siano state rilevate. In particolare dovranno essere individuate le imposte degli orizzontamenti e dei sistemi archi voltati e l’entità dell’appoggio degli stessi sulle murature d’ambito. Inoltre dovranno essere compiutamente determinabili le masse degli elementi e i carichi agenti su ogni elemento di parete»; ci si è concentrati sugli spessori di sopra e sottofinestre, riseghe ad un primo sguardo incomprensibili, apertura e successiva chiusura di vani, etc. In particolare, la Direttiva, con lo scopo di individuare e descrivere gli elementi strutturali, attraverso il riconoscimento della morfologia, tipologia, dei materiali e delle tecniche costruttive, rimanda alla compilazione del modulo schedo grafico C dell’Allegato A; il fine è individuare univocamente gli elementi resistenti e i relativi rapporti costruttivi. È importante anche precisare che le *Linee guida per il rilievo, l’analisi ed il progetto di interventi di riparazione e consolidamento sismico di edifici in muratura in aggregato (ReLuis 2010)* rimarcano i concetti espressi dalla direttiva del 2011 (con riferimento alla prima versione del 2006) e, in particolare, sottolineano che *«la lettura critica del rilievo*

⁶³⁶ Disto laser, metro rigido e una squadretta per registrare eventuali ortogonalità tra le pareti, una matita, alcune penne colorate e tantissimi fogli bianchi.

⁶³⁷ Paragrafo 4.1.1. del DPCM 09 febbraio 2011 *Linee guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale tutelato, con riferimento alle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008*, pubblicata sulla G.U. n 47 del 26 febbraio 2011, suppl. ord. n.54.

⁶³⁸ Paragrafo 4.1.4 del DPCM 09 febbraio 2011 *Linee guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale tutelato, con riferimento alle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008*, pubblicata sulla G.U. n 47 del 26 febbraio 2011, suppl. ord. n.54.

geometrico, unita allo studio dei risultati dell'evoluzione diacronica dell'aggregato, è finalizzata a mettere in luce alcuni aspetti condizionanti la vulnerabilità sismica dell'aggregato o della Unità di Analisi in oggetto»⁶³⁹.

Si rimanda per tutte le informazioni inerenti il rilievo geometrico alle tavole in allegato. È possibile osservare che l'aggregato oggetto⁶⁴⁰ di studio coincide sostanzialmente con l'isolato⁶⁴¹: la via F. D'Aragona, che attraversa il borgo murato da nord a sud, da Porta Terra a Porta Castello, passa davanti al Convento e alla Chiesa, mentre dal largo adiacente la facciata della Chiesa inizia il vico Cuonzolo che porta alla via Giudecca situata ad est. Il complesso, noto anche come 'complesso delle Alcantarine', è attualmente conosciuto come la Chiesa e il Convento dei Padri Trinitari.



Fig. 90 - Immagine satellitare con in evidenza l'aggregato oggetto di studio. L'aggregato coincide con l'isolato e confina a nord con via G. Auriemma, a sud con vico Cuonzolo, a est con via Giudecca e a ovest con via F. D'Aragona.

L'aggregato, caratterizzato in sostanza da quattro piani fuori terra⁶⁴², presenta una struttura a corte centrale occupata per tre lati dal convento e dalla Chiesa, mentre il quarto è caratterizzato dallo sviluppo di un ampio giardino, fortemente manomesso nel corso degli

⁶³⁹ Dipartimento Protezione Civile, ReLUIS, *Linee guida per il rilievo, l'analisi ed il progetto di interventi di riparazione e consolidamento sismico di edifici in muratura in aggregato*, ottobre 2010, testo in bozza, Cap. 2.3

⁶⁴⁰ Il complesso è identificato al foglio 31, particelle 227 e 228 del NCU.

⁶⁴¹ «Con il termine 'aggregato' si intende quella porzione di costruito che presenta delle connessioni di notevole estensione, sia in pianta che in alzato, che non possono essere trascurate in fase di analisi e modellazione. L'aggregato però non va confuso con 'l'isolato', con cui, invece, si intende quella porzione di spazio costruito, univocamente definito da strade e spazi vuoti. Nella maggior parte dei casi l'aggregato coincide di fatto con l'isolato, ma non sempre è così.», per approfondimenti cfr in C.F. Carocci, M. Marino, *Gli aggregati murari della città storica: conoscenza ed interpretazione per la valutazione della vulnerabilità sismica*, in ANIDIS2009 - XIII convegno nazionale, L'ingegneria sismica in Italia, Bologna, 2009.

⁶⁴² Si precisa che nel corso della trattazione, anche negli elaborati grafici, si farà riferimento sempre ad un piano terra (PT), piano primo (PI), piano secondo (PII) e piano terzo (PIII)

ultimi anni, situato a quota superiore rispetto il livello stradale, per cui, le mura aragonesi fungono da limite dell'isolato e da contenimento dell'alto terrapieno.



Fig. 91 - Il giardino lungo il lato est posto a quota superiore rispetto il complesso. Foto 2014



Fig. 92 - Scorcio del complesso dal giardino lungo il lato est a quota superiore. Foto 2014.

Il lato nord della struttura, prospiciente su via G. Auriemma, comprende il convento con il circuito delle mura e le tre torri che si snodano lungo di esso, di cui una inglobata nel convento stesso; invece, il lato ovest, lungo via F. D'Aragona è caratterizzato da una parte del convento e dal fronte principale della Chiesa con il campanile; infine, a sud, lungo vico Cuonzolo, si dispone il fronte longitudinale della Chiesa con i relativi locali e parte dell'attuale struttura conventuale dei Padri Trinitari.



Fig. 93 - Lato ovest lungo via F. D'Aragona. In evidenza il prospetto della Chiesa di San Francesco. Foto 2014.



Fig. 94- L'aggregato visto da vico Cuonzolo, lato sud. Foto 2014.
Nello specifico, il corpo su via G. Auriemma si presenta di forma rettangolare allungata con dimensioni di circa 47 x 9 m. Si nota, da una prima ispezione visiva, che è possibile ripartire il prospetto esterno in due parti principali: un primo tratto dall'incrocio di via G. Auriemma con via F. D'Aragona fino alla torre, e un secondo tratto da questa al termine dell'edificio.



Fig. 95 - Parte del prospetto del corpo nord lungo via G. Auriemma. Il tratto antistante la torre è costituito da due volumi differenti, il tratto successivo si caratterizza per la continuità del fronte. Foto 2014.

Lungo il primo tratto emerge la presenza di due volumi sovrapposti: un primo blocco di due livelli costituito da possenti arcate su pilastri e un secondo blocco, compatto e regolare, in posizione arretrata rispetto al sottostante.



Fig. 96 - L'angolo tra via G. Auriemma e via F. D'aragona. Questa parte del complesso è caratterizzata da un primo volume di due livelli costituito da archi su pilastri e superiormente da altri due livelli, arretrati rispetto ai sottostanti.

Il secondo tratto, invece, presenta un prospetto omogeneo con aperture regolari lungo i quattro livelli, se si eccettua il piano terra interrotto dall'arco del portone d'ingresso nella scansione delle aperture.

Il primo piano fuori terra del lato nord è costituito sostanzialmente da ambienti rettangolari, di forma molto allungata. Archi e volte a botte caratterizzano gli spazi di ingresso, mentre diversi salti di quota permettono il passaggio tra i vari ambienti, dovuti, molto probabilmente, al rifacimento del primo calpestio; anche gli orizzontamenti superiori, un tempo voltati, sono ora caratterizzati da solai in ferro con interposti laterizi di alleggerimento e soprastante soletta di calcestruzzo.



Fig. 97 – Alcuni ambienti al piano Terra di accesso da via F. D’Aragona. Foto 2014.
I solai presentano spessori diversi. Oggi questa parte del complesso, dotata di un accesso indipendente all’angolo tra via G. Auriemma e via F. D’Aragona ospita diverse associazioni culturali e servizi per gli abitanti del Casamale.



Fig. 98 - Le arcate di accesso all’angolo tra via G. Auriemma e via F. D’aragona.

Fig. 99 - L’ingresso al corpo nord all’angolo tra via G. Auriemma e via F. D’Aragona.

È possibile accedere alla struttura dopo un dislivello di circa 2 m per cui si passa dalla quota di +180, 90 m della strada alla quota interna di + 183,33. Foto 2014

Continuando, anche al primo piano del lato nord del complesso, a partire dalla sala angolare di ingresso (angolo via F. D’Aragona – via G. Auriemma), si accede a due spazi rettangolari allungati: il primo adiacente via G. Auriemma, fa spazio servente agli ambienti adiacenti; è lungo circa 40 metri e sormontato da una volta a botte per tutta la lunghezza, alta 3,70 m in chiave; il secondo rettangolo, invece, prospiciente la corte interna del complesso è caratterizzato da una sequenza di volte a vela su modulo quadrato di m circa 3 x 3 che gravano, da un lato, sul muro di spina longitudinale di separazione con il corridoio voltato e, dall’altro, su di un sistema di archi a tutto sesto su pilastri. Questi spazi ospitavano fino a pochi anni fa le cucine e il refettorio del convento.



Fig. 100 - Il lungo corridoio voltato al piano primo, lungo circa 40 m, del corpo nord su via G. Auriemma. Foto 2014.



Fig. 101 - Gli ambienti voltati del corpo nord su via G. Auriemma in corrispondenza della corte interna. Foto 2014.



Fig. 102, Fig. 103 - Gli ambienti voltati del corpo nord su via G. Auriemma al piano primo in corrispondenza della corte interna. Foto 2014.

Il piano superiore conserva la stessa distribuzione spaziale del piano inferiore con un ambiente di ingresso molto ampio che permette di accedere al corridoio prospiciente su via Auriemma il quale, invece, distribuisce alle diverse camere da letto sul lato interno della corte, alcune anche dotate di proprio servizio igienico.



Fig. 104 - Ambiente d'ingresso del corpo nord al piano secondo. Foto 2014.



Fig. 105 - Il corridoio di servizio del piano secondo del corpo nord su via G. Auriemma. Si notano i notevoli spessori delle mura perimetrali e alcuni vani murati. Foto 2014.



Fig. 106 - Una stanza del piano secondo lungo il corpo nord. Si nota in alto a sinistra una trave. Foto 2014.



Fig. 107 - Uno dei bagni di pertinenza delle camere lungo il corpo nord al piano secondo. Foto 2014.

Questo lato del complesso, escluso il piano terra, è in completo stato di abbandono. Infine, il piano terzo del corpo nord, è anch'esso caratterizzato da un ampio ambiente di ingresso, ma si modifica l'organizzazione funzionale degli spazi: dall'ingresso si accede ad un corridoio centrale di servizio alle camere private poste questa volta sia sul fronte di via G. Auriemma che sul corrispondente lato interno.

La torre, ad ogni livello, ospita i servizi igienici in comune a ciascun piano.



Fig. 108 - Ambiente d'ingresso del corpo nord al piano terzo. Foto 2014.

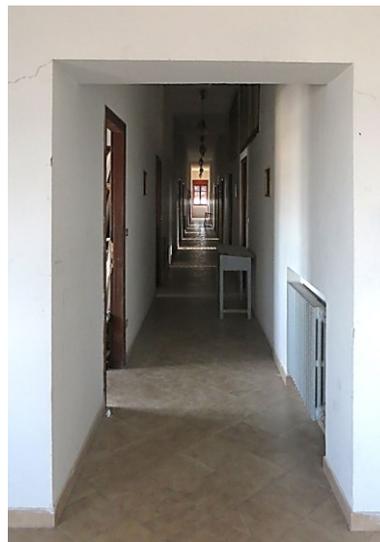


Fig. 109 - Il corridoio di servizio del piano terzo del corpo nord su via G. Auriemma. Foto 2014.

Lungo via F. D'Aragona, invece, il complesso dei Padri Trinitari si articola in maniera diversa. Il primo tratto lungo via F. D'Aragona si struttura come il corrispondente ortogonale su via G. Auriemma, ovvero con un primo volume di due livelli costituito da archi su pilastri e un secondo volume di due livelli, in posizione arretrata rispetto al corpo sottostante: a questo tratto corrisponde per tre livelli la sala d'angolo da cui si accede al lato nord del complesso.

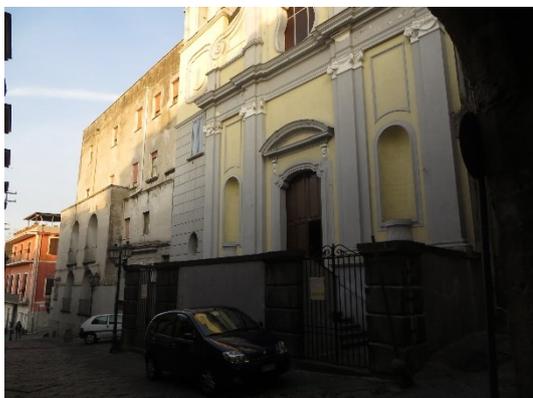


Fig. 110 - Il prospetto lungo via F. D'Aragona. Foto 2014.



Fig. 111 - Il primo tratto del prospetto lungo via F. D'Aragona caratterizzato dal blocco del convento e dall'originaria area di accesso a questo. Foto 2014.

Dunque, sul prospetto ovest di via F. D'Aragona, segue la parte centrale della struttura caratterizzata da quello che un tempo, molto probabilmente, doveva essere l'accesso principale al complesso, seguito, poi, dal campanile e dalla facciata della Chiesa.

INSERIRE PROSPETTO DWG

Fig. 112 - Prospetto lungo via F. D'Aragona

Al piano terra, proprio in corrispondenza del portone d'ingresso, dopo un salto di quota di 1,5 m circa, si accede ad un androne quadrato suddiviso in nove moduli, nove campate (secondo una griglia di circa 3 x 3 m), voltate a crociera, che scaricano su pilastri collegati da archi a tutto sesto e a sesto ribassato.



Fig. 113 - Androne voltato di ingresso al piano terra dal corpo ovest su via F. D'aragona. Foto 2014.



Fig. 114 - Campata laterale dell'androne voltato di ingresso al piano terra dal corpo ovest su via F. D'aragona. Foto 2014.

Dall'androne è possibile accedere, a sinistra, all'ascensore e al corpo scala principale, nonché agli ambienti al piano terra del lato nord tramite un arco oggi murato; frontalmente, l'androne voltato apre sulla corte interna del complesso e, infine, a destra, permette di accedere agli ambienti parrocchiali, formati da un'ampia sala rettangolare costituita da sei campate voltate a crociera e collegate da archi a sesto ribassato; dalla prima di queste campate, tramite un salto di quota di circa un metro, si accede direttamente alla Chiesa.



Capitolo IV - Una esemplificazione: la verifica della sicurezza strutturale di un aggregato nel centro storico di Somma Vesuviana (Na)

Fig. 115 - Locali parrocchiali al piano terra, corpo sud. Sono 6 campate intervallate da archi a sesto ribassato che scaricano sulle mura perimetrali, sormontati da volte a crociera.

Fig. 116 - Scale di collegamento dai locali parrocchiali del piano terra alla chiesa a quota +1,355 rispetto a questi. Foto 2014.

Ai piani superiori, il lato ovest presenta in corrispondenza dell'androne un'ampia sala destinata alle riunioni parrocchiali al primo piano, a sala da pranzo al secondo e da zona giorno al piano terzo, tutti spazi caratterizzati da un orizzontamento piano.



Fig. 117 - Il corridoio del corpo ovest su via F. D'Aragona, piano secondo. A sinistra la sala da pranzo. Foto 2014.



Fig. 118 - Il corridoio del corpo ovest su via F. D'Aragona, piano secondo. A destra la cucina con gli ambienti di servizio a questa. Foto 2014.

Invece le stanze che affacciano su via F. D'Aragona, oltre alla sala angolare di accesso agli spazi del lato nord, sono destinate a salotto e diversi servizi igienici al primo piano, a cucine e dispensa al secondo piano, a studio e salotto al terzo.



Fig. 119 - Lo studio al piano terzo del corpo ovest su via F. D'Aragona in corrispondenza della sala da pranzo al piano inferiore. Foto 2014.



Fig. 120 - Il corridoio del corpo ovest su via F. D'Aragona, piano terzo. A destra sono collocati uffici e spazi di attesa. Foto 2014.

Infine, lungo vico Cuonzolo, è disposto il lato lungo della chiesa, con gli annessi locali, oggi destinati a salette parrocchiali e sacrestia alla quota della Chiesa, e a camere private dei Padri Trinitari, con annessi servizi igienici, ai piani superiori.



Fig. 121 - Corpo sud, cappella al piano terzo.
Foto 2014.



Fig. 122 - Corpo sud, piano secondo. Spazi di accesso alle camere dei Padri Trinitari. Foto 2014.

Non bisogna dimenticare che su questo lato, a quota inferiore rispetto la chiesa⁶⁴³, si trovano le cantine che costituiscono il nucleo originario del complesso, essendo costituite da campate di volte a vela così come le volte del primo piano lungo il lato nord.



Fig. 123, Fig. 124 - Cantine piano terra. Foto 2014.

L'attuale complesso, e in particolare la Chiesa, all'epoca della sua costruzione ebbe molto prestigio all'interno del Quartiere Murato. La facciata, adorna di grossi cornicioni aggettanti e con lavorate modanature, è solcata in senso verticale da quattro lesene che ne accentuano l'altezza giungendo fino al timpano di coronamento.

⁶⁴³ In corrispondenza del Piano Terra del resto del complesso.



Fig. 125 - Il prospetto della chiesa di San Francesco e il campanile dalla via F. D'Aragona. Foto 2014.



Fig. 126 - In evidenza il campanile. Foto 2015.

Le alte nicchie laterali all'ingresso, molto rialzato rispetto al livello stradale e raggiungibile mediante due rampe simmetriche, contribuiscono a dare forza chiaroscurale al prospetto. A sinistra della facciata, ancora ricca di modanature e cornicioni a stucco, si eleva il massiccio campanile, con la tipica copertura a piramide ottagonale impostata su un alto tamburo, mentre a destra la Chiesa è collegata alle costruzioni dell'isolato successivo mediante due esili archi, in funzione di contrafforti, al di sotto dei quali corre il vicolo che, rasentando tutta la proprietà del convento, giunge fino all'opposta via Giudecca.



Fig. 127 - Archi di collegamento da vico Cuonzolo della chiesa alle strutture adiacenti. Foto 2015.

La cupola della chiesa, a forma emisferica, innestata sui quattro piloni della zona preabside, fulcro della costruzione a pianta centrale, s'innalza prima su un alto tamburo circolare, traforato da otto finestroni, e poi su una zona di raccordo rastremata con altrettante luci ottagonali; chiude in alto con una lanterna, sempre circolare, che contribuisce ad immettere maggiore luce all'interno con le sue alte e strette finestre.



Fig. 128 – La Cupola della Chiesa dalla copertura del complesso. Sullo sfondo il Monte Somma. Foto 2014.

Testimonianze recenti di studiosi locali informano che la cupola aveva un rivestimento esterno in mattonelle maiolicate giallo-verdi, smussate nella parte inferiore, che creavano un suggestivo manto dai caldi riflessi. Questo rivestimento venne asportato e distrutto in un

lavoro per l'impermeabilizzazione della cupola effettuato nel 1967. È riferito pure che notevole era il magistero degli stucchi della parte esterna della lanterna con pregiate ardicciature barocche, anch'esse perdute dopo il consolidamento resosi necessario a seguito del terremoto del 1980⁶⁴⁴. L'interno della chiesa, con ritmi ascensionali molto accentuati, mantiene invece quasi tutta la ricchezza delle decorazioni distribuite nelle cornici e nei cornicioni con pregevoli lavori in stucco, vanto dell'epoca barocca.



Fig. 129 - Particolare del sistema di cornicioni e cornici che caratterizza l'interno della chiesa. Foto 2014.



Fig. 130 - Particolare della cornice in seguito il crollo di una trave del coro. Foto 2010.

Analisi storica degli eventi e degli interventi subiti

Per la corretta individuazione della struttura storica dell'attuale complesso dei Padri Trinitari in Somma Vesuviana è necessario tentare di ricostruire le diverse fasi architettoniche attraversate dall'aggregato. Si tratta di definire una sorta di sequenza a rovescio, che parte da ciò che è visibile attualmente e legge le trasformazioni intervenute fino a giungere – se possibile – ad una vera scansione temporale per fasi, cui corrispondono le diverse logiche strutturali⁶⁴⁵.

Nell'agosto 1618 l'Università di Somma⁶⁴⁶ stabilì di costruire un monastero di donne monache dell'Ordine di S.M. del Carmelo. Il luogo prescelto si trovava all'interno del 'quartiere murato', «dove era una via vicinale che andava insino alla casa della Lama da sopra le mura di Somma». ⁶⁴⁷ In realtà il convento nasce per volontà di alcune famiglie

⁶⁴⁴ R. D'AVINO, *Somma perduta*, in «Summana», 1984, n.1, p.8. Il testo era già stato pubblicato da «Il Punto», anno 1, n.1, 25 dicembre 1976.

⁶⁴⁵ C. DEVOTI, *Per un rilievo storico critico della struttura. San Giovanni Battista a Volterra*, in (a cura di) R. IENTILE, *Per un consolidamento consapevole dei beni architettonici*, Celid, agosto 2011, p.22.

⁶⁴⁶ Così era chiamato allora il Comune.

⁶⁴⁷ Archivio Colleggiata, cartella U, foglio bis 6, p.10, in R. D'AVINO, *Scheda – Chiesa e convento delle Alcantarine*, in «Summana», sett. 1993, n.28, p.2; in generale per una ricognizione storica fondata sulla lettura degli atti presenti in nell'Archivio di Stato di Napoli si rimanda alle ricerche approfondite di A. DI MAURO, I capitoli, Edizioni Ripostes, Salerno, dicembre 1997.

benestanti che, al fine di non disperdere il patrimonio tra gli eredi, favorirono la nascita del monastero in cui le ragazze di buona famiglia di Somma e di Napoli – e non quelle dei casali – venivano rinchiuso con una rendita personale, dopo aver firmato la rinuncia al patrimonio che spettava così interamente ai membri maschi del casato⁶⁴⁸.

Quindi, a seguito delle delibere del 29 aprile, 10 giugno e 26 ottobre 1618⁶⁴⁹, l'Università di Somma, rappresentata nei suoi tre quartieri – Murato, Prigliano e Margarita – delibera di costruire il monastero di donne monache dell'Ordine di S.M. del Carmelo.

Le pratiche per il Regio Assenso iniziarono nell'aprile del 1618 e si conclusero nel novembre del 1627⁶⁵⁰; in una nota del 27 ottobre 1627 del Cappellano Maggiore Alvaro de Toledo al vicerè, si legge che: «[...] hanno ottenuto da bolla con la quale si commette à monsignor vescovo di Nola seu al suo Rev.do Vicario che voglia apostolica auctoritate approbare et confirmare l'erectione et fondatione di d.o monasterio con potesta et facultà de far chiesa campana campanile claustro refettorio dormitorio et ogn'altra cosa necessaria ad d.o monasterio et monache di esso quale debbiano essere il numero di sedici cioè sedici di esse per recitare li divini officij et le tre altre converse con havere à vivere sotto la regola et osservanza sod.a de S.ta Maria del carmelo come questo et altro si legge nella bolla p.tta spedita in Roma Idibus 7bris 1627»⁶⁵¹.

L'Università devolve a favore delle monache la gabella del quartuccio, della farina e del pane fin dal dicembre del 1618 e attribuisce loro anche 200 ducati per otto maritaggi di

⁶⁴⁸ A. DI MAURO, *Università e corte di Somma. I Magnifici*, Edizioni Ripostes, giugno 1998, p. 125.

⁶⁴⁹ La procedura inizia con la supplica al re tramite il Cappellano Maggiore:
«Ill.mo et Ecc.mo Sig.re

Per parte dell'infrascritti supplicanti mi è stato presentato l'infrascritto memoriale videlicet:

Ill.mo et Ecc.mo Sig.re l'Università et homini dela Terra di Somma della diocese di Nola esponeno a V.E. come essi supplicanti hanno formata Capitulatione per le erezione del Monasterio di donne monache et maritaggi di vergini povere di d.a terra et perche la d.a Capitulatione non può sortire il suo effetto senza il consenso di V.E, perciò la supplicano a restar servita in nome di S.M. Cattolica Rè di questo Regno in exequitione di d.a Capitulatione di concedere ad essi supplicanti il suo Regio Assenso et beneplacito et l'haveranno à gratia ut Deus Et con detto preinserto memoriale l'infrascritta Capitulatione con Regia decretatione di mia commissione del tenor seguente videlicet:

Nel nome di Dio e di sua gloriosa M(at)re sacratissima.

Capitulatione circa il Monasterio di Monache, e maritaggio d'otto povere.

*Essendosi considerato quanto fusse et sia cosa grata à Dio Signore nostro di farnosi edificare Monasterij e chiese particolarmente per ritiro di vergini acciò vengano allevate nel suo Santo amore, et timore et habbiano da vivere con purità Angelica sotto la protezione di nostra Signora Regina delle Vergini e ne risultasse all'anime loro salute, alli parenti consolatione, alli luoghi riputatione e (beneficio?) in universale e particolare sopra il tutto gloria maggiore a sua divina Maestà - similmente fattosi riflessione che dopo provvistosi alle vergini spose di X.ro (Cristo) fusse anco molto expediente per togliersi à poveri ogni causa di doglianza et osservarsi al possibile eguaglianza et non disparità di sobvenire al bisogno di quelle vergini che per povertà non si possono collocare in matrimonio in gratia di Dio però sia dell'anno 1618», in A. DI MAURO, *Università e corte di Somma. I capitoli*, Edizioni Ripostes, dicembre 1997, p.116.*

⁶⁵⁰ A. DI MAURO, *Università e corte di Somma. I magnifici*, Ripostes, giugno 1998, pp. 202-203.

⁶⁵¹ A. DI MAURO, *Università e corte di Somma. I capitoli*, Edizioni Ripostes, dicembre 1997, p.122.

ragazze povere⁶⁵²: «Rappresentandosi questa Università di Somma nelli tre Quartieri, uno della Terra Murata e gli altri due di Prigliano et Margarita per divotione et zelo et per li sudetti altri rispetti, fu concluso, che si potesse construere un Monasterio di donne Monache, in detta terra murata et che per tale effetto se l'assegnasse il territorio murato sito nella montagna dove si dice Santa Maria a Castiello, del che ne fussero deputati l'infrascripti come si dirà appresso per farne vendita et impiegarsi il prezzo in compra in parte del sito et fabrica di detto Monasterio; et similmente nell'istesso tempo fu assegnata la Gabella del Quartuccio in perpetuo di reddito di circa ducati 230 l'anno oltra lo depiù che potesse importare l'avanzo per la lite che ne verte nella R(eg)ia Camera della Summaria degli Animalì che restano in detta terra per spendersi il tutto in fabrica, e più per soccorso del vitto delle Monache, e di più per sovventione delli detti maritaggi delle povere di questi tre quartieri fu parimenti concluso che si pagassero della gabella della Farina ducati 200 l'anno ad otto povere a duc. 25 per ciascheduno. Per lo che spetta alla fundatione e costruzione di detto Monasterio di cittadine vergini e legittime e de figlie descendenteno da cittadini d'anni 14 in sù.»⁶⁵³

Il convento prende il posto di quello delle Francescane di via Botteghe, fondato nel 1593 e distrutto «per la peste delle acque avvenuta in Nola nel 1590»⁶⁵⁴; da un memoriale di difesa dell'Università nella Regia Camera della Summaria del 7 luglio 1694 si legge «che construtto sarà detto monasterio con tutti li suddetti requisiti de clausura e consecratione»⁶⁵⁵ composto di «chiesa oratorio, grate, dormitorio, celle, infermeria, giardino recintato et altri requisiti»: «In primis se declara che sotto nome dell'Università di Somma in ogni parte della presente capitulazione e dal principio sino al fine s'intendano il quartiere murato della Terra, et li quartieri di Prigliano, et di Margarita, et non altrimenti, et sotto questo nome essa Un.tà conferma, e di nuovo eligge, e soggiunge per li Deputati del quartiere murato li m.ci Francesco Antonio di Mauro, et Oratio Maione, e per li altri dui quartieri li D(eputa)ti Gio:lorenzo di Monda, et Anacleto zito, accio precedente disegno di ingegnere pratico in nome d'essa Università se facci l'erectione, fundazione, e costruzione

⁶⁵² Atti Regia Camera della Summaria del 07.07.1694 vol. I pp 186/187 e vol. III B p. 276 – vol. IIIA pp. 216/233 – Domenico Maione pp. 14-15 e Alberto Angrisani p.110

⁶⁵³ A. DI MAURO, *Università e corte di Somma. I capitoli*, Edizioni Ripostes, dicembre 1997, p.116.

Capitula monasterij monalium et reformatio illorum facta pro Sede Apostolica et Regius Assensus proinde expeditus ab excellentissimo Prorege huius Regni, - sotto il titolo di Santa Maria del Carmelo Regina delle Vergini. In A. Di Mauro, *I capitoli*, pp.116-117.

⁶⁵⁴ Manoscritto sul Clero di Gennaro Angrisani pag. 150-150t

⁶⁵⁵ Memoriale di difesa dell'Università nella Regia Camera della Summaria del 7 luglio 1694, in A. DI MAURO, *Università e corte di Somma. I capitoli*, Edizioni Ripostes, dicembre 1997, p.118.

di d.o monastero nel detto quartiere murato della terra à costo la porta d'esso. et che faccia compra delle case del medico Gio:lonardo Staibano con altre case, e territorio conti(guo) che appresso ò secondo se potrando convenire delle quantità, e tempo con implicarsi li d(uca)ti 1500 pervenuti dal prezzo del territorio murato de S.ta Maria à Castiello già destinato per detto effetto, anco con Dec(re)to del d.o Sig(no)r Reg(gent)e Valenzuola, e dell'altre quantità promesse dall'Un.tà e dovuti da particolari. Verum trovandosi migliore sito nel detto quartiere murato più idoneo, et al preposito per farsi d.o Mon.ro sia à libertà di d.ti Deputati col parere del d.o ingegnere farne elettione per d.a costruzione [...]»⁶⁵⁶

Per la costruzione si segue un rito propiziatorio: *«che fatti sarando li p(ri)mi fundam(en)ti in giorno di alcune festività solenne ò di nostro Sig.re, ò della Madonna SS.ma con processione di tutti Religiosi, e Clero, et concorso di gente se ci habbiano da bottare le p(ri)me pietre da Monsignore ill.mo Vescovo di Nola se vorra fare gratia d'intervenire, ò d'altroche deputerà, et dalli sindaci si deverà in nome di detta Università portare da ciascheduno di essi sopra loro spalle un cofino di pietre con reputare questo servitio come di manipoli per molto favore, e privilegio, e buttarle in detto pedamente per buon principio all'edificio sudetto della Regina nostra Signora, et il tutto con molta devotione et allegrezza, et s'habbia da portare similmente uno standardo con la sua gloriosa immagine da pondersi sop.a uno travo alto, o muraglia, et levarsi solo nel mal tempo acciò non se guasti, e sia per evitam.to sin alla perfett(ion)e dell'opera [...]»⁶⁵⁷*

Altra notizia del 1704 riferisce che il convento di S. Francesco sito nella terra murata va in rovina a causa delle eruzioni; ma nessuna altra fonte permette di comprendere meglio le trasformazioni in seguito a questo avvenimento; sono queste le poche informazioni ricavate sulla fondazione del complesso e sugli spazi che la caratterizzavano. Possiamo comunque ragionevolmente supporre che la Chiesa con annesso campanile sorga contemporaneamente al convento per le Carmelitane.

La presenza delle Donne Monache Carmelitane durò circa 200 anni fino a quando nel 1810 non fu decretata la soppressione dell'Ordine e si insediarono nel complesso le suore francescane Alcantarine che vi rimasero fino al 1861; successero nel 1930 i Padri Trinitari, ancor oggi ivi insediati. Non sono state ritrovate fonti documentarie per il periodo successivo la fondazione, in particolare dal 1810 al 1861 in cui risiedettero le suore francescane

⁶⁵⁶ Memoriale di difesa dell'Università nella Regia Camera della Summaria del 7 luglio 1694, in A. DI MAURO, *Università e corte di Somma. I capitoli*, Edizioni Ripostes, dicembre 1997, p.117.

⁶⁵⁷ Memoriale di difesa dell'Università nella Regia Camera della Summaria del 7 luglio 1694, in A. DI MAURO, *Università e corte di Somma. I capitoli*, Edizioni Ripostes, dicembre 1997, pp.117-118.

Alcantarine; per una più puntuale registrazione degli avvenimenti si deve attendere il 1927, anno in cui cominciano le pratiche di acquisizione dell'immobile da parte dei Padri Trinitari.



Fig. 131 - La cartolina è datata 13 agosto 1915. Sul primo tratto del corpo nord lungo via G. Auriemma è già presente la sopraelevazione dei due livelli. Nell'anno 1927 Padre Fortunato Aprea del Sacro Cuore, in qualità di Ministro dei Conventi in Napoli⁶⁵⁸, volendo dividere gli aspiranti alla vita religiosa sacerdotale dai professi, chiese agli organi preposti, il Definitorio Provinciale e il Definitorio Generale, il permesso di poter acquistare un 'vetusto convento' a Somma Vesuviana. Il 10 giugno del 1927 il Definitorio Provinciale esaminò la richiesta e l'approvò, rimettendo l'esposto al Definitorio Generale per l'approvazione finale. Lo stabile, che si trovava in cattive condizioni, apparteneva agli "Istituti Riuniti di Educazione Professionale Femminili di Napoli" ed era detto "Conservatorio della Addolorata e delle Suore Alcantarine". Ricevuta l'autorizzazione, Padre Fortunato iniziò le pratiche con i dirigenti di detti Istituti e con Atto del 2 agosto 1929 del Notaio Tavassi, rilevò lo stabile, con l'annesso giardino, che fu ceduto all'ordine. I lavori di rifacimento furono affidati alla ditta Martone di Somma Vesuviana per l'ammontare di una cifra di lire 33.000. Il Vescovo di Nola, Monsignore Egisto Domenico Melchiorri, diede

⁶⁵⁸ Precisamente dei Conventi di Trinità degli Spagnoli e S. Maria delle Grazie al Trivio.

il suo assenso in data 11 giugno 1930, mentre la Sacra Congregazione dei Religiosi approvò la fondazione con Rescritto del 26 gennaio dello stesso anno e ne commise l'esecuzione al Ministero Generale (8 febbraio 1930)⁶⁵⁹. Il 30 marzo 1930 una trentina di Aspiranti provenienti dal Collegio del Trivio di Napoli si trasferirono nel nuovo complesso.



Fig. 132 - Il retro della cartolina è datato 31 dicembre 1941. In particolare si osserva che lungo il secondo tratto del prospetto, dopo la torre, non è ancora stata realizzata la sopraelevazione del piano terzo; inoltre la torre era più bassa di come appare oggi. Pare ragionevole supporre che, con l'elevazione del piano terzo del collegio nel tratto finale del prospetto nord, si elevò pure la torre per ospitare i servizi igienici in comune al piano.

Successivamente, nell'estate del 1945 iniziarono i lavori di sopraelevazione di un terzo piano nel collegio. L'artefice di questo ampliamento fu il Vicario generale dell'Ordine, Padre Ignazio del SS. Sacramento, sovvenzionato dai Religiosi Italiani degli Stati Uniti d'America. I lavori, affidati nuovamente alla ditta Martone di Somma, sotto l'assistenza di padre Angelo Romano di Santa Teresa, si conclusero nella primavera del 1946.

⁶⁵⁹ A. MASULLI, *L'ordine dei Trinitari a Somma*, in «Summana», 1993, n.29, pp.28-29

Capitolo IV - Una esemplificazione: la verifica della sicurezza strutturale di un aggregato nel centro storico di Somma Vesuviana (Na)

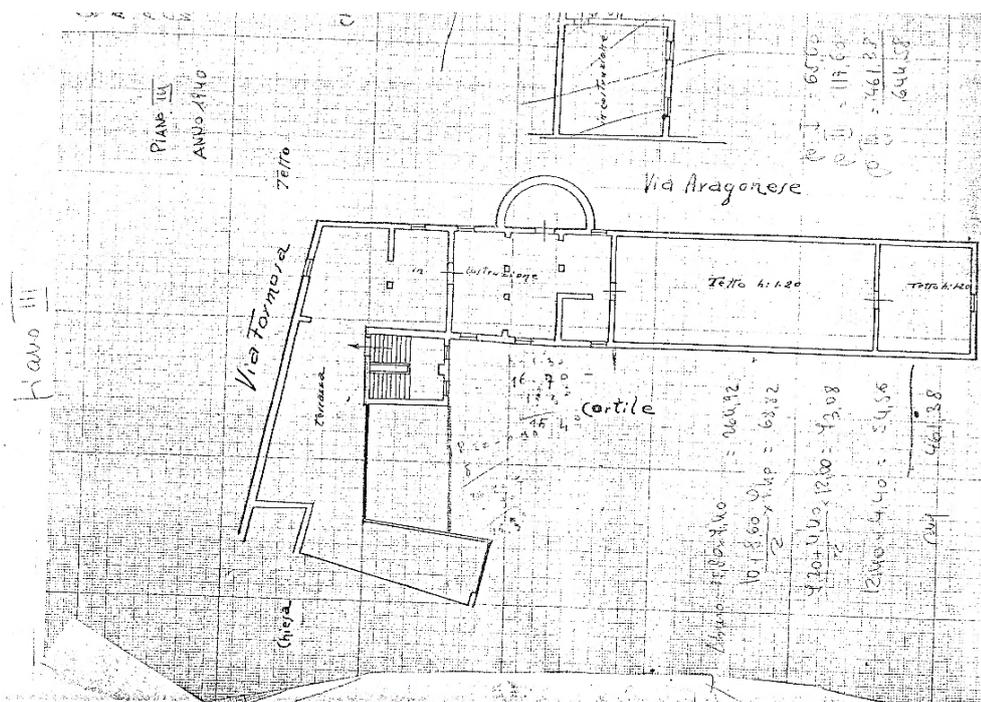


Fig. 133 - Catastale 1940, Piano terzo. La prima parte del corpo nord risulta in costruzione sebbene nelle cartoline viaggiatae nel 1912 e nel 1941 questa parte è già ben visibile. La restante parte del corpo nord e il corpo ovest invece non sono ancora stati edificati.

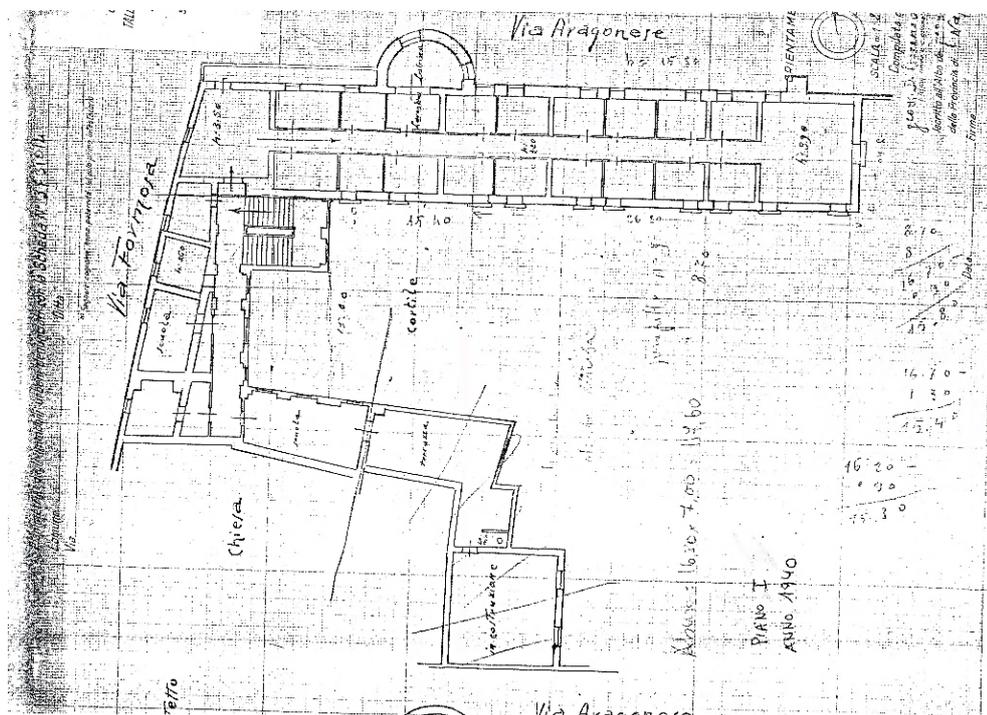


Fig. 134 - Catastale, Piano terzo. Questa planimetria catastale è sicuramente successiva alla precedente. Si evince che la sopraelevazione del piano terzo sul corpo nord ed ovest è ultimata invece il lato sud è in fase di costruzione. Infatti, la cartolina successiva, viaggiatae nel 1952 mostra questa parte in uno stato differente dall'attuale con la sopraelevazione del piano terzo sul corpo nord e ovest completata. Questi dati ci permettono di dire che parte del corpo sud alle spalle della chiesa al piano terzo è stato realizzato tra il 1940 e il 1952; molto probabilmente sono questi i lavori del 1945 di sopraelevazione a cui si riferiscono i racconti delle vicende storiche, poiché quelli sul corpo nord erano già stati realizzati.

La capienza fu portata da 40 a 70 posti e tutti gli aspiranti poterono godere di ampi spazi a loro disposizione. La spesa fu di £ 4.292.947. In seguito furono eseguiti altri lavori per la sistemazione dei refettori, della cucina e delle fognature, con un ulteriore importo di £ 1.559.731. Con il trascorrere del tempo l'antico stabile, in parte lesionato e in parte cadente, e l'annessa Chiesa vennero nuovamente restaurati. Furono bonificati e ricoperti i locali situati dietro la Sagrestia, il tutto con il contributo del governo italiano. Con i lavori fu comunque possibile realizzare nuove strutture come lo studio Camerale, il nuovo Refettorio e l'annessa cucina, la Cappella Interna al Collegio e furono aggiunti altri posti letto, portando la capienza a 120 posti letto⁶⁶⁰.



Fig. 135 - Cartolina viaggiata con timbro postale del 27 novembre 1952. Vista della chiesa e convento dei Padri Trinitari da est sud-est. Sul retro della cartolina non è indicato il nome dell'editore. Tratta da R. SERRA, *Due cartoline inedite su Somma Vesuviana*, in «Summana», n.71, marzo 2011, p.108.

Si nota che il fronte nord del complesso già presenta le due sopraelevazioni; invece a sud la chiesa è coperta da un tetto a falde, probabilmente la struttura di copertura si presentava come quella del coro, ancora oggi visibile, costituito da una copertura sottotetto a due falde in travi circolari di castagno. Inoltre, sempre dalla cartolina, pare che nel 1952 ancora non fossero stati realizzati gli spazi a sud che attualmente sono destinati ad ospitare le camere dei Padri Trinitari, ovvero, in particolare, il terzo livello del complesso.

Dalla documentazione dei lavori di manutenzione eseguiti a partire dagli anni '60 sul complesso è possibile ricavare altre utili informazioni.

Una minuta del 7 dicembre 1959 "*Lavori occorrenti per la riparazione danni di guerra al seminario dei Padri Trinitari in via Ferrante d'Aragona. Perizia relativa a lavori previsti nella perizia di 2° stralcio e non eseguiti*" riporta il computo metrico estimativo delle opere eseguite a carico del Ministero dei LL.PP. per un importo di £ 1.027.480; si tratta sostanzialmente della realizzazione di opere di rifinitura, intonaci, tinteggiature e

⁶⁶⁰A. MASULLI, *L'ordine dei Trinitari a Somma*, in «Summana», 1993, n.29, pp.28-29.

sostituzione o riparazione di invetriate in legno di castagno⁶⁶¹. In particolare, nella risposta della Soprintendenza del 29 febbraio 1960, si legge che *«l'intonaco [...] deve essere frattazzato eliminando le superstiti zone di intonaco liscio, in quanto le facciate del Seminario sono poggiate sulla originaria murazione aragonese e anzi per una certa estensione ne fanno proprio parte»*.

Nel 1967 i Padri Trinitari riuscirono ad ottenere un primo contributo economico per i danni di guerra 1940/1944 che riuscì a soddisfare un primo essenziale ripristino statico della chiesa. Durante i lavori, condotti sotto la direzione del Genio Civile di Napoli, venne asportato il rivestimento esterno di mattonelle maiolicate giallo-verde che creava sulla cupola un manto di riflessi policromi, il cui rammarico per la perdita di questi elementi di pregio si evince dai testi di studiosi locali che in diverse occasioni denunciarono gli episodi sulla stampa locale⁶⁶².

In seguito alla replica del sisma del 14 febbraio 1981, la chiesa e l'annesso convento subirono danni tali da essere dichiarati inagibili⁶⁶³. Il frontone che si affaccia su via Ferrante d'Aragona risultava completamente staccato dalla muratura retrostante e lungo i quattro piloni della zona preabsidale, dove si innesta la cupola, si evidenziavano notevoli fessurazioni verticali⁶⁶⁴. Seguono i lavori di riparazione dei danni causati dal sisma del 23 novembre 1980 alla Chiesa di S. Francesco ed annesso Seminario dei Padri Trinitari in via Ferrante d'Aragona. Il Provveditorato comunica che per la riparazione dei danni subiti dalla Chiesa, dal Seminario, e locali annessi si sarebbe intervenuti con la spesa necessaria, *«nella programmazione degli interventi da effettuarsi in attuazione della legge 219/1981 in quanto, la lettera "G" dell'Ordinanza Commissariale n. 80 del 6.1.81 prevede, per gli edifici di culto, soltanto lavori di somma urgenza, a tutela della pubblica incolumità, in applicazione del D.L. 12.4.1948 n.1010, allorquando ricorrano gli estremi di cui all'art. 70 del Regolamento 25.5.1895 n.350»*⁶⁶⁵. Dopo 4 anni dagli eventi sismici il Provveditorato

⁶⁶¹ Segue la nota del 23 febbraio 1960 "Danni bellici – Lavori occorrenti al Seminario dei Padri Trinitari in Via Ferrante d'Aragona di Somma Vesuviana", inviata dall'ingegnere capo G. Speciale alla Soprintendenza di Napoli; questa fa riferimento ad una perizia inviata il 2/2/1960 inerente i lavori di ripristino delle facciate del Seminario dei Padri Trinitari su via F. D'Aragona e via Cirelli. La Soprintendenza restituisce vistate il 29 febbraio 1960 la minuta e l'originale della perizia relative ai lavori per un importo di £ 1.027.480.

⁶⁶² R. D'AVINO, *Somma perduta*, in «Summana», n.1, 1984, p.8. Il testo era già stato pubblicato da «Il Punto», anno 1, n.1, 25 dicembre 1976.

⁶⁶³ Telegramma del 20.3.1981 prot. n° 5160/1.11. del Commissario Staordinario Zamberletti al Provveditorato OO.PP. Napoli, Soprintendenza Beni Ambientali et Architettonici Campania, arch. Riccardo Mola sala operativa commissariale X Comiliter, Sindco di Somma Vesuviana

⁶⁶⁴ M. AUTORINO, *La Chiesa in via Ferrante D'Aragona*, in «Summana», n.3, aprile 1985, pp.13-14.

⁶⁶⁵ Nota n.44140 del 19/12/1981, Provveditore dott. Ing. Martuscelli.

dispone la somma di Lire 40.0000.000 per il ripristino urgente della chiesa di S. Francesco dei PP. Trinitari di Somma Vesuviana⁶⁶⁶; però, i Padri Trinitari erano riusciti già a realizzare un primo necessario intervento statico grazie all'aiuto economico degli abitanti del Casamale⁶⁶⁷.

Dal computo metrico estimativo del 1° stralcio dei “*lavori di ripristino urgenti alla chiesa di S. Francesco e locali annessi in Somma Vesuviana*”⁶⁶⁸ del 3 giugno 1984 si evince in particolar modo la programmazione di iniezioni di cemento a pressione – in ragione di 0,80 ml/mq –; la sarcitura di lesioni (ml. 89,75) e la realizzazione di intonaco liscio di cemento a doppio strato per l'interno ed esterno della Chiesa. L'importo totale dei lavori è di £ 39.862.994⁶⁶⁹.

Nella relazione inerente gli interventi statici, annessa al su citato computo metrico, si legge che «*la struttura portante verticale [della chiesa] è in muratura di pietrame mista*» [...] «*L'edificio presentava un diffuso quadro fessurativo delle strutture verticali mentre alla cupola figurano sensibili lesioni*».

Gli interventi previsti per il ripristino dell'integrità delle strutture sono:

- cuciture delle murature in corrispondenza delle croci di muro per ricostituirne le appesature compromesse, eseguite mediante perforazioni armate con tondini di ferro nervato e suggellate con pasta di cemento a pressione;
- tiranti in corrispondenza delle imposte delle volte per contrastarne le spinte, realizzate mediante una serie di perforazioni passanti, armate con tondini di ferro nervato e suggellate con pasta di cemento a pressione;
- chiodature delle volte in corrispondenza delle lesioni mediante perforazioni armate come sopra;
- sarcitura di lesioni con catenelle di mattoni nelle murature laddove il quadro fessurativo è localizzato

Durante i lavori, condotti sotto la direzione del Genio Civile di Napoli, si perde anche la delicata lanterna, con caratteri architettonici barocchi⁶⁷⁰.

Intanto, una nota del 21 maggio 1985 da parte della Soprintendenza per i Beni Ambientali ed Architettonici di Napoli e provincia chiede chiarimenti sui lavori eseguiti nel convento

⁶⁶⁶ Nota n.9848 del 23 maggio 1984.

⁶⁶⁷ M. AUTORINO, *La Chiesa in via Ferrante D'Aragona*, in «Summana», aprile 1985, n.3, pp.13-14.

⁶⁶⁸ Nota n.8033 del 3 giugno 1984

⁶⁶⁹ Il tecnico è l'ing. Michele Autorino

⁶⁷⁰ Il rivestimento in maioliche giallo-verdi era già precedentemente andato perso, Cfr. R. D'AVINO, *Somma perduta*, «Summana», 1984, 1, p.8.

dei Padri Trinitari «che è parte integrante del complesso delle Torri e Mura Aragonesi» senza la preventiva autorizzazione prevista dalla L. 1.6.1939 n.1089 cui l'intero complesso è sottoposto⁶⁷¹. Nel 1986⁶⁷² è finalmente concessa la cifra di £ 40.000.000 per il 1° stralcio (sui £ 120.000.000 di importo generale) dei “Lavori di ripristino urgente alla chiesa di San Francesco e locali annessi alla via F. D’Aragona, danneggiato dal sisma”.

Il ventennio che va dal 1980 agli inizi del nuovo millennio è denso di avvenimenti per il complesso poco documentati.

Il 3 agosto 1987 «in seguito all'ondata di maltempo abbattutasi sulla zona hanno subito gravissimi e irrimediabili danni le mura storiche aragonesi della città di Somma Vesuviana in via Giudecca angolo via G. Auriemma. Sono cadute oltre venti metri di mura ed altre sono in pericolo coprendo di pietre auto in sosta» e pertanto si chiede un intervento urgente da parte della Soprintendenza.

Durante il mese di settembre cominciano le operazioni di consolidamento della murazione. La Soprintendenza sollecita l'Ordine dei Padri Trinitari a predisporre rapidamente una manutenzione completa delle mura, in particolare per quanto riguarda il problema del deflusso delle acque piovane, ed in particolare la ricostruzione della parte crollata con il recupero e reimpiego del materiale originale crollato⁶⁷³. Si sottolinea che i lavori richiesti devono essere autorizzati dalla stessa Soprintendenza ai sensi della legge 1.6.1939 n.1089 cui l'intero complesso è sottoposto, evidenziando in particolare le tecniche di ricostruzione e il progetto delle sagome verticali ed orizzontali delle mura con rilievo delle parti ancora integre. Ma il progetto, la cui documentazione è presente negli archivi della Soprintendenza, pare essere del 1992. Infine, nel 2004, gli ultimi lavori di restauro documentati sono dedicati alla facciata della Chiesa⁶⁷⁴.

⁶⁷¹ Nota del 21 maggio 1985⁶⁷¹ prot. n.8688, archivio Soprintendenza di Napoli

⁶⁷² Nota dell'arch. Pacini della Soprintendenza di Napoli

⁶⁷³ Nota n. 22033 e31 26 set 1987, archivio Soprintendenza di Napoli

⁶⁷⁴ S. LO SAPIO, *Ristrutturazione e restauro della facciata e dell'annesso campanile della chiesa delle Alcantarine*, “Summana”, 2006, 65, p.25.



Fig. 136 - Particolare del crollo del muro lungo via G. Auriemma. Archvio Soprintendenza, 1992.



Fig. 137 - Particolare del crollo e dello stato di conservazione del muro all'angolo tra via Giudecca e via G. Auriemma. Archvio Soprintendenza, 1992.



Fig. 138 - Particolare del crollo del muro lungo via G. Auriemma. Archvio Soprintendenza, 1992.



Fig. 139- Particolare della tessitura del muro lungo via G. Auriemma. Archvio Soprintendenza, 1992.

Ancora, «il 30 maggio 2010 avviene il crollo parziale del solaio di sottotetto della Chiesa in corrispondenza del coro. Il crollo era stato causato dal cedimento di una trave in legno di sostegno al tavolato di supporto del solaio di sottotetto. Il progetto d'intervento consiste nella «1. Rimozione del materiale di riempimento del solaio in legno del sottotetto nella restante parte non crollata;

2. Lo smontaggio dell'impalcato in legno composto da panconcelli, e tavolati vari;

3. Consolidamento delle strutture lignee deteriorate e sostituzione di quelle rotte o non più riutilizzabili con altre dello stesso tipo;

4. Rimontaggio dei panconcelli esistenti risanati;

5. Rifacimento del solaio di sottotetto mediante la posa in opera sull'intera superficie di panconcelli risanati di un telo traspirante a rete elettrosaldata, ancorata alle strutture in legno mediante connettori a piolo e ramponi ancorati sulle travi. Il tutto annegato in getto di calcestruzzo per la formazione di una soletta dello spessore medio di circa 5 cm, ancorata alla muratura esistente mediante alcune iniezioni armate (una ogni mt 2,00);

6. Ripristino del manto impermeabile;

7. Ripristino dell'intonaco deteriorato, in corrispondenza del solaio di sottotetto e delle zone di incastro delle travi in legno sostituite»⁶⁷⁵.

La soprintendenza rilascia l'autorizzazione⁶⁷⁶ all'esecuzione dei lavori con la prescrizione che «in luogo del previsto massetto armato previsto all'intradosso dei panconcelli risanati dovrà procedersi, sempre previa verifica, mediante tecniche alternative quali il doppio tavolato incrociato, l'apposizione di catene, ecc.».



Fig. 140, Fig. 141 - Crollo del solaio in legno del coro. Foto 2010.

⁶⁷⁵ S. LO SAPIO, *Intervento di Manutenzione straordinaria del solaio di sotto tetto a seguito di crollo parziale dello stesso*, relazione tecnica, prot. n 22414 dell'11 nov.2010, archivio Soprintendenza di Napoli.

⁶⁷⁶ Nota prot. n22414 del 4.10.2010, archivio Soprintendenza di Napoli.

Capitolo IV - Una esemplificazione: la verifica della sicurezza strutturale di un aggregato nel centro storico di Somma Vesuviana (Na)



Fig. 142 - Particolare del masso di calce al di sopra del solaio in legno del coro. Foto 2010.



Fig. 143 - Particolare della trave spezzata del solaio in legno del coro. Foto 2010.



Fig. 144 - Particolare dell'ammorsamento delle travi di legno di castagno nella muratura di mattoni. Foto 2010.



Fig. 145 - Particolare di una cornice in seguito al crollo del solaio del coro. Foto 2010.



Fig. 146 - Realizzazione di una soletta in calcestruzzo armata e ancorata alle murature perimetrali di sostegno del solaio in legno del coro. Foto 2010.



Fig. 147 - Particolare dell'ammorsatura della soletta nelle mura perimetrali. Foto 2010.



Fig. 148 - Particolare della realizzazione del manto di copertura del tetto a due falde in legno al di sopra del coro. Foto 2010.

Infine, nel 2013, in seguito a lavori di adeguamento funzionale, sono stati realizzati alcuni interventi di manutenzione straordinaria sull'ala sud del complesso di interesse ai fini di questo lavoro. Si è trattato essenzialmente di interventi di adeguamento impiantistico, che pure hanno inciso sulle strutture del complesso, e di alcuni interventi strutturali.



Fig. 149 - Gli impianti di condizionamento al piano terzo, lato ovest



Fig. 150 - Particolari degli interventi sulle strutture per il necessario adeguamento impiantistico dell'ala sud e ovest del complesso.

Nello specifico, dalla rimozione dell'intonaco sono emersi i seguenti problemi: lesioni in chiave degli archi al piano primo; scarso ammorsamento delle murature perimetrali in blocchi di tufo giallo ai piani secondo e terzo; diffuso fenomeno di schiacciamento localizzato delle stesse murature dovuto al peso dei solai in putrelle di ferro e tavelloni poggianti direttamente su di queste; imbarcamento del solaio di calpestio del piano terzo caratterizzato da una luce di circa 7 m; schiacciamento del muro di spina al piano secondo per il peso della trave in conglomerato cementizio armato di dimensioni bxh pari a **100x70** cm gravante direttamente su di esso.



Fig. 151, Fig. 152 - Volte a crociera su archia sesto ribassati al piano primo. Le volte mostrano una lesione in chiave continua di cui non si è tenuto conto procedendo al rifacimento dell'intonaco con l'inserimento di un brandello di rete. Foto 14 gennaio 2014.

Al fine di garantire un comportamento scatolare ai piani superiori di questa porzione dell'aggregato oggetto d'intervento, sono stati inseriti dei profilati in acciaio con funzione di concatenamento delle murature perimetrali e delle stesse ai muri di spina.



Figg. 153, 154, 155, 156 – L'intervento di incatenamento delle murature con l'inserimento di profilati HEA 220

Poi, per risolvere il problema dello schiacciamento localizzato delle murature nei punti di scarico delle putrelle in ferro sono stati inseriti in breccia nella muratura dei profilati a C, poggiati su di un cuscino di filari di mattoni, con la funzione di ripartizione dei carichi dei solai in putrelle di ferro e tavelloni.



Fig. 157, Fig. 158 – inserimento di profilati a C con cuscinetto di mattoni per ripartire il carico delle putrelle in ferro dei solai e risolvere il problema del fenomeno di schiacciamento localizzato delle murature.

Ancora, per risolvere il problema dell'imbarco del solaio del piano terzo ed evitare la sostituzione del solaio esistente, si è proceduti alla realizzazione di una soletta in cls armata con rete elettrosaldata, opportunamente ancorata alle murature perimetrali; questa si collega

al solaio sottostante tramite connettori inseriti in corrispondenza dei travetti in ferro del solaio.



Figg. 159, 160 – l'intervento di realizzazione di una soletta in cls ancorata al solaio tramite connettori

Infine, il problema più preoccupante, ovvero lo schiacciamento del muro di spina del piano secondo sul quale grava il peso della trave di conglomerato cementizio armato, è stato risolto con un placcaggio della muratura con intonaco armato e barre di collegamento tra i due lati della parete per conferirle una maggiore resistenza (e rigidità).



Figg. 161, 162 – l'intervento di placcaggio delle murature di sostegno della trave in c.a. al secondo piano del corpo sud.

Si tratta di un intervento discutibile sia in termini di conservazione che di sicurezza, che purtroppo rientra nelle abitudini operative più diffuse. Infine, la muratura schiacciata, è stata sostituita in numerosi punti, mediante intervento di scuci-cuci, con una muratura di mattoni. Anche lungo le mura perimetrali, al piano secondo e terzo del corpo sud, è stato eseguito lo stesso intervento di intonaco armato delle murature.



Fig. 163 -

Fig. 164 -

In sintesi si riporta una schematizzazione delle fasi di accrescimento del complesso conventuale dei Padri Trinitari con la Chiesa di San Francesco.

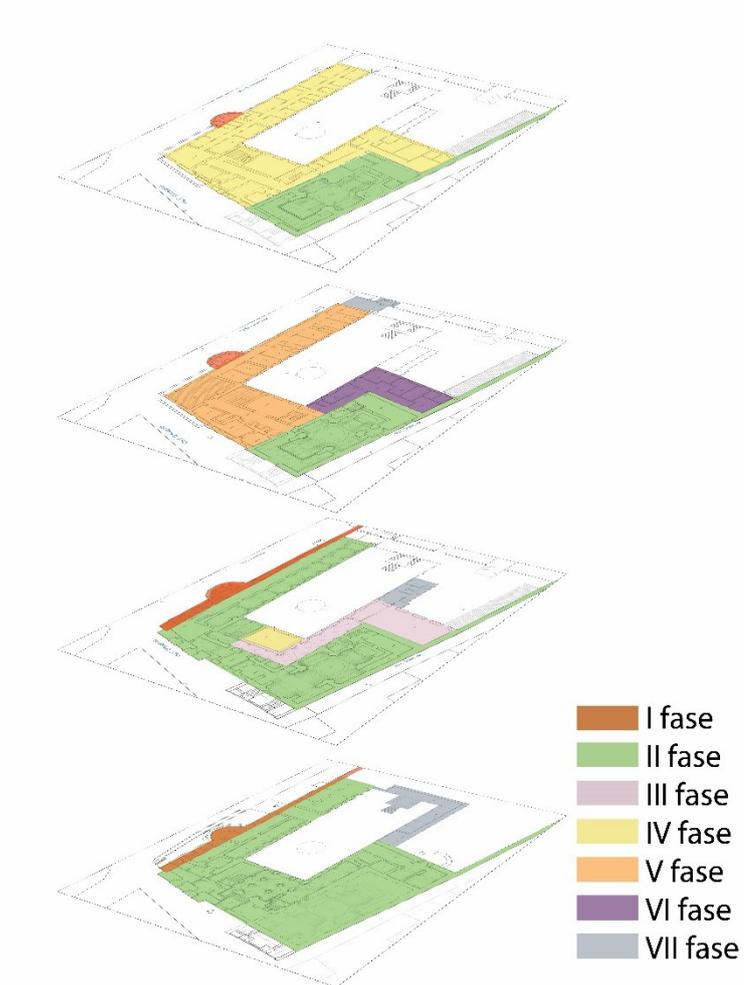


Fig. 165 Schema dell'evoluzione storico-costruttiva del complesso conventuale dei Padri Trinitari.

Il rilievo dei materiali e delle tecniche costruttive

Il rilievo dei materiali e delle tecniche costruttive, così come delle forme di dissesto, per le finalità che questo lavoro si pone, ha riguardato essenzialmente le parti dell'aggregato con funzione strutturale e non le opere di rifinitura. Per questo motivo, le attività di rilievo andrebbero poi integrate in un secondo momento per avere un quadro completo della situazione che consenta di avviare un più generale progetto di restauro.

Dal rilievo dei materiali e delle tecniche costruttive è emerso che le strutture portanti verticali sono di sei tipi diversi:

- 1- muratura a sacco con paramenti esterni in blocchi di pietra lavica vesuviana, appena sbozzati, legati da abbondante malta di calce e sabbia del Somma;
- 2- muratura caotica in blocchi di pietra lavica vesuviana, appena sbozzati, legati da abbondante malta di calce e sabbia del Somma;
- 3- muratura caotica di tufo giallo legata da malta di calce e sabbia;
- 4- muratura a due teste di blocchi di tufo giallo legati da malta di calce e sabbia;
- 5- pilastri in laterizi pieni legati da malta di calce;
- 6- pilastri in conglomerato cementizio armato.

In particolare, la muratura a sacco in pietra lavica vesuviana si rileva nei primi due livelli fuori terra, ovvero il piano terra e il piano primo, con spessori variabili dai 120 ai 220 cm; quando lo spessore si riduce a circa 80 cm, sebbene il materiale sia lo stesso, la pietra lavica è posta in opera in maniera caotica. Alcuni elementi verticali portanti che derivano da interventi successivi al periodo di fondazione (XVII-XVIII sec), costituiscono l'eccezione a queste principali tipologie costruttive riscontrate ai primi due livelli del complesso; basti pensare alla parete lungo l'ingresso da via G. Auriemma, alla parete ovest del prospetto della corte interna e agli spazi al primo livello posizionati sul corpo sud dopo il volume della Chiesa. Emerge, poi, dal rilievo dei materiali e delle tecniche costruttive una particolarità che le indagini storiche non hanno chiarito: mentre gli elementi murari verticali appena descritti sono opera di interventi di adeguamento funzionale del complesso eseguiti nel corso della prima metà del XX secolo, le murature e le volte al piano primo, dei corpi ovest e sud, sono in muratura di tufo giallo piuttosto che in muratura di pietra lavica vesuviana. È stato possibile ottenere queste informazioni dalla documentazione fotografica degli interventi di manutenzione intrapresi nel 2013 sul corpo ovest e sud del complesso; dall'analisi storica e documentaria non sono emersi dati che permettessero di collocare cronologicamente quest'intervento che si configura, molto probabilmente, come una delle prime azioni di

accrescimento dell'organismo architettonico; né, infine, è stato possibile prelevare campioni di materiale per un'indagine di laboratorio che permettesse di identificare le differenti tipologie di tufo emerse dall'analisi della documentazione fotografica. (da All. 10 ad all.16)



Fig. 166 - L'immagine evidenzia le spaccatelle di tufo di tufo di uno degli archi al piano primo del corpo sud del complesso. Foto 14 gennaio 2014



Fig. 167 - In evidenza la muratura in blocchi di tufo del corridoio al piano primo del corpo ovest. Foto 01 ottobre 2013.



Fig. 168 - In evidenza la piattabanda in legno con il soprastante architrave in spaccatelle di tufo giallo, corpo ovest. Foto 30 aprile 2013.



Fig. 169- In evidenza l'intervento del 2013 che ha previsto il rifacimento di tutte le piattabande con l'inserimento di profilati a C su cuscino di laterizi pieni e il corrispondente rinforzo dell'apertura del vano con laterizi pieni. Foto 30 aprile 2013.



Fig. 170 - E' evidente la tessitura in tufo caotico della muratura al piano secondo.

Per quanto riguarda la pietra lavica del Somma-Vesuvio, si sottolinea come questa caratterizzi, in generale, le parti più antiche dei centri storici del Parco Nazionale del Vesuvio, nonché le masserie sparse in questo ambito territoriale⁶⁷⁷; solo in un momento successivo si diffonde l'impiego del tufo giallo della tradizione costruttiva napoletana anche nelle attività edili dei cosiddetti 'paesi vesuviani'⁶⁷⁸.

Proseguendo nella disamina dei materiali e delle tecniche costruttive del complesso dei Padri Trinitari e dell'annessa Chiesa di San Francesco, si segnala che i pilastri in mattoni pieni legati da malta di calce caratterizzano gli elementi verticali di sostegno degli archi al piano primo, lungo la parete sud del corpo nord, su cui grava la successione di ambienti voltati. È stato possibile trarre questa informazione dalla rimozione dell'intonaco in numerosi punti di questi pilastri al piano primo. Si tratta, molto probabilmente, di un intervento di rinforzo e di consolidamento di cui non è emersa traccia nel corso delle ricerche storiche.



Fig. 171 – I mattoni dei pilastri di scarico degli archi al piano primo del corpo nord. Foto 2014.



Fig. 172 - Foto aprile 2013. In evidenza la continuità tra la struttura in pietra lavica vesuviana e i successivi ampliamenti in muratura di tufo che poggia direttamente sulla struttura originaria.

Infine, al piano secondo e al piano terzo, le strutture verticali portanti sono in blocchi di tufo giallo legati da malta di calce, frutto delle operazioni, per lo più speculative, compiute nella prima metà del XX secolo.

⁶⁷⁷ M. CENNAMO, *Le masserie circumvesuviane. Tradizione e innovazione nell'architettura rurale*, Fiorentino Art & Books, Benevento, dicembre 2006.

⁶⁷⁸ Un tempo le cave di estrazione della pietra lavica vesuviana erano concentrate prevalentemente nell'area ricadente negli ambiti comunali di San Giuseppe e Terzigno; oggi resta solo un piccolo consorzio di tutela e promozione della pietra lavica: la produzione riguarda essenzialmente elementi di rifinitura, quali cordoli, rivestimenti e pavimentazioni o elementi decorativi e di arredo per esterni.



Fig. 173 - In evidenza la muratura in blocchi di tufo regolari, terzo piano del complesso, corpo sud.
Foto novembre 2012



Fig. 174 - In evidenza la muratura in blocchi di tufo regolari, terzo piano del complesso, corpo sud.
Foto 9 marzo 2013.

Invece, per quanto riguarda le strutture orizzontali e pseudorizzontali, dal rilievo dei materiali e delle tecniche costruttive risulta che:

- 1- gli orizzontamenti sono in putrelle di ferro e tavelloni con soletta soprastante di conglomerato cementizio;
- 2- archi e volte al piano terra di tutto il complesso e lungo il corpo nord del piano primo sono in blocchi di pietra lavica vesuviana appena sbazzata legata da abbondante malta di calce e sabbia;
- 3- archi e volte al piano primo del corpo sud sono invece in blocchi di tufo giallo napoletano legati da malta di calce e sabbia;

In particolare, per quanto riguarda gli spessori degli orizzontamenti in putrelle di ferro e tavelloni, questi variano notevolmente a seconda delle luci da coprire e, molto probabilmente, del periodo di esecuzione dell'intervento. Anche gli spessori in chiave di volte e archi sono diversi⁶⁷⁹. (ALL.



Figg. 175, 176 – I solai in putrelle di acciaio e tavelloni. Foto aprile 2013.

⁶⁷⁹ Tutti gli spessori sono riportati nelle tavole in allegato, in corrispondenza del rilievo geometrico del complesso.

Per quanto riguarda gli elementi di collegamento verticale, la scala interna principale è anch'essa in pietra lavica vesuviana appena sbazzata, a due rampe, su voltine a sbalzo dalle murature perimetrali e pianerottolo di smonto su arco a sesto ribassato; questa tecnologia costruttiva, secondo l'evoluzione storico-costruttiva del complesso, interessa solo i primi due livelli.



Figg. 177, 178 – La scala

Ai piani superiori la scala ha la stessa conformazione geometrica della precedente ma, considerando che collega le due sopraelevazioni eseguite nel corso del XX secolo, risulta essere in putrelle di acciaio e tavelloni; infine, la rampa che dal piano terzo conduce in copertura è costituita da una soletta rampante.



Fig. 179 – La scala di accesso alla copertura. Foto 2014.

Il corpo sud presenta un altro elemento verticale di collegamento dalla chiesa al piano primo e al piano secondo nei pressi dell'area lavanderia. La scala è costituita da una trave a ginocchio in acciaio su cui gravano i gradini in cls.



Figg. 180, 181 -

Infine, tra gli elementi orizzontali, è importante segnalare la presenza al piano secondo e terzo di alcune travi emergenti in conglomerato cementizio armato le cui dimensioni sono riportate nelle tavole di rilievo allegate.



Fig. 182 - Foto novembre 2012,

Fig. 183 - Foto novembre 2012,

Una descrizione a parte merita la Chiesa di San Francesco. La struttura verticale è costituita anch'essa da muratura a sacco in pietrame vesuviano non squadrato legato da malta di calce e sabbia, e le strutture psudorizzontali sono essenzialmente volte a botte, in corrispondenza della zona di innesto della cupola o, a sesto ribassato, in corrispondenza del portone di ingresso da via F. D'Aragona. L'ultimo tratto della navata presenta invece un solaio in ferro e laterizi. Sulla volta a sesto ribassato della zona d'ingresso è situato il coro che presenta una copertura lignea con travi circolari in legno di castagno e panconcelli; su di esso, in seguito al crollo di una trave del solaio in legno nel 2010, fu realizzata una soletta di calcestruzzo armata ancorata alle murature perimentrali⁶⁸⁰.

⁶⁸⁰ Vedi Analisi storica degli eventi e degli interventi subiti, pp.282-299.

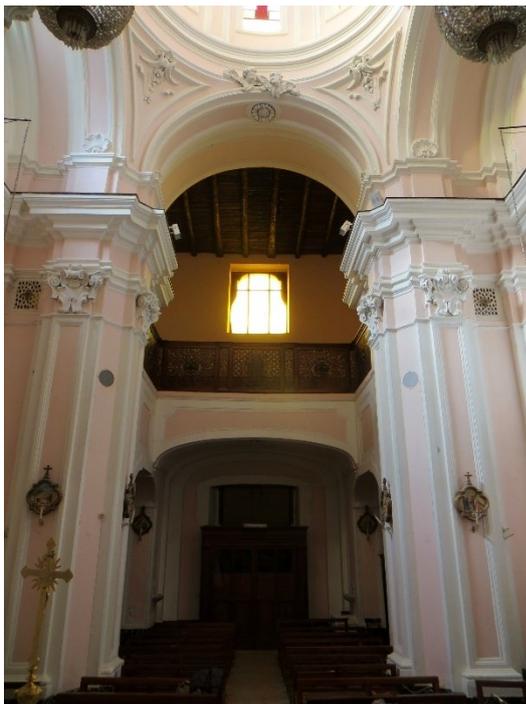


Fig. 184 -

Al di sopra del coro, in copertura, il tetto a spioventi è costituito anch'esso da travi in legno di castagno che scaricano sul timpano della Chiesa e arcarecci disposti ortogonalmente, sui quali è imposta una copertura in tegole e coppi. Si nota l'inserimento di alcuni profilati di acciaio in supporto alle travi in legno.

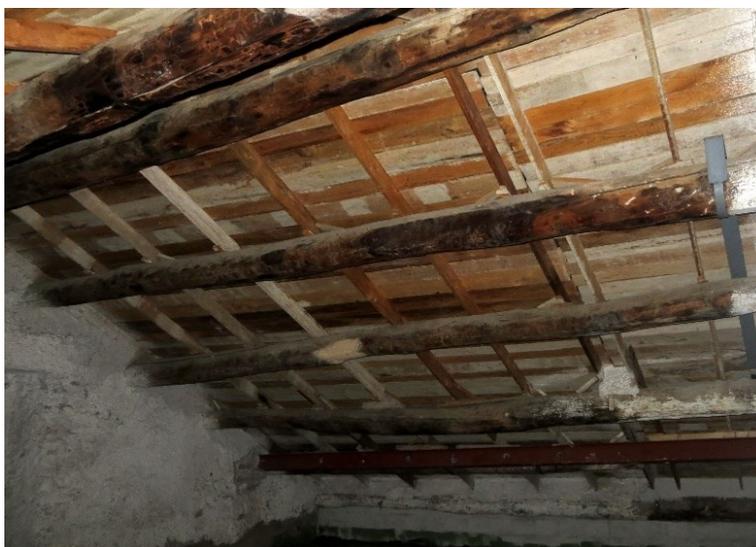


Fig. 185 -

Dalla documentazione inerente i lavori del 2013 emerge che la cupola, di diametro di circa 5 m, ad intradosso ogivale ed estradosso semisferico, è in pietra vesuviana non squadrata legata da malta di calce e sabbia, poggiante su un tamburo circolare in blocchetti di tufo giallo ed è rinforzata da un'intelaiatura in ferro a mò di costolonatura della stessa e cerchiaggio del tamburo; infine, è sormontata da una lanterna, presumibilmente anch'essa in

pietra vesuviana, rivestita con modanature e stucchi andati perduti e riprodotti con materiale cementizio per riprodurre le forme originarie.



Fig. 186 -. In evidenza la muratura della cupola in pietra lavica vesuviana e il sistema di 'costolature' in putrelle di ferro. Foto gennaio 2013



Fig. 187 -. A differenza della struttura muraria della cupola, il tamburo presenta una muratura in blocchi di tufo giallo napoletano. Il sistema di putrelle in ferro prosegue sul tamburo ingabbiando la struttura. Foto gennaio 2013

Sul lato nord della Chiesa, dal punto di accesso alla Sagrestia, in corrispondenza del corpo scala che conduce al primo piano del complesso, si susseguono sui tre livelli superiori una serie di piccoli ambienti voltati che non rispecchiano le quote di calpestio generali del complesso.



Figg. 188, 189, 190 – Alcuni ambienti voltati del corpo sud, a quote sfalsate rispetto il resto del complesso, in corrispondenza della Chiesa.

Per maggiori chiarimenti e dettagli su quanto espresso, in allegato è possibile visionare i grafici di rilievo con l'indicazione dei materiali e delle tecniche costruttive che caratterizzano il complesso conventuale dei Padri Trinitari e la Chiesa di San Francesco. Infine, tra gli elementi di presidio antisismico, oltre ai profilati con funzione di catena di cui si è già detto prima, si segnala la presenza dei due archetti di scarico al termine di vico

Cuonzolo che collegano la facciata alle costruzioni sul lato opposto del vicolo e i possenti barbacani del corpo nord.



Fig. 191, 192 – Gli archi di scarico di collegamento della facciata della Chiesa di San Francesco con l'isolato successivo, sull'altro fronte di vico Cuonzolo.



Fig. 193 – I barbacani in direzione longitudinale e trasversale il complesso lungo il corpo nord su via G. Auriemma. Foto 2015.



Fig. 194 – Il barbacane del corpo nord su via G. Auriemma dal lato della corte interna.

Capitolo IV - Una esemplificazione: la verifica della sicurezza strutturale di un aggregato nel centro storico di Somma Vesuviana (Na)

Il rilievo del quadro fessurativo

Lo studio dei materiali e delle tecniche costruttive va arricchito dalle osservazioni sullo stato di conservazione degli elementi strutturali dell'aggregato, tramite il rilievo e la restituzione del quadro fessurativo e deformativo. La correlazione tra fasi di trasformazioni, materiali e tecniche costruttive, degrado e dissesto, può consentire di definire la sussistenza della possibilità di attingere a modelli di valutazione basati sull'uso dei meccanismi di collasso e, dunque, specificare i meccanismi effettivamente attivabili, oltre a quelli desumibili dalla letteratura scientifica⁶⁸¹.

Si ricorda che il complesso è stato sottoposto nel 2013 a lavori di manutenzione straordinaria nel corso dei quali sono stati svolti alcuni interventi di cui già si è parlato nell'apposita sezione dedicata all'analisi degli eventi e degli interventi subiti; di conseguenza, sul corpo sud del complesso, non è stato possibile riscontrare un significativo quadro fessurativo; però, è stato possibile comprendere la situazione precedente il 2013 e le modalità d'intervento adottate grazie alla documentazione fotografica realizzata nel corso dei lavori. Invece, per quanto riguarda il corpo sud del complesso, in completo stato di abbandono fino a dicembre 2014, e in alcuni punti della Chiesa, è stato possibile rilevare importanti informazioni sullo stato di conservazione.

Al piano terra del complesso, nell'androne di ingresso sul corpo ovest, si evidenzia il fenomeno di espulsione delle lastre di marmo di rivestimento dei pilastri. Per ovviare a questo problema sono state posizionate delle cravatte in acciaio, non sempre collegate in maniera significativa (specie per i pilastri perimetrali inglobati nella muratura). (Scheda n.) Sul blocco nord del piano primo, in seguito all'operazione di scartavetratura della tinteggiatura è emerso un significativo quadro fessurativo. In particolare, la volta a botte del piano primo presenta una lesione in chiave per quasi per tutta la lunghezza (Scheda n.); le volte a vela degli ambienti adiacenti il corridoio voltato presentano un quadro fessurativo di tipo diagonale che segue l'andamento delle linee di forza delle volte; anche sugli archi di collegamento tra uno spazio voltato e l'altro, si riscontrano fessure in chiave (Scheda n.). A ciò si aggiunge che, al piano secondo, il pavimento risulta fessurato secondo l'andamento riportato nei grafici in allegato e nelle relative schede di approfondimento (Scheda n.). Dal confronto tra l'andamento delle lesioni sul pavimento del piano secondo e sulle volte al piano primo emerge una corrispondenza. Inoltre, in corrispondenza dell'appoggio delle travi in

⁶⁸¹ G.P. BROGIOLO, P. FACCIO, *Apsat12. Carta del rischio e conservazione dei paesaggi e delle architetture*, SAP Società Archeologica, marzo 2013, p.111.

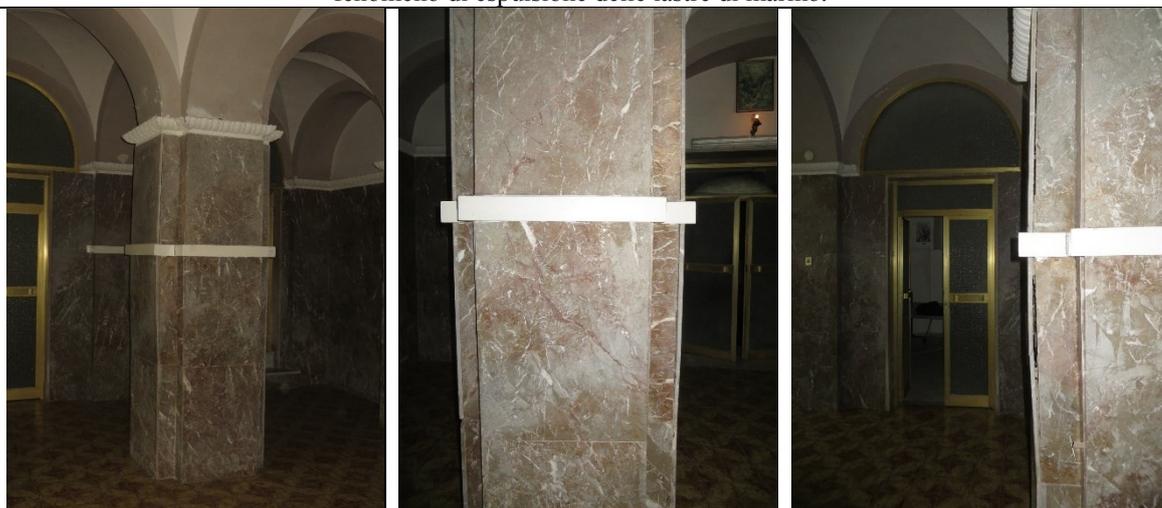
ferro dei solai lungo le murature, soprattutto di tufo, si registrano lesioni da schiacciamento localizzato, dovute proprio alla mancanza di un elemento intermedio di assorbimento del carico localizzato della putrella (Scheda n.). Questo problema era stato riscontrato anche nel corso dei lavori del 2013 sul corpo nord del complesso; in quel caso si è intervenuti posizionando al di sotto delle putrelle del solaio dei profilati a 'C' poggianti su un cuscinetto di tre filari di mattoni rossi legati da malta al fine di contribuire alla distribuzione del carico localizzato su tutta la lunghezza della muratura. Anche sul tramezzo del piano secondo che corre da ovest ad est del corpo nord sono presenti fessure da schiacciamento; il solaio ordito in direzione ortogonale al tramezzo grava su di esso col proprio carico; sebbene quest'elemento non abbia una funzione portante, in questo specifico caso, non va sottovalutato il suo contributo nel sostegno del carico del solaio soprastante.

Ancora, al piano terzo, in corrispondenza della trave di conglomerato cementizio armato del piano secondo, è presente una muratura in blocchi di tufo giallo con un andamento parabolico delle fessure passanti da una parte all'altra dello spessore murario (Scheda n.). Dagli elaborati grafici è possibile comprendere l'andamento del quadro fessurativo delle volte al piano primo del corpo sud del complesso, accompagnato da schede che integrano le informazioni sul quadro fessurativo rilevato, in particolare in quei punti che non emergono necessariamente dagli elaborati di rilievo grafico.

SCHEDA N.1



Fig. 195 – Androne voltato con in evidenza il pilastro oggetto di cerchiatura metallica per contrastare il fenomeno di espulsione delle lastre di marmo.



Figg. 196, 197, 198 – Espulsione delle lastre di marmo. Particolare di uno dei pilastri dell'androne voltato al piano terra.

SCHEDA N.2



Figg. 199, 200 - Lesione orizzontale in chiave della volta a botte.
Piano Primo, lato Nord, fronte su via G. Auriemma.

SCHEDA N.3

Localizzazione: Piano primo, lato Nord, fronte corte interna.



Figg. 201, 202, 203,204: Lesioni diagonali nei punti di scarico delle volte a vela.

SCHEDA N.4



Fig. 205, 206, 207, 208 - Lesione diagonale e in mezzeria delle volte a vela.
Piano Primo, lato Nord, fronte corte interna.

SCHEDA N.5



Fig. 209 – Lesione orizzontale tra la muratura aragonese e la torre inglobata nel complesso. Piano Primo, lato nord.

SCHEDA N.6



Fig. 210 - Lesione orizzontale su pavimento. Piano secondo, lato nord su via G. Auriemma.

SCHEDA N.7



Fig. 211 - Lesione verticale della muratura dovuta a schiacciamento della stessa a causa dell'aumento dei carichi dei livelli superiori. Piano secondo, lato nord su via G. Auriemma, in corrispondenza dell'ingresso ai servizi igienici collocati nella torre inglobata nel complesso.

SCHEDA N.8



Fig. 212, 213 - Lesione verticale della muratura dovuta a schiacciamento della stessa a causa dell'aumento dei carichi dei livelli superiori. Lato Sud, piano primo, spazio di collegamento della chiesa al piano primo.

SCHEDA DISSESTI N.9

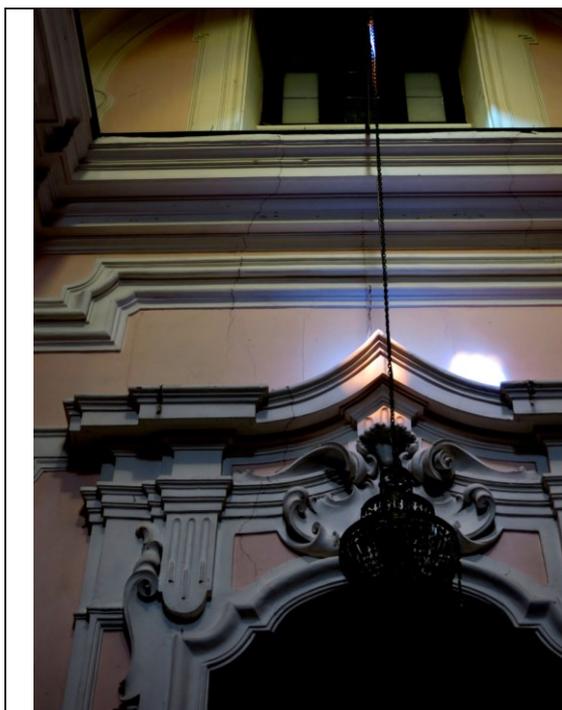


Fig. 214 - Lesione verticale della muratura.

SCHEDA DISSESTI N.10





Fig. 215 - Lesione in chiave dell'arco di ingresso alla Chiesa e in corrispondenza dell'attacco con gli archi trasversali a questo.

SCHEDA N.11



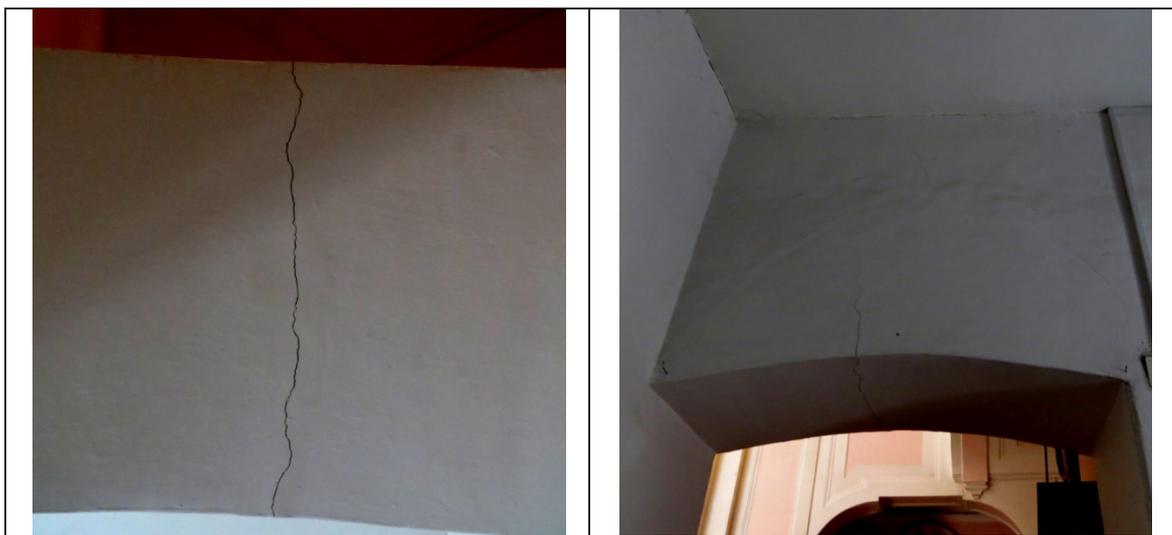
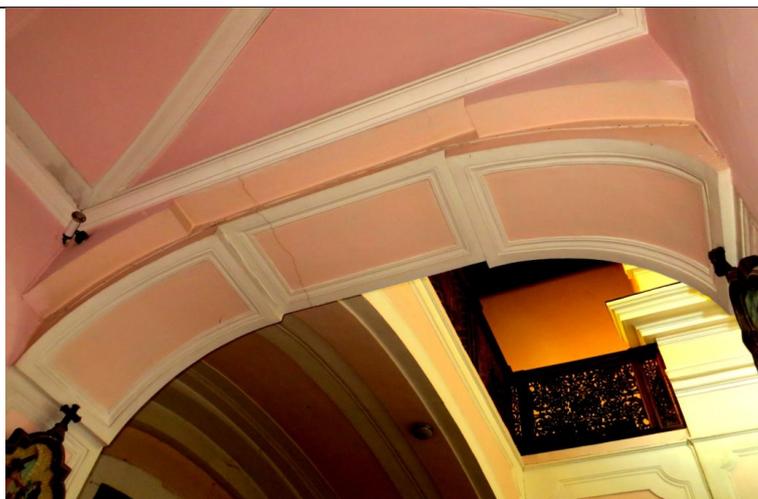


Fig. 216 - Lesione in chiave dell'arco ribassato. Chiesa, spazio di passaggio alla cappella laterale posizionata in adiacenza all'ingresso sul fronte Ovest del complesso.

SCHEDA N.12



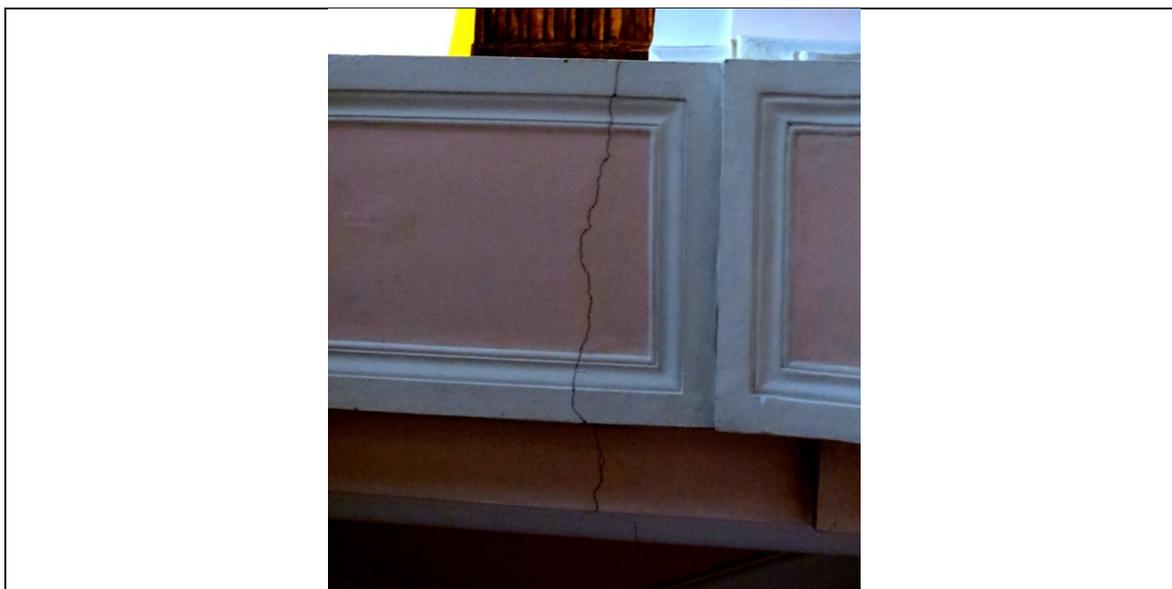


Fig. 217 - Lesione in chiave dell'arco in corrispondenza dell'ingresso alla Chiesa, nel punto di appoggio del coro.

SCHEDA DISSESTI N.13



Figg. 218, 219 - Lesione in mezzeria dell'arco a sesto ribassato di accesso alla cappella laterale la Chiesa.

SCHEDA N.14



Fig. 220 - Lesione diagonale della volta a crociera di passaggio alla cappella laterale della Chiesa.

SCHEDA DISSESTI N.15

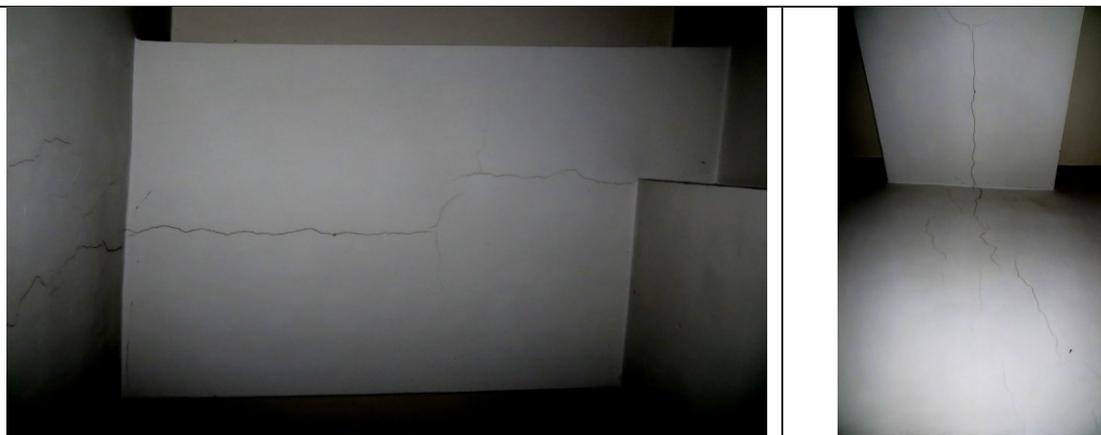


Fig. 221 - Lesione orizzontale in corrispondenza della trave che prosegue verticalmente sulla muratura.
Piano secondo.

SCHEDA DISSESTI N.16



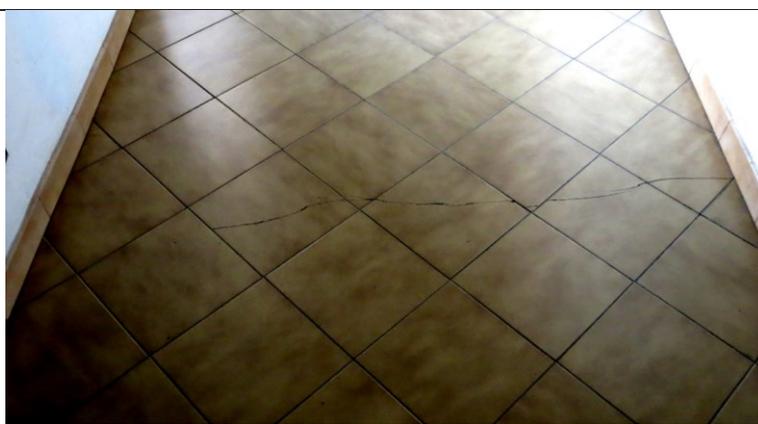
Capitolo IV - Una esemplificazione: la verifica della sicurezza strutturale di un aggregato nel centro storico di Somma Vesuviana (Na)





Fig. 222 - Lesioni su pavimento al piano secondo.

SCHEDA DISSESTI N.17



Figg. 223, 224, 225, 226 - Lesione su pavimento nel corridoio al piano secondo del corpo nord su via G. Auriemma.

SCHEDA DISSESTI N.18



Fig. 227 - Lesione inclinata di 45° su vano in muratura di chiusura trasversale al piano secondo del corpo nord su via G. Auriemma

SCHEDA DISSESTI N.19



Fig. 228 – Lesione parabolica. Parete di ingresso al corpo nord.

SCHEDA DISSESTI N.120

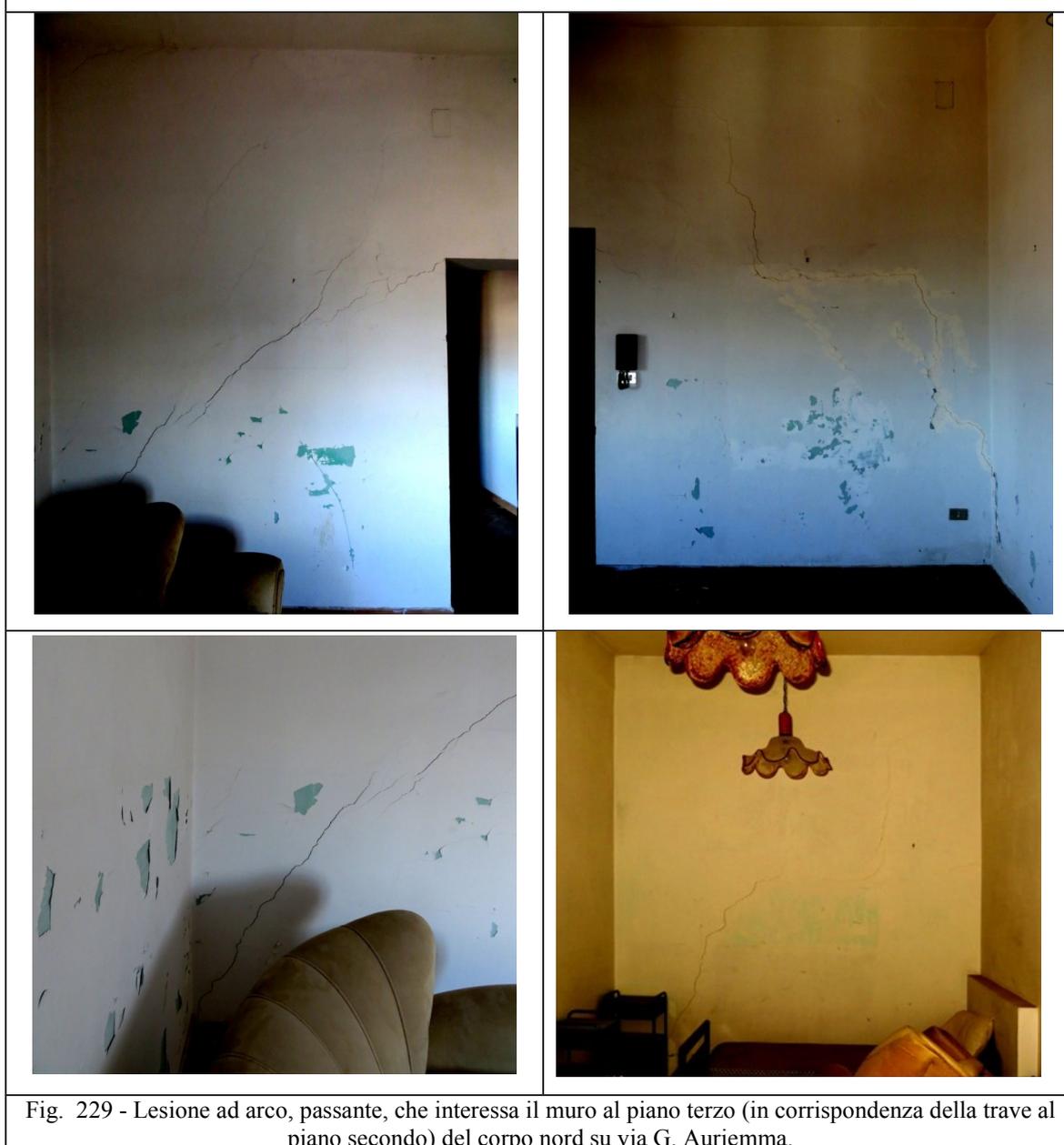


Fig. 229 - Lesione ad arco, passante, che interessa il muro al piano terzo (in corrispondenza della trave al piano secondo) del corpo nord su via G. Auriemma.

Sintesi interpretativa del rilievo e definizione del fattore di confidenza

Al termine del percorso della conoscenza è opportuno svolgere alcune considerazioni che possano contribuire alle acquisizioni disciplinari del restauro architettonico di trovare un primo riscontro applicativo.

La conoscenza del patrimonio architettonico è una necessità innanzitutto di tipo culturale; nel senso che per cultura s'intende *«la consapevolezza che una umanità possiede del proprio vivere storico e con la quale essa tende ad assicurare la continuità e lo sviluppo di se medesima»*⁶⁸². Posto in questi termini, il problema della conoscenza, della sua preliminare acquisizione e del suo approfondimento, diviene un problema fondamentale, poiché, un errore qualsiasi nella fase di intervento, conseguenza di un'errata valutazione preliminare, può comportare una perdita difficilmente quantificabile⁶⁸³: la conoscenza del patrimonio architettonico, finalizzata alla conservazione dell'architettura, presuppone l'intervento, ma anche il più auspicabile non intervento.

È consolidata l'idea che il restauro si configura come una disciplina ed un'attività operativa autonoma, con una forte base metodologica, nelle quali la storia e le tecniche, la cultura umanistica e quella scientifica entrano contemporaneamente in gioco: *«quanto di scientifico e di storico-umanistico in esso si trova, è patrimonio comune di una scienza e di un tecnica, le quali ambedue ritrovano nelle discipline umanistiche non solo la conferma alle proprie analisi e deduzioni, ma la forza morale per autolimitarsi nell'intervento e nel metodo analitico per oggetti singoli, proprio del pensiero scientifico, lo strumento conoscitivo di base. In altre parole si è convinti che il fare nel restauro è contemporaneamente giudizio storico – critico e sapere scientifico [...]»*.⁶⁸⁴ Da queste parole, emerge la necessità di quella che Boscarino definisce una 'personalità leonardesca', che altro non potrebbe essere se non *«la somma di due insufficienze o dotte ignoranze»*⁶⁸⁵, che però configurerebbe *«la posizione culturale e professionale, utile ed insostituibile, “del medico di base”*». La conoscenza del patrimonio di architettura storica è, quindi, costantemente finalizzata agli aspetti relativi alla realtà fisica, di materiali, strutture e forme, agli elementi costruttivi e ai nessi statici che costituiscono il suo scheletro portante, nonché a quelli logici e figurativi.

A tal proposito, uno degli elementi di 'novità' delle linee guida è l'introduzione dei livelli di conoscenza a cui si associa il cosiddetto "Fattore di Confidenza": *«[...] Il grado di*

⁶⁸² Unesco, Politiques culturelles, Paris 1979.

⁶⁸³ S. BOSCARINO, *Sul Restauro Architettonico. Saggi e note*, Ex Fabrica Franco Angeli, 2007, pp.35-36

⁶⁸⁴ S. BOSCARINO, *Sul Restauro Architettonico. Saggi e note*, Ex Fabrica Franco Angeli, 2007, pp.37-38

⁶⁸⁵ S. BOSCARINO, *Sul Restauro Architettonico. Saggi e note*, Ex Fabrica Franco Angeli, 2007, p.38.

attendibilità del modello sarà strettamente legato al livello di approfondimento ed ai dati disponibili. [...] Vengono introdotti diversi livelli di conoscenza, [...] al quale saranno legati fattori di confidenza da utilizzare nell'analisi finalizzata sia alla valutazione dello stato attuale sia a seguito degli eventuali interventi»⁶⁸⁶. Il fattore di confidenza «consent[e] di graduare l'attendibilità del modello di analisi strutturale e tenerne conto nella valutazione dell'indice di sicurezza sismica (o della vita nominale)»⁶⁸⁷.

Insomma, si procede a 'quantizzare' la conoscenza ottenuta dalle diverse fasi conoscitive. Il fattore di confidenza si applica in modo diverso in funzione dei modelli per la valutazione della sicurezza sismica, che possono essere classificati in due principali categorie:

- modelli che considerano la deformabilità e la resistenza dei materiali e degli elementi strutturali;
- modelli che considerano l'equilibrio limite dei diversi elementi della costruzione, pensando il materiale muratura come rigido e non resistente a trazione (creazione di un cinematismo di blocchi rigidi, attraverso l'introduzione di opportune sconnessioni).

Nel primo caso il fattore di confidenza si applica in genere alle proprietà dei materiali, in particolare riducendo le resistenze⁶⁸⁸. Nel secondo caso, ossia di modelli di corpo rigido, nei quali la resistenza del materiale non viene tenuta in conto, il fattore di confidenza si applica direttamente alla capacità della struttura, ovvero riducendo l'accelerazione corrispondente ai diversi stati limite.

Oltre alla definizione del livello di conoscenza il fattore di confidenza non svolge nessun altro ruolo all'interno della procedura operativa per la definizione del livello di sicurezza sismica. Dunque, secondo quanto definito dalle Linee Guida, il fattore di confidenza, nel caso di beni storico-architettonici è dato dalla sommatoria⁶⁸⁹ di ciascuno step della fase di conoscenza. Con riferimento all'aggregato oggetto di studio il fattore di confidenza assume

⁶⁸⁶ Cap. 4.1.1 del DPCM 09 febbraio 2011 *Linee Guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale – allineamento alle nuove Norme tecniche per le costruzioni*.

⁶⁸⁷ Cap 4.2 - *Livelli di conoscenza e fattori di confidenza*, DPCM 09 febbraio 2011 *Linee Guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale – allineamento alle nuove Norme tecniche per le costruzioni*.

⁶⁸⁸ I valori di partenza delle caratteristiche meccaniche, a cui eventualmente applicare il fattore di confidenza, saranno definiti in funzione del livello di conoscenza relativo alle proprietà meccaniche dei materiali; è possibile impiegare gli intervalli riportati nelle Tabelle C8A.2.1 e C8A.2.2 della Appendice al capitolo C8 della Circolare.

⁶⁸⁹ Cap. 4.2 – *Livelli di conoscenza e fattori di confidenza*, DPCM 09 febbraio 2011 *Linee guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale tutelato, con riferimento alle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008*, pubblicata sulla G.U. n 47 del 26 febbraio 2011, suppl. ord. n.54: $F_c = 1 + \sum_{k=1}^4 F_{ck}$

valore pari a 1,24⁶⁹⁰ per le seguenti motivazioni: FC1, che si riferisce al rilievo geometrico, è pari a 0, in quanto questo è completo, con restituzione grafica dei quadri fessurativi e deformativi; FC2, per quanto riguarda l'identificazione delle specificità storiche e costruttive della fabbrica, è pari a 0,06, ovvero si è condotta una «*restituzione parziale delle fasi costruttive e interpretazione del comportamento strutturale fondate su a) limitato rilievo materico e degli elementi costruttivi associato alla comprensione e alla verifica delle vicende di trasformazione (indagini documentarie e tematiche, verifiche diagnostiche delle ipotesi storiografiche)*»; FC3, con riferimento alle proprietà meccaniche dei materiali è pari a 0,12 poiché sono desunte da dati già disponibili; e infine, per quanto riguarda terreni e fondazioni, in assenza di informazioni sulle fondazioni FC4 risulta valere 0,06. È opportuno in questo momento far emergere alcuni aspetti che difficilmente sarebbe possibile quantificare, seppur derivanti dalla fase di conoscenza.

Innanzitutto, dalla indagine storica, congiunta a rilievo geometrico svolto, emergono alcune considerazioni che permettono di comprendere l'attuale configurazione volumetrica del complesso conventuale dei Padri Trinitari, nonché di ipotizzare le caratteristiche principali della configurazione architettonica e, dunque, strutturale originaria. Nella pianta della città di Somma di Luigi Marchese⁶⁹¹ datata 1800-1801 è perfettamente leggibile il quartiere del Casamale con il suo impianto urbano e, in particolare, l'isolato in cui sorge il nostro aggregato. Si nota che l'edificio già presentava l'attuale struttura a corte interna, sebbene diversamente organizzata. Provo a spiegarmi meglio. In corrispondenza della torre inglobata nel complesso, ancor oggi visibile lungo il tracciato di via G. Auriemma, pare essere presente ortogonalmente un braccio di collegamento tra il fronte nord e i locali della chiesa a Sud, in corrispondenza delle attuali cantine. Oggi questa parte del complesso non esiste e, in posizione arretrata rispetto alla configurazione della pianta del Marchese, sorge un muro di contenimento ed una struttura porticata con pilastrini in conglomerato cementizio armato che, tramite una scala, permette di passare dalla quota del cortile d'ingresso (+185,30) alla

⁶⁹⁰ Si precisa che nel caso in cui l'analisi sismica sia basata sulla valutazione distinta di diversi meccanismi locali potranno essere utilizzati livelli di conoscenza e fattori parziali di confidenza relativi a ciascuna parte modellata, ovvero se in alcuni punti, per i quali mi accingo alla verifica dei cinematici locali conduco approfondimenti conoscitivi e comunque parziali, perché riferiti a quella porzione, posso considerare un diverso valore del fattore di confidenza in virtù delle diverse tipologie di analisi svolte; vedi punto 4.2 del DPCM 09 febbraio 2011 *Linee Guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale – allineamento alle nuove Norme tecniche per le costruzioni*.

⁶⁹¹ L. MARCHESE, *Pianta della città di Somma, 1800-1801*, particolare. Capua, Museo Campano. Tratto da C. DE SETA, A. BUCCARO (a cura di), *I centri storici della provincia di Napoli. Struttura, forma, identità urbana*, Edizioni Scientifiche Italiane,

quota sopraelevata del giardino (+188,60). È questo un primo dato significativo che aiuta a comprendere quella che doveva essere presumibilmente la ‘struttura’ originaria, qui intesa sia, in senso tradizionale, come insieme di parti che hanno il compito di resistere ai propri carichi ed alle azioni provenienti dall’ambiente esterno, che in senso lato, in termini di figuratività del complesso.

Il complesso, per quanto riguarda la percezione esterna dal contesto di riferimento, doveva risultare meno alto di come appare oggi, ovvero in netto contrasto con le dimensioni del contesto. Innanzitutto era caratterizzato da soli due piani fuori terra, l’ingresso principale collocato su via F. D’Aragona si collegava alla corte interna tramite lo spazio di filtro costituito dall’androne voltato, attualmente presente, sebbene rivestimenti, infissi e cornici devono alterano la percezione spaziale. Ancora, come testimoniano alcune planimetrie catastali degli anni ’40, al primo livello, in corrispondenza dell’androne voltato c’era una terrazza.

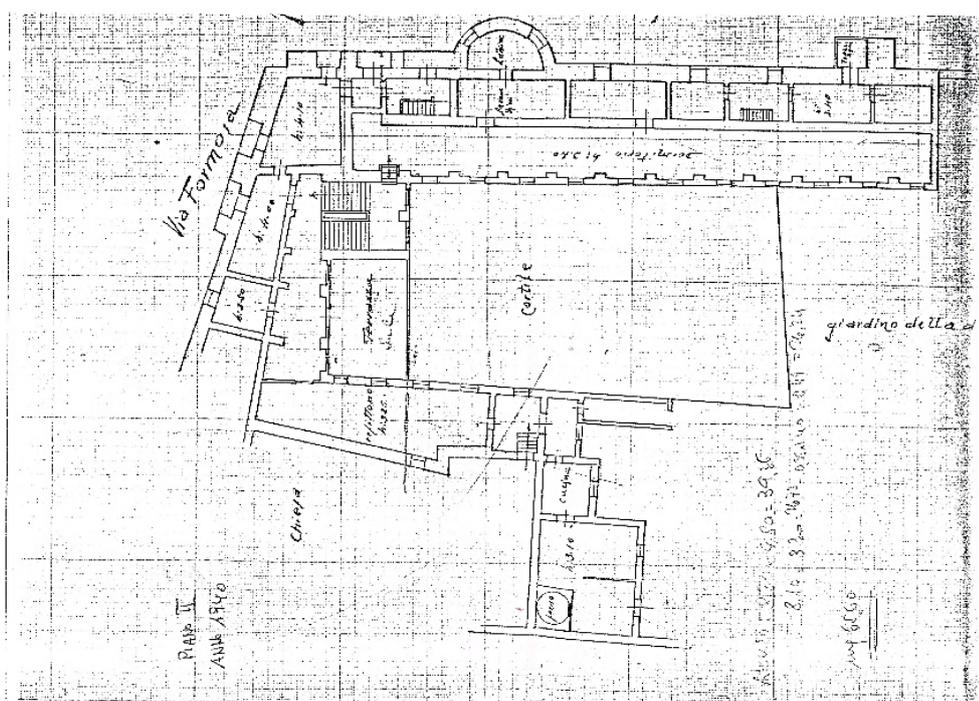


Fig. 230 – Planimetria catastale del 1940 del piano primo.

Da questa, molto probabilmente, in origine, si doveva accedere ad un deambulatorio su archi e volte che correva da sud a ovest a nord e che permetteva di raggiungere il giardino ad est, posto a quota superiore. Solo successivamente le arcate della corte interna al piano primo sono state chiuse con tamponature per ricavare gli ulteriori ambienti, poi adibiti a refettorio e cucina per quel che riguarda il lato nord e a spazi di accesso agli ulteriori corpi aggiunti sul lato sud. Questo aspetto è confermato anche dalle rimozioni di intonaco effettuate sulle

tamponature e sui pilastri di sostegno degli archi (sporgenti dalle tamponature) del fronte nord al piano primo. I pilastri di sostegno degli archi sono tutti in mattoni rossi, molto probabilmente oggetto di un intervento di consolidamento, mentre le pareti tra un arco e l'altro sono in scagioni di pietra lavica vesuviana. Non è stato possibile rimuovere l'intonaco anche all'esterno per capire se il pilastro fosse o meno ammorsato nella muratura perimetrale. È questo un dato conoscitivo che sarebbe possibile ottenere con analisi più approfondite, condotte con adeguate strumentazioni. Sempre dalle piante catastali è poi possibile comprendere l'evoluzione costruttiva del complesso nel corso degli ultimi 50 anni, in particolare per quanto riguarda gli ambienti sull'ala sud, realizzati in diversi momenti.

Il complesso è stato fortemente manomesso ed i continui interventi hanno snaturato l'organizzazione e la percezione spaziale degli ambienti. L'immagine esterna conferisce un senso di impenetrabilità al complesso che, molto probabilmente, tale doveva apparire sin dalla fondazione destinata ad ospitare le monache di clausura ma l'interno doveva apparire molto più leggero e permeabile di come è oggi visibile, perché nonostante le imponenti strutture, la presenza dell'ampio e lungo percorso voltato, coperto ma aperto, che conduceva sul giardino a quota sopraelevata della corte interna garantiva una qualità spaziale e visiva molto suggestiva.



Fig. 231 – La vista del Monte Somma dal giardino del complesso conventuale dei Padri Trinitari.

Del resto, non va dimenticato che il convento nacque per ospitare le figlie di famiglie nobili, erano infatti escluse quelle di appartenenza dei casali, destinate sì ad una vita di clausura e a

non ereditare il patrimonio di famiglia, ma a condurre comunque una vita agiata, in un luogo adatto al loro status sociale di appartenenza. Il complesso marca inevitabilmente l'ingresso al quartiere. La costruzione, nel senso di espressione di abilità e modalità costruttive è una testimonianza storica importante e insostituibile del luogo.



Fig. 232 – Particolare da nord-ovest, al di fuori delle mura.

È innegabile il carattere unico e particolare di questo complesso e il forte legame con il contesto. Il primo valore da preservare è quindi l'estrinsecazione architettonica, nella pienezza della sua portata⁶⁹². A questo si aggiunge il valore delle tecniche costruttive fondate sull'uso dei materiali tradizionali locali, la scura pietra lavica, tutti aspetti 'materiali' che vanno conservati con le altre presenze di questo genere del contesto per capire come intervenire, se intervenire.

L'attuale normativa ha, dunque, il merito di inquadrare la norma del "caso per caso", tipica del progetto di restauro architettonico, all'interno di una "metodologia" codificata ora a livello normativo e non più solo disciplinare; ma, allo stesso tempo, si evidenzia uno squilibrio, che potremmo definire, a 'vantaggio di sicurezza'.

La norma conduce al giudizio finale sulla sicurezza, attraverso operazioni tecnico-scientifiche di più o meno comprovata validità, ma lo stesso non si può affermare nei confronti del giudizio finale sulla conservazione.

692 P. FANCELLI, *Struttura e aspetto fra teoria e pratica*, in Atti del Convegno Restauro e consolidamento dei beni architettonici e ambientali. Problematiche attuali, Napoli, 31 marzo -1 aprile 2003, a cura di A. AVETA, S. CASIELLO, F. LA REGINA, R. PICONE, Mancosu Editore, Roma 2005, pp. 13-18.

Capitolo IV - Una esemplificazione: la verifica della sicurezza strutturale di un aggregato nel centro storico di Somma Vesuviana (Na)

Per cercare di centrare la duplice finalità del giudizio – ovvero conservazione e sicurezza – da sempre inconciliabili, l’obiettivo del ‘percorso della conoscenza’ non deve essere solo quello di acquisire le informazioni tecniche utili per la definizione dell’intervento strutturale ma, anche e soprattutto, di “rilevare i valori”, o meglio, “rivelare” i valori contenuti nel nostro patrimonio architettonico, diversi per ciascun manufatto, proprio perché diverse sono le “storie” che li caratterizzano; e questa diversità di valori influenzerà le diverse modalità di intervento o di non intervento.

“Contagiemus valores” è un recente slogan di una campagna pubblicitaria sul web che la Spagna promuove per la diffusione della cultura del lavoro; è una affermazione ad effetto che bene fa intendere il risultato a cui devono mirare le operazioni di restauro; in altri termini, più propriamente disciplinari, nella definizione dell’intervento ci deve accompagnare l’individuazione “rilievo dei valori”: un’operazione che gli allievi dei corsi di Restauro nelle loro attività di laboratorio già provano a svolgere come momento di sintesi critica della ricca fase di analisi e, di conseguenza, di supporto nella formulazione di un giudizio che guidi la delimitazione finale dell’intervento, di natura strutturale o meno.



4.3 La verifica della sicurezza strutturale allo stato attuale: approcci a confronto

L'unico atto che può contraddistinguere gli interventi di riparazione dai danni sismici da quelli causati dalle guerre o dagli atti di violenza dimostrativa con finalità religiose e ideologiche è la 'prevenzione', espressa attraverso la valutazione della sicurezza strutturale del nostro patrimonio.

Due considerazioni costituiscono la base teorica su cui fondare i ragionamenti successivi: innanzitutto, la consapevolezza che l'atto del restauro non può mai considerare scissa la struttura dalla forma, ovvero le tematiche strutturali si attengono agli stessi principi conservativi che guidano la risoluzione di qualunque altro aspetto inerente l'intervento di restauro; in secondo luogo, l'evoluzione storico-costruttiva non è più un preambolo colto al progetto di restauro, ma parte integrante del processo progettuale⁶⁹³ perché consente di interpretare il comportamento meccanico. Da qui un approccio radicalmente diverso: dal perseguimento del massimo irrigidimento delle strutture murarie fino al concetto di 'miglioramento', in continua evoluzione⁶⁹⁴.

La valutazione della sicurezza strutturale può essere di tipo qualitativo e/o quantitativo: «*Lo studio delle caratteristiche della fabbrica è teso alla definizione di un modello interpretativo che consenta [...] sia un'interpretazione qualitativa del funzionamento strutturale, sia l'analisi strutturale per una valutazione quantitativa. [...]»*⁶⁹⁵.

Gli elementi qualitativi che concorrono alla valutazione della sicurezza sono essenzialmente due: la conformità alle regole dell'arte e il collaudo della storia, in quanto l'esistenza stessa della costruzione ci fornisce testimonianza sulla sua sicurezza⁶⁹⁶. I criteri di valutazione qualitativa svolgono un ruolo fondamentale nell'analisi di vulnerabilità sismica dell'edificio antico in muratura in cui l'intuizione del comportamento statico costituisce il primo passo verso la valutazione delle potenzialità di prestazione della struttura: l'architetto restauratore 'percepisce' il comportamento strutturale, il suo modo di resistere⁶⁹⁷.

⁶⁹³ I dati storiografici o d'archivio dovranno sempre trovare un riscontro oggettivo nel dato reale, ovvero nell'osservazione e nello studio della realtà materica dell'architettura storica.

⁶⁹⁴ R. DELLA NEGRA, *Eventi eccezionali e principi conservativi: il terremoto emiliano*, in «Materiali e strutture. Problemi di Conservazione», nuova serie anno I, numero 1-2, 2012, p.31.

⁶⁹⁵ Cfr 4.1.1. del DPCM 09 febbraio 2011 *Linee guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale tutelato, con riferimento alle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008*, pubblicata sulla G.U. n 47 del 26 febbraio 2011, suppl. ord. n.54.

⁶⁹⁶ Cfr 5.1- *Il comportamento sismico delle costruzioni storiche in muratura* del DPCM 09 febbraio 2011 *Linee guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale tutelato, con riferimento alle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008*, pubblicata sulla G.U. n 47 del 26 febbraio 2011, suppl. ord. n.54.

⁶⁹⁷ R. IENTILE, *Per un consolidamento consapevole dei beni architettonici*, Celid, agosto 2011, p.60.

Ma una costruzione, pur se antica, potrebbe non essere stata colpita da un terremoto di intensità pari a quella adottata dalle norme per valutare la sicurezza; oppure, la capacità della struttura potrebbe essere stata modificata da un effetto di accumulo del danno, dovuto a passati terremoti, a causa di dissesti di altra natura o di trasformazioni che hanno interessato la costruzione nel corso del tempo⁶⁹⁸. È per queste ragioni che il ‘confronto’ con il dato quantitativo appare importante; data un’adeguata conoscenza del manufatto, «*non si può prescindere da una analisi strutturale finalizzata a tradurre in termini meccanici e quantitativi il comportamento accertato nella costruzione*»⁶⁹⁹.

Nel caso di edifici in muratura è possibile far riferimento a diversi tipi di analisi, in funzione del modello con il quale vengono descritte le strutture ed il loro comportamento sismico. La Direttiva per il patrimonio culturale⁷⁰⁰ riconosce la difficoltà dell’approccio numerico per definire la stabilità di edifici nei quali la storia e la fattura manuale di tipo artigianale hanno lasciato ‘segni’ che difficilmente possono essere tradotti in numeri; tant’è che, nel caso di beni tutelati, è sì richiesta una valutazione della sicurezza complessiva⁷⁰¹, ma questa può essere svolta in ‘forma semplificata’⁷⁰².

La norma⁷⁰³ riconosce ai calcoli, in particolare alle modellazioni numeriche ‘globali’, solo il valore di «*un importante elemento quantitativo*»⁷⁰⁴ da considerare nella complessiva valutazione ‘qualitativa’ della sicurezza del bene da tutelare che, insieme agli aspetti peculiari dell’architettura oggetto di studio, contribuisce alla definizione di eventuali scelte di intervento per la conservazione. È questo un aspetto che non va assolutamente trascurato!

⁶⁹⁸ Cfr 5.1- *Il comportamento sismico delle costruzioni storiche in muratura* del DPCM 09 febbraio 2011 *Linee guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale tutelato, con riferimento alle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008*, pubblicata sulla G.U. n 47 del 26 febbraio 2011, suppl. ord. n.54.

⁶⁹⁹ DPCM 09 febbraio 2011 *Linee guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale tutelato, con riferimento alle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008*, pubblicata sulla G.U. n 47 del 26 febbraio 2011, suppl. ord. n.54.

⁷⁰⁰ DPCM 09 febbraio 2011 *Linee guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale tutelato, con riferimento alle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008*, pubblicata sulla G.U. n 47 del 26 febbraio 2011, suppl. ord. n.54.

⁷⁰¹ anche nel caso di riparazioni o interventi locali

⁷⁰² Cfr. 2.2 - *Criteri per la valutazione della sicurezza sismica e dell’efficacia dell’intervento* del DPCM 09 febbraio 2011 *Linee guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale tutelato, con riferimento alle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008*, pubblicata sulla G.U. n 47 del 26 febbraio 2011, suppl. ord. n.54.

⁷⁰³ DPCM 09 febbraio 2011 *Linee guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale tutelato, con riferimento alle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008*, pubblicata sulla G.U. n 47 del 26 febbraio 2011, suppl. ord. n.54.

⁷⁰⁴ Cfr. 7 – *Quadro riassuntivo del percorso di valutazione della sicurezza sismica e progetto degli interventi di miglioramento sismico* del DPCM 09 febbraio 2011 *Linee guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale tutelato, con riferimento alle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008*, pubblicata sulla G.U. n 47 del 26 febbraio 2011, suppl. ord. n.54.

La Direttiva dichiara esplicitamente che i modelli globali sono spesso strumenti inadeguati alla descrizione del comportamento dell'architettura storica, colpita soprattutto da crisi locali dovute a debolezze intrinseche nei solidi murari e nelle tipologie edilizie, difetti locali di costruzione, fenomeni di degrado connessi all'azione del tempo e alle modifiche subite.

Infatti, l'articolazione geometrica del complesso architettonico e la limitata solidarietà dell'intera struttura, dovuta spesso alla mancanza di impalcati rigidi e di efficaci collegamenti orizzontali, consente di effettuare le principali valutazioni sismiche con riferimento solo a porzioni significative della fabbrica, indicate col termine di 'macroelementi'. Sui macroelementi individuati si applicano metodi di analisi che utilizzano i principali strumenti dell'analisi strutturale. La struttura può essere concepita come un sistema di blocchi rigidi (analisi cinematica lineare o non lineare) ovvero come un sistema deformabile, elastico o elasto-plastico (analisi statica o dinamica lineare o non lineare).

Di conseguenza, il recupero della lettura dei meccanismi di dissesto, deducibili direttamente dall'osservazione degli edifici, diventa il prerequisito per qualsiasi valutazione sulla sicurezza sismica del patrimonio storico. L'identificazione di un numero sempre più ampio di tipologie di dissesto contribuisce ad ampliare gli abachi dei danni, importanti per una metodologia d'indagine e analisi consapevole sugli edifici storici.

Quindi, l'approfondita conoscenza della costruzione è fondamentale proprio per la fase di modellazione strutturale, al fine di scegliere la 'scala' opportuna, ovvero quale parte della costruzione è opportuno modellare, lo schema strutturale, che se possibile deve essere riconosciuto o verificato dalle vicende passate, ed infine, il tipo di analisi, condizionato dallo schema strutturale ma anche dalle finalità dell'analisi stessa.

Nel caso, ad esempio, di un edificio intelaiato in cemento armato non si nutrirebbero incertezze nella scelta del modello strutturale di riferimento. Il telaio, inteso come insieme di aste, corrisponde bene anche geometricamente alla realtà strutturale. La monoliticità dei nodi, la netta prevalenza delle deformazioni flessionali rispetto a quelle estensionale e tagliante sono aspetti pacificamente recepiti. Si assumono con fiducia i vincoli dei ritti alla base del telaio, generalmente incastri, essendo il sistema fondale per motivi geotecnici più massivo e quindi rigido della struttura in elevazione. L'impalcato, generalmente assimilabile ad un diaframma rigido e resistente nel piano orizzontale, costituisce quel vincolo interno che lega i singoli telai piani in un sistema spaziale. Adoperiamo con fiducia un'analisi elastica lineare in presenza di un materiale strutturale che assicura un comportamento bilaterale. Ove si voglia affrontare un'analisi non lineare la plasticizzazione limitata ad

alcuni tratti, di estremità, delle aste consente di ricorrere a modelli con plasticità concentrata utilizzando le cosiddette cerniere plastiche. Si opera cioè in un quadro di ragionevole certezza e fiducia negli strumenti di analisi e, nel caso inevitabile di ricorso a strumenti di software commerciale, non è difficile il controllo dei risultati numerici. Nel caso delle costruzioni in muratura il contesto è molto diverso ed è caratterizzato da incertezza sia nei modelli che nelle procedure di analisi⁷⁰⁵.

Nel caso delle costruzioni in muratura, la scelta della scala di modellazione è condizionata da diversi fattori. È chiaro che, nel caso di un aggregato sarebbe necessario considerarlo integralmente; è proprio questo il concetto che l'espressione 'aggregato' vuole comunicare, ovvero non sottovalutare che il comportamento della 'parte' dipenderà dal 'complesso'. Spesso, però, l'impossibilità di indagare l'aggregato è dovuta non solo all'onere computazionale, ma anche alla difficoltà di conoscere le parti di contatto tra le unità strutturali individuate. L'individuazione dello schema strutturale è il frutto della fase di conoscenza svolta, in cui la geometria della struttura unita alle fasi di costruzione e trasformazione e all'attuale stato di conservazione concorrono alla definizione dello schema (strutturale) dello stato di fatto.

Poi, per quanto riguarda i metodi di analisi e, quindi, le valutazioni quantitative, la Direttiva per i BBCC, al capitolo 5, indica tutti i possibili metodi⁷⁰⁶ e questo è già un primo segnale indicativo del fatto che nessuno di questi appare pienamente soddisfacente ed esaustivo per la molteplicità di casi che il patrimonio architettonico presenta; la scelta dello strumento d'indagine più convincente è lasciata alla sensibilità e all'autonoma valutazione del professionista⁷⁰⁷.

In breve, esaminiamo i diversi tipi di analisi e i principi su cui si basano e, dunque, i limiti di applicabilità nei confronti delle strutture in muratura in generale.

L'analisi modale o modale semplificata considera la struttura come sistema deformabile, convenzionalmente elastico; si conduce un'analisi lineare di questa sottoposta ad un sistema di azioni sismiche convenzionali derivanti dalle 'forme modali' e, nel caso di analisi statica,

⁷⁰⁵ P. LENZA, *L'analisi strutturale delle costruzioni in muratura*, in <http://www.dica.unict.it/users/aghersi/DiscussioniOnLine/AnStruMur.htm>

⁷⁰⁶ Analisi statica lineare, analisi dinamica lineare, analisi statica non lineare, analisi dinamica non lineare, secondo quanto indicato al del DPCM 09 febbraio 2011 *Linee guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale tutelato, con riferimento alle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008*, pubblicata sulla G.U. n 47 del 26 febbraio 2011, suppl. ord. n.54.

⁷⁰⁷ L'utilizzo di un metodo piuttosto che un altro dipende dalle condizioni di regolarità della struttura e dall'importanza che essa riveste

dalla ‘forma linearizzata del primo modo’⁷⁰⁸, mediante l’utilizzo di uno spettro di progetto che sconta una riduzione delle ordinate spettrali rispetto a quello elastico, modulato da un ‘coefficiente di struttura’ convenzionale. L’applicazione di questo metodo nel caso di edifici storici può risultare problematico per la difficoltà di definire appropriati fattori di struttura⁷⁰⁹, con le relative conseguenze in termini di valutazione della sicurezza e di definizione degli interventi:⁷¹⁰ presupponendo il principio di sovrapposizione degli effetti e regole di combinazione modale calibrate su strutture a telaio si ha limitata attendibilità, specie nel caso di strutture in aggregato, caratterizzate da interconnessioni, da trasformazioni e da fasi costruttive differenti⁷¹¹.

Il problema del modello elastico è la presenza di tensioni di trazione, non compatibili con le caratteristiche meccaniche della muratura, o elevate tensioni di compressione negli spigoli degli elementi⁷¹², peraltro molto influenzate dalla discretizzazione adottata nel modello⁷¹³.

⁷⁰⁸Ovvero l’analisi statica prevede l’applicazione di un sistema di forze distribuite lungo l’altezza dell’edificio assumendo una distribuzione lineare degli spostamenti. La forza da applicare a ciascun piano è data dalla formula seguente: $F_i = F_h (z_i W_i) / \sum (z_j W_j)$, cioè la forza è proporzionale alle masse.

⁷⁰⁹ Nel corso del seminario del 4 giugno 2015 tenuto a Palazzo Gravina sul tema *Modellazione a blocchi: analisi dinamica* dal prof. Gianmarco de Felice sono emerse alcune riflessioni sul tema della definizione del fattore di struttura. Egli illustra diverse prove sperimentali condotte su modelli in scala con l’obiettivo di riprodurre i fenomeni più volte verificatisi in seguito ad un sisma su di una struttura in muratura (tipo ribaltamento semplice delle facciate, ecc.); queste prove hanno dimostrato che l’accelerazione che produce la lesione è 0,07 g, invece l’accelerazione che produce il collasso è 0,29 g, cioè 4 volte superiore; questo vuol dire che c’è una riserva dinamica pari a 4, ovvero quello che gli strutturisti definiscono ‘fattore di struttura’ e che è (generalmente) assunto pari a 2, potrebbe assumere valore pari a 4. In sostanza, quando facciamo un’analisi statica e diciamo qual è l’accelerazione che provoca il danno sottostimiamo di molto il limite! Di conseguenza, nella progettazione dell’intervento di miglioramento sismico siamo ben lontani dall’obiettivo del ‘minimo intervento’. Queste sperimentazioni dimostrano che esiste in questa circostanza uno ‘svantaggio di conservazione’ e un ‘favore di sicurezza’. Inoltre, sempre da prove sperimentali deriva che strutture più grandi sono più resistenti; occorrono impulsi di intensità e durata maggiori e non si influenza il moltiplicatore statico (cioè il valore minimo che determina il collasso). Si parla in questo caso di ‘effetto scala’. Invece, strutture più spesse sono più resistenti, in questo caso varia il moltiplicatore statico e si parla di ‘effetto snellezza’.

⁷¹⁰ Infatti, la normativa non tiene conto di questi aspetti nelle fasi di valutazione della sicurezza. Il progettista non è chiamato a valutare il più idoneo fattore di struttura e, di conseguenza, non si tiene conto di aspetti denominati ‘effetto scala’ o ‘effetto snellezza’, di cui alla nota precedente, che influenzano la valutazione della sicurezza e, dunque, la definizione dell’intervento.

⁷¹¹ L’analisi lineare può essere impiegata per valutare il modo di vibrare in ciascuna direzione, mentre maggior cautela deve essere utilizzata nel considerare il contributo dei modi superiori che hanno poco significato per strutture caratterizzate da un comportamento non lineare dei materiali già per valori modesti dell’azione orizzontale.

⁷¹² Le verifiche puntuali potrebbero, quindi, non essere soddisfatte anche in condizioni che nella realtà sono sicure, a seguito di una locale redistribuzione tensionale nelle aree interessate, quale effetto del comportamento fortemente non lineare dei materiali sottoposti a sollecitazioni elevate.

⁷¹³ Il ‘materiale’ muratura ha una trascurabile resistenza a trazione e questo renderebbe inapplicabile un’analisi elastica lineare. tuttavia, considerando l’effetto di ‘decompressione naturale’ dovuta ai carichi gravitazionali, la richiesta di trazione derivante dagli effetti flessionali si traduce in una decompressione di una parte della sezione e, quindi, nei limiti di questa decompressione l’analisi elastica lineare assume una sua problematica validità. Cfr. P. LENZA, A. GHERSI, *Edifici in muratura alla luce della nuova normativa*, Dario Flaccovio Editore, luglio 2011.

La consapevolezza fondamentale da possedere nel campo delle modellazioni strutturali è che l'analisi elastica, statica o dinamica che sia, applicata alle strutture in muratura non funziona; questo perché la logica delle equazioni costitutive, basate sul comportamento elastico lineare del materiale, non esiste per la muratura, sostanzialmente non reagente a trazione, ed infatti basti pensare che per 5000 anni l'unica logica che ha governato il processo costruttivo è stata quella dell'equilibrio. Assunto che l'analisi elastica non andrebbe impiegata, essa è comunque l'unica possibilità di ottenere una soluzione al problema strutturale impostato, per lo più unica: ecco che l'analisi elastica è ancora uno strumento 'utile', seppur falso nella sostanza⁷¹⁴. Si deve avere consapevolezza del fatto che qualunque modello strutturale si propone, esso costituisce sempre un 'falso' e, dunque, in linea di principio, più semplice è il modello maggiore è la sua attendibilità perché meglio controllabile.

In ogni caso, il primo passo da fare, qualunque sia il tipo di modellazione scelta e il tipo di software con cui eseguire l'analisi, è la verifica della struttura per soli carichi verticali; ovvero, stabilire il tasso medio di lavoro per carichi verticali da confrontare poi con la regola dell'arte; è in questo senso che l'analisi elastica può essere un utile strumento. In sintesi, l'analisi elastica può risultare un primo strumento utile per la valutazione della sicurezza se impiegata con la consapevolezza che la muratura non lavora a trazione.

C'è poi il campo delle analisi non lineari⁷¹⁵, che diviene per le strutture in muratura uno strumento di grande importanza, nonostante le difficoltà presenti pure in questa⁷¹⁶.

Per quanto riguarda l'analisi statica non lineare, con riferimento sempre ad un sistema deformabile, si costruisce una 'curva di capacità' facendo crescere monotonamente un

⁷¹⁴ In organismi stratificatisi in maniera complessa, con differenti tecnologie murarie, le rigidità di ciascun elemento saranno tutte diverse tra loro; con un'analisi elastica si ridistribuiscono le rigidità, fatto assolutamente non vero per ciò che riguarda le strutture in muratura, ma la soluzione trovata è univocamente determinata e ciò rassicura il progettista.

⁷¹⁵ Cfr 5.2.4 *Analisi statica non lineare*, DPCM 09 febbraio 2011 *Linee guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale tutelato, con riferimento alle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008*, pubblicata sulla G.U. n 47 del 26 febbraio 2011, suppl. ord. n.54.

⁷¹⁶ Le problematiche legate all'analisi non lineare delle strutture in muratura è correlata ai fenomeni di rottura fragile a trazione delle sezioni pressoinflesse; rottura fragile per taglio-trazione di elementi setti; plasticizzazione per compressione delle sezioni pressoinflesse per le quali la modellazione a plasticità concentrata appare problematica per la geometria di elementi difficilmente assimilabili ad aste snelle; eppure è difficile rinunciare a tale approccio per mancanza di alternative semplici nelle applicazioni professionali; Cfr. P. LENZA, A. GHERSI, *Edifici in muratura alla luce della nuova normativa*, Dario Flaccovio Editore, luglio 2011.

sistema di azioni orizzontali distribuite in altezza secondo una forma modale significativa⁷¹⁷. In altre parole, si tratta di testare la capacità della struttura, soggetta a carichi verticali fissi, di equilibrare crescenti azioni orizzontali proporzionali alle masse e ad una significativa deformata laterale, tenendo conto delle capacità rotazionali dei blocchi modellati come aste dotate di possibili cerniere plastiche agli estremi. Assunta una accelerazione del suolo S^*ag crescente si procede con un'analisi modale giungendo ad una curva di capacità, in termini di accelerazione del suolo, verso lo spostamento di un punto di controllo. Noto il periodo del sistema e lo spostamento ultimo si può determinare la massima accelerazione del suolo, intesa come vulnerabilità sismica della struttura, ovvero massima accelerazione del suolo tollerabile della struttura⁷¹⁸.

L'analisi statica non lineare consente un più facile controllo dei risultati del calcolo rispetto ad un'analisi dinamica non lineare⁷¹⁹ che costituisce l'approccio teorico⁷²⁰ più avanzato perché, risolvendo numericamente le equazioni dinamiche del moto del sistema in successivi istanti (integrazione delle equazioni del moto nel dominio del tempo), ha l'ambizione di fornire la soluzione rigorosa del problema. L'incertezza di alcuni fattori fondamentali di fatto vanifica l'ambizioso obiettivo⁷²¹.

La Direttiva, dopo una panoramica generale sulle diverse modalità di analisi possibili, premesso che il concetto di tipologia «male si adatta a manufatti storici, che dovrebbero essere considerati elementi unici della storia del costruire»⁷²², ragiona sulle diverse

⁷¹⁷ P. LENZA, A. GHERSI, *Edifici in muratura alla luce della nuova normativa*, Dario Flaccovio Editore, luglio 2011, p.191.

⁷¹⁸ P. LENZA, A. GHERSI, *Edifici in muratura alla luce della nuova normativa*, Dario Flaccovio Editore, luglio 2011, pp.194-195.

⁷¹⁹ È infatti possibile individuare con maggiore chiarezza il primo meccanismo di collasso e valutare l'eventuale vantaggio conseguente ad interventi che evitino tale primo meccanismo ed indirizzino la crisi verso altri. Può infatti accadere che il vantaggio conseguente ad una maggiore accelerazione di soglia (aumento della resistenza globale) sia vanificato dall'attivazione di un meccanismo meno duttile (ovvero più fragile); P. LENZA, A. GHERSI, *Edifici in muratura alla luce della nuova normativa*, Dario Flaccovio Editore, luglio 2011, pp.194-195.

⁷²⁰ Il metodo, che si qualifica come uno strumento di indagine scientifica più che tecnica, trova nella normativa poche istruzioni applicative che si riducono essenzialmente nella prescrizione di un numero minimo di accelerogrammi da considerare. Si impiega solo in casi molto particolari, nei quali la complessità della struttura e l'importante contributo di diversi modi di vibrare non consentono di ricondurre, con sufficiente attendibilità, la risposta sismica a quella di un sistema non lineare equivalente ad un solo grado di libertà.

⁷²¹ Tra tali fattori si ricordano innanzitutto la scelta dell'input sismico, che necessariamente deve limitarsi ad un numero finito di accelerogrammi, la notevole influenza sui risultati degli smorzamenti di difficile valutazione, l'incerta modellazione del comportamento ciclico delle cerniere plastiche. Infine è da ricordare il grave onere computazionale e la grande mole di risultati numerici, difficile da gestire ed interpretare.

⁷²² 5.4.1 del DPCM 09 febbraio 2011 *Linee guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale tutelato, con riferimento alle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008*, pubblicata sulla G.U. n 47 del 26 febbraio 2011, suppl. ord. n.54.

modalità di analisi con riferimento a precise tipologie architettoniche. Inoltre, per ciascuna tipologia, fornisce indicazioni sui modelli meccanici semplificati per le verifiche da eseguire, in particolare alla scala territoriale ai fini di una valutazione preventiva del rischio. Le tipologie individuate sono: palazzi, ville ed altre strutture con pareti di spina ed orizzontamenti intermedi; chiese, luoghi di culto ed altre strutture con grandi aule, senza orizzontamenti intermedi; torri, campanili ed altre strutture a prevalente sviluppo verticale; ponti in muratura, archi trionfali ed altre strutture ad arco. È chiaro che occorre resistere alla tentazione di ‘classificare’ le possibili forme e schemi statici, con l’obiettivo illusorio di fornire soluzioni ed indicazioni valide per ciascuna classe. Questo però non significa che lo specialista del restauro non possa giovare delle esperienze maturate nell’analisi di altri edifici che presentino analogie o differenze rispetto a quello oggetto di studio⁷²³.

La suddivisione per tipologie costituisce l’approccio più semplice e realistico per una classificazione dei meccanismi che parte dall’empirismo, recupera esperienze e documentazioni pregresse per garantire la migliore aderenza alla realtà⁷²⁴. Il fine è cercare di prevedere, prima di calcolarlo, il modello interpretativo più affidabile e realistico e quindi quello che, fra tutti i possibili, sia in grado di fornire maggiori garanzie di aderenza alla realtà nella risposta sismica dell’oggetto di riferimento.

Nel caso in cui l’analisi sismica sia basata sulla valutazione distinta di diversi meccanismi locali, sia per una verifica complessiva del manufatto, sia per una verifica nelle sole zone oggetto di intervento, l’approccio più rassicurante è quello fornito dagli strumenti dell’analisi limite, in particolare nella forma del teorema cinematico, secondo gli sviluppi dell’approccio di Antonino Giuffrè.

⁷²³ Così, l’analisi statica lineare o modale semplificata può essere adatta nel caso di palazzi e ville, ovvero di edifici caratterizzati da pareti di spina ed orizzontamenti intermedi, dove è possibile fare ricorso ad un modello a telaio equivalente, che consente verifiche di tipo non puntuale ma a livello dell’elemento strutturale e riferite a condizioni locali fessurate; in questo modo non si verificano le incongruenze meccaniche prima descritte, tipo spigoli particolarmente sollecitati a compressione ecc; ancora, sempre con riferimento all’approccio tipologico, l’analisi dinamica modale può essere utilizzata con maggiore confidenza in presenza di strutture flessibili e strutturalmente ben modellabili, come le torri, i campanili o, in generale, le strutture a prevalente sviluppo verticale; in questi casi possono risultare importanti i contributi dei modi superiori. Restano tuttavia inalterate le difficoltà di determinare opportuni fattori di struttura e fare riferimento a verifiche puntuali dello stato di sollecitazione. Cfr 5.2 *Metodi di analisi sismica* e, in particolare, 5.2.2 *analisi statica lineare* del DPCM 09 febbraio 2011 *Linee guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale tutelato, con riferimento alle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008*, pubblicata sulla G.U. n 47 del 26 febbraio 2011, suppl. ord. n.54.

⁷²⁴ Il riferimento costante in questo percorso è il lavoro iniziato negli anni ‘80 con l’osservazione del danno e l’individuazione dei meccanismi più ricorrenti in relazione alle diverse tipologie; basti pensare agli studi di Giuffrè, continuamente aggiornati e confermati dagli studi successivi derivanti dalle osservazioni degli eventi sismici più recenti.

L'analisi cinematica consiste nel calcolo del moltiplicatore orizzontale dei carichi che attiva il meccanismo di collasso, e nella valutazione della corrispondente azione sismica; essa fonda sulla modellazione del macroelemento come un sistema di blocchi rigidi che evidenzia quindi un comportamento rigido – labile.

L'analisi cinematica lineare considera, nella condizione non sismica, il macroelemento soggetto ai carichi gravitazionali verticali ed alle eventuali azioni orizzontali (ad esempio spinte delle degli archi o del vento). Il coefficiente di sicurezza rispetto al ribaltamento, o allo scorrimento per superamento della resistenza di attrito di uno dei blocchi, esprime la valutazione della sicurezza. Nella condizione sismica si immagina di assegnare azioni orizzontali, ciascuna come percentuale delle azioni verticali, monotonamente crescenti fino alla crisi per ribaltamento ovvero per scorrimento di uno dei blocchi. Il moltiplicatore limite di tali azioni orizzontali può essere interpretato come una accelerazione spettrale (in termini di accelerazione di gravità g), cioè l'accelerazione assoluta 'sentita' dal sistema per un input sismico del suolo il cui valore di picco vale S^*ag . Essendo il sistema costituito da blocchi rigidi l'accelerazione è identica per tutti i blocchi poiché il moto assoluto del sistema coincide con quello del suolo⁷²⁵.

L'approccio per cinematismi per la verifica dei meccanismi di primo modo appare ad oggi lo strumento più rassicurante, l'unico che permette di ottenere il dato quantitativo senza perdere il 'contatto' fisico con il monumento.

A tal proposito, la norma dovrebbe con chiarezza affermare che, nel momento in cui si esegue un'analisi cinematica, l'obiettivo da perseguire è evitare l'attivazione del meccanismo di collasso piuttosto che calcolare il valore esatto che attiva il meccanismo stesso, poiché sono questi gli aspetti ancora incerti nel campo della ricerca.

Alle difficoltà di individuazione del metodo di analisi più efficace, si accompagna il dibattito sull'uso dei software e delle logiche che li governano: un dibattito acceso, nel quale pure ricercatori e docenti universitari, specialisti delle tematiche strutturali, hanno difficoltà nel comprendere le logiche che governano questi strumenti che, ad oggi, sembra impossibile

⁷²⁵ L'analisi cinematica non lineare, invece, tiene conto dell'effetto instabilizzante dei carichi verticali dopo l'attivazione del meccanismo. È quindi possibile tracciare una curva di capacità in termini di spostamento che in corrispondenza dell'attivazione del meccanismo presenta una biforcazione, generalmente linearizzata, con ramo decrescente della capacità fino al valore nullo. La verifica rispetto allo stato limite di salvaguardia vita si differenzia per il non utilizzo del coefficiente di struttura, ma per il confronto tra domanda e capacità in termini di spostamenti. Per approfondimenti Vedi P. LENZA, A. GHERSI, *Edifici in muratura alla luce della nuova normativa*, Dario Flaccovio Editore, luglio 2011, pp. 182-189.

non impiegare⁷²⁶. È chiaro che l'ambizione, in particolare con riferimento alla modellazione del patrimonio architettonico delle nostre città, per il particolare 'valore' che riveste, è quella di una modellazione consapevole e colta.

Sebbene alcune acquisizioni sul comportamento meccanico delle strutture in muratura in caso di sisma sembrano essere ormai consolidate⁷²⁷, nel corso degli ultimi anni⁷²⁸, il problema dell'attendibilità dei software in commercio⁷²⁹ per la valutazione della capacità sismica di strutture tanto complesse è particolarmente sentito a partire proprio dall'ambito degli strutturisti che, pertanto, indirizzano maggiori studi e ricerche in tal senso, al fine di sensibilizzare verso una maggiore consapevolezza o, quantomeno, per mettere in guardia da limiti e potenzialità del mercato, fondando sui più saldi principi disciplinari della scienza e tecnica delle costruzioni.

La modellazione degli edifici in muratura viene affidata asetticamente a software di calcolo commerciali, che elaborano modelli strutturali di default, spesso non corrispondenti alle situazioni reali, soprattutto da un punto di vista del comportamento globale. Le ricerche degli ultimi anni, partendo da diversi casi studio⁷³⁰, evidenziano l'influenza delle diverse scelte di

⁷²⁶ La considerazione è emersa nel corso del ciclo di incontri studio sulle murature organizzati dal prof. A. De Luca a Palazzo Gravina nel corso del 2015. I temi affrontati sono stati:

- *Discussione libera sul tema della modellazione delle costruzioni in muratura mediante l'analisi limite e l'analisi non lineare*, nel quale sono intervenuti: proff. ing. Alberto Anselmi, Giuseppe Brandonisio, Bruno Calderoni, Mario Como, Antonello De Luca, Antonio Fortunato;
- *Modellazione a blocchi: analisi statica e introduzione alla dinamica*, nel quale sono intervenuti il prof. Maurizio Angelillo e l'ing. Francesco Paolo Portioli;
- *Modellazione a blocchi: analisi dinamica*, è intervenuto il prof. Gianmarco de Felice;
- *Modellazione di strutture complesse in muratura e software commerciali*, prof. Antonello De Luca;
- *Archi e volte in muratura: equilibrio e stabilità meccanica delle volte in muratura. Teoria generale e due casi studio: grandi deformazioni e attrito finito*, prof. Santiago Huerta

⁷²⁷ Basti pensare al discorso dell'individuazione dei macromodelli, delle modalità di collasso in relazione agli elementi strutturali, ecc.

⁷²⁸ Si ci riferisce proprio all'ultimo decennio, a seguito del terremoto dell'Abruzzo del 2009, a partire dal quale si registra un grosso incremento degli studi in questa direzione come emerge dagli atti degli ultimi convegni ANIDIS, *L'ingegneria sismica in Italia*.

⁷²⁹ B. CALDERONI, E.A. CORDASCO, A. SANDOLI, V. ONOTRI, G. TORTORIELLO, *Problematiche di modellazione strutturale di edifici in muratura esistenti soggetti ad azioni sismiche in relazione all'utilizzo di software commerciali*, in atti del XVI Convegno ANIDIS *L'Ingegneria Sismica in Italia*, 13-17 settembre 2015, L'Aquila.

G. BRANDONISIO, G. LUCIBELLO, A. MAZZIOTTI, E. MELE, A. DE LUCA, *Modellazione non lineare e software commerciali*, in atti del XVI Convegno ANIDIS *L'Ingegneria Sismica in Italia*, 13-17 settembre 2015, L'Aquila.

C. GALLI, L. BECIANI, S. BERGAMI, F. LUGLI, *Restauro e miglioramento sismico: ricerca di modelli di comportamento aderenti alla realtà storico-costruttiva*, in atti del XVI Convegno ANIDIS *L'Ingegneria Sismica in Italia*, 13-17 settembre 2015, L'Aquila.

⁷³⁰ Numerosi casi studio che approfondiscono il tema dell'affidabilità dei software in commercio sono contenuti negli atti di convegno ANIDIS, in particolare del 2015, alcuni di questi sono: l'ex-monastero di San Felice a Pavia (I.E. Senaldi, N. Gosatti, A. Galasco, A. Penna), Palazzo Comunale di Mirandola, L'Aquila (C. Galli, L.

modellazione sulla capacità sismica e sulla modalità di collasso attesa per gli edifici in muratura, conducendo a volte anche a notevoli errori di sopra o sottovalutazione dell'effettiva capacità. Le analisi numeriche, svolte su pareti piane utilizzando schematizzazioni a telaio equivalente o ad elementi bidimensionali, sono state confrontate con le soluzioni dei software commerciali, evidenziando problematicità e criticità⁷³¹.

Altre ricerche invece si concentrano sulla non affidabilità delle modellazioni tridimensionali e, secondo quanto suggerito dalla normativa, procedono con la scomposizione della struttura in macroelementi⁷³².

Si tratta di problematiche di grandissimo interesse per l'architetto restauratore che, investito dal risultato di queste analisi, dovrà formulare il giudizio finale in termini di conservazione e sicurezza. È per queste ragioni che l'architetto restauratore deve essere in grado di governare il processo, conoscerne le parti e i principi disciplinari su cui fonda, i limiti attuali, gli indirizzi delle ricerche e degli studi, gli strumenti, i risultati ottenuti nelle ricerche applicative, il riscontro nella pratica professionale, ecc.

A ciò si aggiunge la difficoltà di condurre l'operazione in fase preventiva al verificarsi dell'evento sismico per conferire il giusto grado di sicurezza alla costruzione in ragione della necessaria conservazione: se nel caso di una valutazione post sisma, per comprendere quale dei modelli elaborati sia il più rispondente alla realtà, si può operare un confronto immediato fra i dati in uscita ottenuti con le elaborazioni informatiche e lo stato di fatto rilevato in seguito al sisma, in fase di prevenzione questa verifica reale del modello non è ovviamente possibile⁷³³.

Il quadro generale è complesso e in un certo senso scoraggiante; appare evidente come nessuna modellazione o analisi appaia pienamente affidabile e soddisfacente anche se ciascuna di esse potrà fornirci informazioni utili. Il problema nasce dal voler utilizzare

Beciani, S; Bergami, F. Lugli), Edificio per civile abitazione in Poggio Picenze, L'Aquila (B. Calderoni, E.A. Cordasco, A. Sandoli, V. Onotri, G. Tortoriello).

⁷³¹ B. CALDERONI, E.A. CORDASCO, A. SANDOLI, V. ONOTRI, G. TORTORIELLO, *Problematiche di modellazione strutturale di edifici in muratura esistenti soggetti ad azioni sismiche in relazione all'utilizzo di software commerciali*, in atti del XVI Convegno ANIDIS *L'Ingegneria Sismica in Italia*, 13-17 settembre 2015, L'Aquila.

⁷³² C. GALLI, L. BECIANI, S. BERGAMI, F. LUGLI, *Restauro e miglioramento sismico: ricerca di modelli di comportamento aderenti alla realtà storico-costruttiva*, in atti del XVI Convegno ANIDIS *L'Ingegneria Sismica in Italia*, 13-17 settembre 2015, L'Aquila.

⁷³³ C. GALLI, L. BECIANI, S. BERGAMI, F. LUGLI, *Restauro e miglioramento sismico: ricerca di modelli di comportamento aderenti alla realtà storico-costruttiva*, in atti del XVI Convegno ANIDIS *L'Ingegneria Sismica in Italia*, 13-17 settembre 2015, L'Aquila.

strumenti di analisi pensati per le tecniche costruttive ‘moderne’ nelle costruzioni storiche in muratura per mancanza di alternative. Questo è il risultato di quel processo storico, sinteticamente delineato, che con l’avvento delle tecnologie dell’acciaio e del cemento armato ha visto gli studi dedicarsi a questi materiali trascurando le murature; solo negli ultimi decenni, a causa dei disastri sismici che hanno risvegliato «*coscienze e conoscenze*» si sono intensificati gli studi e le applicazioni determinando il quadro culturale attuale.

Allo stato attuale l’analisi condotta mediante procedure di tipo statico non-lineare appare la metodologia più appropriata per la valutazione della vulnerabilità sismica degli edifici in muratura, tanto che essa è ormai indicata dalla normativa come metodo di analisi ‘normale’ per la verifica sismica. L’analisi statica non lineare, o analisi di pushover, è oggi diffusa sia nell’ambito della ricerca che nella pratica professionale; questa si traduce essenzialmente, come poc’anzi espresso, nella definizione di una curva di capacità che metta in relazione il tagliante sismico alla base e lo spostamento di un punto di controllo in sommità al fabbricato. Sulla definizione della curva di capacità influisce particolarmente il tipo di modellazione adottata per l’elemento ‘parete muraria’. I codici di calcolo più usati nella pratica professionale utilizzano il modello a telaio equivalente, previsto anche nella norma tecnica nazionale (NTC’08), in cui gli elementi costituenti la parete, ovvero i maschi e le fasce, vengono modellati come elementi travi di un telaio piano mentre i pannelli di intersezione si schematizzano come nodi rigidi della struttura. Questo tipo di modellazione, basata sulla plasticità concentrata, se da un lato semplifica notevolmente il calcolo, dall’altro poco si presta a rappresentare il comportamento sismico di edifici monumentali. I metodi numerici per la risoluzione delle strutture in muratura, sviluppatasi in Italia a partire dagli anni ’70, sono stati da sempre basati sullo sfruttamento delle risorse plastiche degli elementi strutturali, cioè di maschi murari e fasce di piano. La ricerca su tali tematiche è molto attiva in Italia; numerosi modelli sono stati proposti negli ultimi venti anni, caratterizzati da diversi livelli di dettaglio e sviluppati sulla base di differenti presupposti teorici. Questi metodi, tra l’altro, possono suddividersi in due grosse categorie, quella ad elementi mono-dimensionali e quella ad elementi bidimensionali. Nel primo caso gli elementi murari vengono schematizzati come aste dotate di rigidità tagliente e flessionale (telaio equivalente)⁷³⁴,

⁷³⁴ La schematizzazione delle pareti murarie mediante i telai equivalenti, infatti, è costantemente utilizzata nell’ambito della verifica sismica delle strutture murarie come schema di calcolo di riferimento per gli edifici esistenti. La modellazione a telaio equivalente ha il vantaggio di poter impiegare la teoria dei telai propria delle

mentre nel secondo caso la parete viene schematizzata, al continuo, in genere con elementi shell bidimensionali (FEM)⁷³⁵.

Le costruzioni in muratura concepite con un approccio puramente empirico, mal si prestano ad essere modellate con i moderni strumenti della scienza e della tecnica delle costruzioni che sostanzialmente si riconducono alla teoria delle travi e del sistema di travi.

Nell'ambito dei modelli ad aste, ad esempio, il metodo delle diagonali imbrigliate⁷³⁶ schematizzava la struttura come un insieme di puntoni compressi, che riuscivano ad evidenziare il marcato comportamento non lineare delle pareti murarie sottoposte ad azioni orizzontali; oppure il metodo POR⁷³⁷, che, seppur basato su ipotesi di base limitanti, introduceva una prima schematizzazione a telaio equivalente (a traversi rigidi) in cui si sfruttavano anche le risorse plastiche dei maschi murari; i maschi murari erano l'unica sede di deformazione e rottura, senza valutare l'eventualità della rottura di altri elementi quali le fasce. Negli anni successivi ulteriori metodi, basati su schematizzazione a telaio equivalente, (ad esempio il metodo SAM di Magenes et al. 1996, o il metodo VEM di Fusier et al. 1993), hanno superato le limitazioni del metodo POR, considerando le fasce di piano deformabili e la possibilità di crisi dei maschi murari anche per presso-flessione, oltre che per taglio diagonale. È opinione diffusa che l'analisi della capacità sismica delle strutture in muratura condotte mediante la procedura a telaio equivalente rappresenta uno strumento di analisi di grande validità, che richiede però una buona capacità nell'interpretare a priori il

strutture in c.a e in acciaio anche per le pareti murarie, sebbene queste si discostano dalle strutture intelaiate per geometria e comportamento meccanico.

⁷³⁵ Il metodo di analisi strutturale agli elementi finiti fonda dunque sul concetto della discretizzazione. La discretizzazione è l'atto di scegliere soltanto un certo numero di punti discreti di un corpo. Ciò equivale a descrivere una struttura attraverso un numero finito di punti. Un modo per discretizzare una struttura è quello di dividerla in un sistema equivalente di strutture più piccole o unità, tali che il loro assemblaggio dia luogo alla struttura reale. Per un numero grande di suddivisioni, non è possibile analizzare manualmente il volume di dati, per cui si ricorre all'elaboratore elettronico. Un esempio di discretizzazione quasi immediata è quello del tipico telaio di una struttura in c.a o in acciaio. Un esempio di discretizzazione meno immediata è quello di un 'continuum', come una volta, o una struttura in muratura. Il metodo degli elementi finiti si basa sul concetto di descrivere lo stato di deformazione di un sistema continuo mediante funzioni di spostamento o 'funzioni di forma', definite in piccole regioni del 'continuum'. In quest'ottica le soluzioni sono formulate per ciascuna unità e combinate per ottenere la soluzione del corpo o della struttura originale. Nel caso di strutture in muratura è difficile fidarsi dei risultati dei programmi ad elementi finiti, cioè basati sul processo di discretizzazione, ma è impossibile, in pratica, farne a meno.

⁷³⁶ Calderoni et al. 1985 e 1987.

⁷³⁷ Tomazevic 1978 e 1987; il metodo POR nacque per la verifica delle strutture in muratura danneggiate dal sisma del Friuli del 1976; si trattava di strutture generalmente basse e caratterizzate da una scansione regolare dei prospetti. Fu largamente impiegato negli anni '80 anche in seguito al sisma dell'Irpinia con gravi conseguenze in termini di conservazione del patrimonio di architettura storica poiché non si tenne conto delle caratteristiche materiche e costruttive di queste strutture, differenti da quelle per cui il metodo era nato, con la conseguenza devastante che la struttura esistente doveva adeguarsi alle ipotesi di base per il funzionamento del modello e non viceversa.

comportamento globale dell'edificio per definire uno schema strutturale adeguato: tale operazione concettuale, come è ovvio, non può essere svolta da un programma di calcolo automatico. Inoltre è anche assolutamente indispensabile assumere un atteggiamento critico nei confronti dei risultati delle analisi svolte, soprattutto quando i risultati si ottengono da software che si presentano come scatole chiuse, a volte impenetrabili.

Analisi più raffinate si ottengono utilizzando il metodo degli elementi finiti implementato da numerosi programmi di calcolo⁷³⁸, ma l'ampia variabilità dei risultati, a seconda dei valori assunti per i numerosi parametri meccanici considerati dal software, nonché l'elevato onere computazionale, può rendere l'analisi FEM di edifici in muratura troppo complessa. La necessità di utilizzare programmi di calcolo che coniugassero la semplicità e l'immediatezza dei modelli a telaio equivalente con l'accuratezza dei modelli FEM, ha incoraggiato lo sviluppo di modellazioni alternative per le murature⁷³⁹.

⁷³⁸ Alcune di queste modellazioni alternative sono espresse nei seguenti strumenti di calcolo: 3DMacro, Abaqus, AndilWall e 3Muri.

Il codice di calcolo Abaqus 6.10 (Simulia, 2010), è largamente impiegato negli ultimi anni nel campo della ricerca scientifica per l'analisi delle strutture complesse in muratura poiché dotato del modello "concrete" per materiali fragili (sotto carichi monotoni e basse pressioni di confinamento), cui è possibile associare un modello di fessurazione di tipo diffuso (smeared cracking) che risulta adatto allo studio di murature antiche. Nella fase iniziale, il modello "concrete" considera un materiale omogeneo ed isotropo. Questa condizione non è certamente verificata nelle murature "storiche" dove la casualità dell'organizzazione delle pietre calcaree e della distribuzione della malta, oltre all'indeterminatezza delle proprietà meccaniche dei materiali, rende assolutamente problematica l'assegnazione dei parametri locali. Il modello usato introduce però, nel corso dell'analisi, l'anisotropia indotta dal progredire della fessurazione.

3DMacro, al contrario di Abaqus, è un software che si basa su una macromodellazione delle pareti murarie, sviluppato dal Gruppo Sismica S.r.l., presentato e validato in numerosi lavori scientifici negli ultimi anni (Caliò 2005, 2008, 2012). Il modello di calcolo utilizzato dal software può essere collocato nell'ambito dei cosiddetti macro-modelli essendo basato su una modellazione meccanica equivalente di una porzione finita di muratura concepita con l'obiettivo di cogliere i meccanismi di collasso nel piano dei pannelli murari. Il modello è stato inoltre arricchito al fine di poter cogliere anche i meccanismi fuori piano tipici dei fabbricati murari. Nella sua definizione piana tale macromodello si colloca come un compromesso tra i metodi semplificati tradizionali (modelli a telaio), e i metodi accurati (elementi finiti non lineari tipo Abaqus), coniugando i vantaggi dell'uno e dell'altro. Per ulteriori approfondimenti su questi aspetti si rimanda a: G. BRANDONISIO, G. LUCIBELLO, A. MAZZIOTTI, E. MELE, A. DE LUCA, *Modellazione non lineare e software commerciali*, in atti del XVI Convegno ANIDIS *L'Ingegneria Sismica in Italia*, 13-17 settembre 2015, L'Aquila.

AndilWall e 3Muri schematizzano le pareti murarie con modelli ad aste a telaio equivalente, in cui gli elementi murari vengono modellati tenendo conto sia della rigidità flessionale che di quella tagliante (Maganes et al. 2013, Lagomarsino et al. 2013). AndilWall permette all'utente di modificare la geometria del telaio (estensione dei tratti rigidi, sezioni, lunghezze delle aste, vincoli, etc.) generato di default e ciò ha reso possibile nelle sperimentazioni di realizzare un modello a telaio equivalente uguale a quello schematizzato al SAP2000; quindi, l'aspetto più positivo di AndilWall è quello di poter intervenire sulla geometria in funzione delle esigenze dell'utente; al contrario di 3Muri che non permette di modificare l'assetto geometrico del modello, pertanto il confronto si basa sul modello fornito di default.

⁷³⁹ Uno dei software nati negli ultimi anni, che ha trovato larga diffusione nella pratica professionale, è 3DMacro che utilizza una modellazione a macroelementi appositamente pensata per le pareti murarie.

Una di queste è il metodo 3Muri. Il software TreMuri è fornito dalla S.T.A. Data S.r.l. ed è allo stato attuale uno dei software più diffusi tra i professionisti a livello nazionale per l'analisi di strutture in muratura. TreMuri si basa sulla modellazione a "telaio equivalente" delle pareti murarie, che il software divide automaticamente in una serie di macroelementi, dotati di deformabilità assiale, flessionale e tagliante, rappresentativi dei pannelli di fascia e di maschio⁷⁴⁰. In dettaglio, i macroelementi sono modellati implementando un elemento monodimensionale a comportamento non lineare le cui principali caratteristiche sono: la rigidità iniziale calcolata sulla base delle proprietà elastiche iniziali (in condizioni fessurate); la relazione forza-spostamento bilineare sia a flessione che a taglio, con valori massimi corrispondenti a quelli calcolati in condizioni ultime; la redistribuzione delle sollecitazioni interne compatibili con l'equilibrio dell'elemento; la definizione del livello di danno sulla base di parametri di riferimento locali e globali; il degrado della rigidità in campo plastico; il controllo della duttilità attraverso la definizione dello spostamento massimo relativo adimensionalizzato all'altezza (δ/h) che assume il valore limite di 0,6% per la rottura a pressoflessione e di 0,4% per la rottura a taglio. Il collasso dell'elemento corrisponde convenzionalmente al raggiungimento dello spostamento ultimo, ma ciò non comporta necessariamente l'interruzione dell'analisi globale della parete poiché l'elemento viene sostituito da una biella capace di sopportare i carichi verticali ma nessuna forza orizzontale.

Azione sismica di riferimento

Con riferimento all'aggregato oggetto di studio, per poter procedere alla valutazione della sicurezza è necessario definire l'azione sismica di riferimento. Il complesso conventuale dei Padri Trinitari sorge nel centro storico di Somma Vesuviana in provincia di Napoli, ed in base alle sue coordinate, le Norme Tecniche per le Costruzioni forniscono i valori relativi allo spettro sismico su suolo rigido.

Si assume una azione sismica di riferimento corrispondente alla vita nominale V_N di 50 anni e alla classe d'uso II e quindi coefficiente d'uso C_u pari a 1. Ne segue che il periodo di ritorno T_R del sisma di progetto (verifica allo stato limite di salvaguardia della vita) è pari a 475 anni. I dati forniti da tecnici del luogo in seguito ad indagini geologiche hanno permesso di classificare il terreno come appartenente alla categoria "C" «*Depositi di terreni a grana*

⁷⁴⁰ Il macroelemento implementato da Tremuri fu sviluppato dal punto di vista teorico da Gambarotta e Lagomarsino, 1997 e successivamente migliorato con il contributo di Penna, 2002; Galasco et al., 2004 e Lagomarsino et al. 2013.

*grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti*⁷⁴¹. L'edificio è collocato a circa 180 m slm e quindi si è considerato un coefficiente di amplificazione topografica S_T corrispondente alla categoria T1 «*Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$* » secondo quanto indicato nella tabella 3.2.IV – Categorie topografiche – delle NTC 08.

Come riportato al punto 3.2.3.2 delle NTC 08 – Spettro di risposta elastico in accelerazione –, l'accelerazione orizzontale massima al sito per una determinata categoria di terreno è $a_g * S$, in cui $S = S_S * S_T$ (S_S = coefficiente di amplificazione stratigrafica; S_T = coefficiente di amplificazione topografica). Si possono quindi determinare i parametri per la costruzione dello spettro elastico relativi a un tempo di ritorno di 475 anni.

Nella tabella che segue si riportano in maniera schematica tutti i dati necessari per il calcolo dell'azione sismica per la verifica allo stato limite ultimo di salvaguardia della vita (SLV)

742

⁷⁴¹ NTC 08, 3.2.2, *Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche*, Tab. 3.2.II Categoria C: Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).

⁷⁴² D.P.C.M. 09 febbraio 2011, art 2.3: «*Per i manufatti architettonici di interesse storico artistico l'acquisizione di un sufficiente livello di sicurezza e protezione nei riguardi del rischio sismico è garantita attraverso il rispetto di tre stati limite: due fanno riferimento agli stati limite definiti dalle NTC, mentre uno è specifico per i beni culturali. Gli Stati Limite Ultimi, SLU, sono motivati dalla volontà di salvaguardare la costruzione e l'incolumità degli occupanti nel caso di terremoti rari e di forte intensità; essi sono differenziati in Stato Limite di Salvaguardia della Vita, SLV, e Stato Limite di prevenzione del Collasso, SLC. Gli stati limite di esercizio, SLE, hanno l'obiettivo di limitare i danni per terremoti meno intensi ma più frequenti, per ragioni economiche e funzionali, e sono differenziati in Stato Limite di Operatività, SLO, e Stato Limite di Danno, SLD. Gli stati limite da considerare per i Beni Culturali sono, di norma, SLV e SLD, per la cui definizione si rimanda al 3.2.1 delle NTC. Inoltre possono sussistere ragioni di tutela di specifiche opere d'arte, per la protezione delle quali è opportuno introdurre uno specifico Stato Limite di danno ai beni Artistici, SLA. [...]. Con una verifica allo SLV si garantisce non solo l'incolumità delle persone ma la stessa conservazione del manufatto che potrà essere restaurato a seguito dell'evento. La verifica nei confronti dello SLD è considerata solo in relazione alla perdita di funzionalità del manufatto, in quanto si ritiene che la danneggiabilità di una costruzione storica in muratura, specie nei riguardi di un'azione sismica frequente, sia imprescindibile per tali manufatti e, come tale, conseguenza del tutto accettabile. [...]*».

È chiaro che per i manufatti architettonici di interesse storico artistico, così come per l'insediamento storico nel suo complesso (vedi 2.1.1 dello *Studio propedeutico all'applicazione di strumenti d'indirizzo per l'applicazione della normativa sismica agli insediamenti storici*, pubblicato il 20.04.2012) non è ammissibile il limite del collasso che, oltre a non garantire la funzionalità, premessa necessaria alla conservazione, potrebbe non garantire la recuperabilità, dopo il danno sismico, della sostanza materica, tipologica e formale degli oggetti di riferimento. Ecco perché si considera lo SLV. Allo stesso modo, garantire l'operatività comporterebbe interventi molto invasivi, ragion per cui si ritiene sufficiente garantire il danno in termini di perdita di funzionalità.

Stato limite di riferimento	SLV
Accelerazione orizzontale massima al sito	a_g 0,173
Valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in acc.	F_O 2,385
Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in acc. orizzontale	T_C 0,347 s
Vita nominale	V_N 50
Classe d'uso	C_U II
Periodo di riferimento dell'azione sismica	V_R 75
Probabilità di superamento	P_{VR}
Tempo di ritorno dell'azione sismica	T_R 475
Categoria di sottosuolo	C
Coefficiente di amplificazione stratigrafica	S_S 1,453
Coefficiente di amplificazione topografica	S_T 1 C_c 1,489
Coefficiente per categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche	S 1,453
Periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro	T_C 0,517 s
Periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad acc. costante	T_B 0,172 s
Periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro	T_D 2,291 s

Input: norme di riferimento, caratteristiche dei materiali, carichi e combinazioni

Le norme di riferimento sono:

- D.M. 14 gennaio 2008 – Norme Tecniche per le Costruzioni
- Circolare n.617 del 2009 - Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche;
- D.P.C.M. 09 febbraio 2011 – Valutazione e riduzione del rischio sismico per il patrimonio culturale

Le proprietà meccaniche assegnate agli elementi strutturali sono state valutate sulla base dei valori di riferimento indicati dalla tabella C8 A.2.1 della Circolare 617/09 (Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche), tenuto conto dei coefficienti correttivi dei parametri meccanici riportati nella tabella C8 A.2.2 poiché non è stato possibile effettuare alcun tipo di indagine diagnostica per determinare le caratteristiche meccaniche dei materiali del complesso dei Padri Trinitari.

Si ritiene che questo aspetto non renda meno validi i risultati delle analisi per le seguenti motivazioni: innanzitutto, dal punto di vista operativo, è molto comune nella prassi non poter svolgere particolari indagini diagnostiche per la determinazione delle proprietà meccaniche dei materiali, soprattutto prove distruttive su campioni di dimensioni significative estratti dall'edificio, questo sia per le disponibilità finanziarie, in genere limitate, sia perché potrebbero essere indagini inadeguate per il pregio architettonico e artistico dell'architettura su cui si opera; in secondo luogo, dal punto di vista teorico, sebbene le prove con martinetti piatti, singoli o doppi, siano espressamente richiamati dalla norma, esistono perplessità che rendono i risultati ottenuti dalle prove con martinetto piatto non del tutto convincenti⁷⁴³.

Per quanto riguarda la definizione dei carichi e la combinazione di questi, le verifiche allo stato limite ultimo di salvaguardia della vita devono essere effettuate per la seguente combinazione della azione sismica con le altre azioni.

$$G_1 + G_2 + E + \sum_j \Psi_{2j} Q_{kj}$$

Dove:

- E è l'azione sismica per lo stato limite in esame;
- G_1 è il peso proprio di tutti gli elementi strutturali;
- G_2 il peso proprio di tutti gli elementi non strutturali;
- Ψ_{2i} il coefficiente di combinazione
- Q_{ki} valore caratteristico della azione variabile

Gli effetti dell'azione sismica saranno valutati tenendo conto delle masse associate ai seguenti carichi gravitazionali:

$$G_1 + G_2 + \sum_j \Psi_{2j} Q_{kj}$$

I valori dei coefficienti sono scelti in base alla destinazione d'uso secondo quanto indicato dalle NTC. Di seguito si riportano le tabelle con i carichi gravanti su ciascuna parete o

⁷⁴³ «In particolare l'entità del contrasto fornito dalla muratura sovrastante in genere non è sufficiente a portare a rottura la muratura isolata dai tagli. Basti pensare che normalmente le murature di edifici antichi lavorano in condizioni statiche per i carichi verticali a circa 1/5- 1/10 del carico di rottura del materiale, per cui è necessario mobilizzare una zona molto ampia di muratura per ottenere il contrasto necessario per portarla a rottura. Ciò, soprattutto per edifici non molto alti, ma anche per quelli dotati di numerose aperture, è molto difficile se non impossibile. Per questo ed anche per altri motivi, i risultati delle prove con martinetti piatti in genere sottostimano la resistenza a compressione. A titolo di esempio, per le murature di tufo classiche del napoletano, che resistono normalmente a 2,5 – 3,5 MPa, difficilmente si riescono ad ottenere valori superiori a 1,0-1,5 MPa» tratto da A. GHERSI, P. LENZA, *Edifici in muratura alla luce della nuova normativa sismica*, Dario Flaccovio Editore, luglio 2011, p.275.

Capitolo IV - Una esemplificazione: la verifica della sicurezza strutturale di un aggregato nel centro storico di Somma Vesuviana (Na)

porzione di parete individuata e i carichi verticali e orizzontali delle volte al piano terra e al piano primo per procedere con la valutazione dei meccanismi locali di collasso mediante l'analisi cinematica lineare.

Parete	Livello	Tipologia di solaio	G1+G2 kN/m ²	Qk kN/m ²	ψ _{2i}	Fd kN/m ²	Lsol m	Bparete m	Area di influenza m ²	Nsol kN
A-I	PT	acciaio	5,31	2,00	0,30	5,91	6,40	3,64	11,65	68,8
	PI	acciaio	5,31	2,00	0,30	5,91	6,45	3,68	11,87	70,1
	PII	acciaio	5,07	2,00	0,30	5,67	6,57	4,00	13,14	74,5
	PIII - copertura	acciaio	4,15	0,50	0,00	4,15	6,61	4,50	14,87	61,7
A-II	PT	acciaio	5,31	2,00	0,30	5,91	1,97	8,69	8,56	50,6
	PII	acciaio	5,07	2,00	0,30	5,67	6,92	2,98	10,31	58,5
	PIII - copertura	acciaio	4,15	0,50	0,00	4,15	7,22	7,32	26,43	109,7
B	PT	acciaio	5,31	2,00	0,30	5,91	2,60	25,91	33,68	199,1
	PII	acciaio	5,07	2,00	0,30	5,67	7,14	25,79	92,07	522,0
	PIII - copertura	acciaio	4,15	0,50	0,00	4,15	7,76	25,79	100,07	415,3
C-I	PT	acciaio	5,31	2,00	0,30	5,91	3,29	12,81	21,07	124,5
	PI	acciaio	5,31	2,00	0,30	5,91	3,42	13,10	22,40	132,4
	PII	acciaio	5,07	2,00	0,30	5,67	3,92	13,06	25,56	145,0
	PIII - copertura	acciaio	4,15	0,50	0,00	4,15	4,21	13,06	27,49	114,1
C-II	PT	acciaio	5,07	2,00	0,30	5,67	3,20	6,94	11,09	62,9
	PI	acciaio	5,31	2,00	0,30	5,91	3,33	6,90	11,47	67,8
	PII	acciaio	5,07	2,00	0,30	5,67	3,33	6,90	11,47	65,0
	PIII - copertura	acciaio	4,07	0,50	0,00	4,07	4,54	7,17	16,28	66,2
D	PT	acciaio	5,31	2,00	0,30	5,91	13,37	6,91	46,19	273,0
	PII	acciaio	5,31	2,00	0,30	5,91	28,77	7,14	102,71	607,0
	PIII - copertura	acciaio	4,40	0,50	0,00	4,40	28,77	7,76	111,63	491,2
E-I	PT	acciaio	5,31	2,00	0,30	5,91	3,30	6,96	11,48	67,9
	PII	acciaio	5,07	2,00	0,30	5,67	6,85	6,96	23,84	135,2
	PIII - copertura	acciaio	4,15	0,50	0,00	4,15	7,22	6,96	25,13	104,3
E-II	PT	acciaio	5,31	2,00	0,30	5,91	3,70	28,76	53,21	314,4
	PII	acciaio	5,31	2,00	0,30	5,91	7,14	28,76	102,67	606,8
	PIII - copertura	acciaio	4,40	0,50	0,00	4,40	7,76	28,76	111,59	491,0
F-II	PI	acciaio	5,31	2,00	0,30	5,91	5,03	8,37	21,05	124,4
	PII	acciaio	5,07	2,00	0,30	5,67	4,94	8,37	20,67	117,2
	PIII - copertura	acciaio	4,07	0,50	0,00	4,07	5,19	8,44	21,90	89,1
	PII	acciaio	7,80	2,00	0,30	8,40	4,48	9,49	21,23	178,4
G-I	PIII - copertura	acciaio	4,40	0,50	0,00	4,40	4,64	9,49	22,02	96,9
	PT	acciaio	5,31	2,00	0,30	5,91	4,47	8,12	18,15	107,3
G-II	PI	acciaio	5,31	2,00	0,30	5,91	17,57	8,12	71,33	421,6
	PII	acciaio	7,80	2,00	0,30	8,40	5,53	8,12	22,45	188,6
	PIII - copertura	acciaio	4,40	0,50	0,00	4,40	5,76	8,12	23,37	102,8
H	PI	acciaio	5,31	2,00	0,30	5,91	7,10	17,57	62,37	368,6
	PII	acciaio	4,80	2,00	0,30	5,40	7,10	18,45	65,50	353,7
	PIII - copertura	acciaio	4,15	0,50	0,00	4,15	7,10	18,45	65,50	271,8
I-I	PI	acciaio	5,31	2,00	0,30	5,91	17,57	6,97	61,23	361,9
	PII	acciaio	7,80	2,00	0,30	8,40	18,45	7,10	65,50	550,2
	PIII - copertura	acciaio	4,40	0,50	0,00	4,40	18,45	7,10	65,50	288,2
I-II	PI	acciaio	7,80	2,00	0,30	8,40	1,60	5,95	4,76	40,0
	PII	acciaio	7,80	2,00	0,30	8,40	11,50	6,00	34,50	289,8
	PIII - copertura	acciaio	4,40	0,50	0,00	4,40	11,50	6,00	34,50	151,8

Tab. 1 - Tabella riepilogativa dei carichi gravanti su ciascuna parete individuata per la verifica dei meccanismi locali di collasso

Individuazione e verifica dei meccanismi locali significativi

La valutazione della sicurezza sismica degli antichi edifici in muratura va eseguita, oltre che con riferimento al comportamento sismico globale, soprattutto considerando l'eventualità che si verifichino meccanismi locali di collasso. Anzi, nel caso in cui il modello globale non risulti significativo per le caratteristiche della struttura in esame, la verifica 'globale' della sicurezza strutturale dell'architettura storica si può ottenere anche da un numero sufficiente di verifiche locali⁷⁴⁴. È questo uno degli aspetti maggiormente interessanti della Direttiva per i BB. CC. che ci aiuta a comprendere come non vi sia alcuna imposizione obbligatoria da parte di questa, quanto, piuttosto, una valutazione critica da attuare in ciascun momento del processo di valutazione per giungere ad un giudizio 'globale' in termini di conservazione e sicurezza quanto più equilibrato possibile. La possibilità di definire i meccanismi di collasso utilizzando il risultato della fase di conoscenza precedente consente di eseguire delle

⁷⁴⁴ Cfr. capitoli 2.1 *Strumenti per la valutazione della sicurezza sismica a scala territoriale* e 2.2 *Criteri per la valutazione della sicurezza sismica e dell'efficacia dell'intervento* del DPCM 09/02/2011 – Linee Guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale – allineamento alle nuove Norme tecniche per le costruzioni: «Per i beni culturali tutelati è necessario attenersi ad interventi di miglioramento, a riparazioni o ad interventi locali (punto 8.4 delle NTC). Con il termine di miglioramento si deve intendere l'esecuzione di opere in grado di far conseguire all'edificio un maggior grado di sicurezza rispetto alle condizioni attuali, con un livello di protezione sismica non necessariamente uguale a quello previsto per l'adeguamento delle costruzioni. Riparazioni o interventi locali interessano invece porzioni limitate della costruzione, e devono essere soggetti a verifiche locali; nel caso dei beni tutelati è comunque richiesta anche una valutazione della sicurezza complessiva, in forma semplificata, in modo da certificare che non siano peggiorate le condizioni di sicurezza preesistenti.

Per la progettazione degli interventi vengono quindi introdotti due diversi livelli di valutazione:

LV2 (riparazione o intervento locale) - valutazioni da adottare in presenza di interventi locali su zone limitate del manufatto, che non alterano in modo significativo il comportamento strutturale accertato, per le quali sono suggeriti metodi di analisi locale; in questo caso la valutazione dell'azione sismica allo SLV per l'intero manufatto, comunque richiesta, viene effettuata con gli strumenti del livello LV1;

LV3 (intervento di miglioramento) - progetto di interventi diffusi nella costruzione, che per quanto possibile non dovrebbero modificare il funzionamento strutturale accertato attraverso il percorso della conoscenza (§ 4); le valutazioni devono riguardare l'intero manufatto, e possono utilizzare un modello strutturale globale, nei casi in cui questo possa essere ritenuto attendibile, o i metodi di analisi locale previsti per il livello LV2, purché applicati in modo generalizzato su tutti gli elementi della costruzione (l'esperienza acquisita a seguito dei passati eventi sismici ha infatti mostrato come, per gli edifici storici in muratura, il collasso sia raggiunto, nella maggior parte dei casi, per perdita di equilibrio di porzioni limitate della costruzione, definite nel seguito macroelementi). Il livello di valutazione LV3 può essere utilizzato anche quando, in assenza di un progetto di intervento, venga comunque richiesta un'accurata valutazione della sicurezza sismica del manufatto.» e ancora «Pur nella consapevolezza che non sempre si possono applicare ai beni culturali tutelati le prescrizioni di modellazione e verifica indicate per gli edifici ordinari, è comunque necessario calcolare i livelli delle azioni sismiche corrispondenti al raggiungimento di ciascuno stato limite previsto per la tipologia strutturale dell'edificio, nella situazione precedente e nella situazione successiva all'eventuale intervento. A tale fine dovranno essere impiegati i modelli ritenuti più affidabili. Nel caso in cui il progettista dovesse ritenere che non è possibile mettere in conto nella valutazione della risposta strutturale il contributo di alcuni aspetti costruttivi, la cui importanza è emersa a seguito della conoscenza storica e tecnologica del manufatto, è possibile quantificare tale effetto su base soggettiva, giustificando ciò adeguatamente [...] Nel caso quindi in cui, anche a seguito dell'intervento, venga conservato il comportamento originario, si ammette che il modello di calcolo possa non riprodurre completamente la realtà e che i risultati da questo forniti possano essere integrati da valutazioni qualitative.»

verifiche di capacità del manufatto più coerenti con le specificità dell'architettura oggetto di studio⁷⁴⁵.

Dunque, con riferimento al caso specifico del complesso dei Padri Trinitari in Somma Vesuviana sono stati ipotizzati alcuni meccanismi locali di collasso⁷⁴⁶ – meccanismi del primo modo – in seguito alle opportune considerazioni deducibili dalla fase della conoscenza. Tutte le conoscenze acquisite dall'architetto restauratore trovano una loro collocazione specifica nella definizione dei meccanismi possibili.

I meccanismi locali interessano singoli pannelli murari o più ampie porzioni della costruzione, e sono favoriti dall'assenza o scarsa efficacia dei collegamenti tra pareti e orizzontamenti e negli incroci murari. Un'indicazione efficace per la corretta previsione degli incipienti meccanismi di collasso è la presenza di quadri fessurativi e di dissesti, prodotti o meno da terremoti passati. Individuati i meccanismi, occorre poi definire uno o più modelli di analisi per valutare l'entità dell'azione sismica che ne determina l'attivazione provocando il collasso della struttura⁷⁴⁷.

Per la valutazione della vulnerabilità nei riguardi dei meccanismi locali di primo modo, il modello di riferimento è l'analisi limite dell'equilibrio delle strutture murarie, considerate come corpi rigidi non resistenti a trazione. L'approccio cinematico, impiegato per le verifiche di sicurezza locali nell'analisi limite dell'equilibrio delle strutture murarie, nasce dalla constatazione che negli edifici esistenti in muratura spesso il sisma produce collassi parziali, in genere per perdita dell'equilibrio delle porzioni murarie⁷⁴⁸. Il collasso deriva dall'attivazione di un meccanismo che richiede un'adeguata monoliticità delle pareti murarie, così che siano impediti collassi localizzati per disgregazione della muratura. Il

⁷⁴⁵G.P. BROGIOLO, P. FACCIO, *Apsat12. Carta del rischio e conservazione dei paesaggi e delle architetture*, SAP Società Archeologica, marzo 2013, p.113.

⁷⁴⁶ I meccanismi considerati sono stati individuati sulla base della letteratura scientifica consolidata sull'argomento. Un riferimento significativo è: A. LEMME, S. PODESTÀ, G. CIFANI (a cura di), *Sisma Molise 2002. Dall'emergenza alla ricostruzione. Edifici in muratura*, DEI, 2008. In particolare, con riguardo agli aspetti metodologici ed applicativi dell'analisi cinematica lineare, il Cap. VI, *Meccanismi di collasso locali: analisi cinematica lineare*, a cura di G.C. BEOLCHINI, L. MILANO, A. MANNELLA, A. MARTINELLI. Per ulteriori approfondimenti sul tema è possibile consultare AA. VV. *Repertorio dei meccanismi di danno, delle tecniche d'intervento e dei relativi costi negli edifici in muratura*. Parte Seconda – Modelli cinematici per l'analisi strutturale degli edifici in muratura. Sisma Marche 1997 – Decreto del Commissario Delegato per gli interventi della protezione civile n.28 del 10 aprile 2002, Tipografie Grafiche Scarponi srl, Osimo, 2007; infine, un contributo più recente sul tema è: S. VALLUCCI, E. QUAGLIARINI, S. LENCI, *Costruzioni storiche in muratura. Vulnerabilità sismica e progettazione degli interventi*, Wolters Kluwer Italia, 2014.

⁷⁴⁷ C. D'AMBRA, *Vulnerabilità e miglioramento sismico di edifici in aggregato: il caso studio di Piazza della Prefettura a L'Aquila*, tesi PhD del XXIV ciclo del corso di dottorato di ricerca in Ingegneria dei Materiali e delle Strutture presso l'Università degli Studi di Napoli Federico II, coordinatore prof. G. MENSITIERI, tutor: prof. Ing. G. MANFREDI, co-tutor: prof. Ing. A. PROTA, ing. F. DA PORTO, 2011.

⁷⁴⁸Questo è uno dei risultati più importanti degli studi condotti da Antonino Giuffrè.

metodo è perciò incompatibile con murature di qualità scadente per le quali è prevedibile una crisi associata alla frantumazione dell'opera muraria per azioni fuori dal piano ed una scarsa resistenza per azioni nel piano.

L'analisi limite dell'equilibrio, quindi, secondo l'approccio cinematico, si basa sulla scelta del meccanismo di collasso più probabile e sulla valutazione dell'azione orizzontale che attiva tale cinematismo. Si procede alla trasformazione di una parte della costruzione in un sistema labile (ovvero in una catena cinematica), attraverso l'individuazione di corpi rigidi, definiti da piani di frattura ipotizzabili per scarsa resistenza a trazione della muratura, in grado di ruotare o scorrere tra loro. Per l'applicazione del metodo si ipotizza in genere resistenza a trazione nulla della muratura, assenza di scorrimento tra i blocchi e resistenza a compressione infinita della muratura⁷⁴⁹.

Individuato il cinematismo, si procede alla valutazione del moltiplicatore orizzontale dei carichi α_0 che comporta l'attivazione del meccanismo stesso. Il moltiplicatore dei carichi α_0 viene valutato tramite l'applicazione del Principio dei Lavori Virtuali in termini di spostamento, uguagliando il lavoro totale eseguito dalle forze esterne ed interne applicate al sistema in corrispondenza dell'atto di moto virtuale⁷⁵⁰.

Dunque, per ottenere il moltiplicatore orizzontale dei carichi al quale fare riferimento in fase di verifica è necessario applicare ai blocchi rigidi che compongono la catena cinematica tutte le azioni che si esercitano sul sistema: il peso proprio dei blocchi, applicato nei rispettivi baricentri; i carichi verticali portati dagli stessi (pesi propri e sovraccarichi dei solai, delle volte e della copertura e di altri elementi murari non considerati nel modello strutturale); il sistema di forze orizzontali proporzionali ai carichi verticali portati, se queste non sono efficacemente trasmesse ad altre pareti dell'edificio; le eventuali ulteriori forze esterne, ad

⁷⁴⁹ Per una simulazione più realistica del comportamento è anche possibile considerare in forma approssimata gli scorrimenti tra elementi strutturali in presenza di attrito, le connessioni, seppure di resistenza limitata, all'interno della muratura e una ridotta resistenza a compressione della stessa. Cfr. G.C. BEOLCHINI, L. MILANO, A. MANNELLA, A. MARTINELLI, *Meccanismi di collasso locali: analisi cinematica lineare*, in A. LEMME, S. PODESTÀ, G. CIFANI (a cura di), *Sisma Molise 2002. Dall'emergenza alla ricostruzione. Edifici in muratura*, DEI, 2008, pp.128-133.

⁷⁵⁰ Circolare 2 febbraio 2009 n. 617, Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, *Istruzioni per l'applicazione delle "Norme Tecniche per le Costruzioni" di cui al D.M. 14/01/2008*, G.U. n. 47 del 26/2/09 suppl. ord. n. 27.

$$\alpha_0 \left(\sum_{i=1}^n P_i \delta x_{,i} + \sum_{j=n+1}^{n+m} P_j \delta x_{,j} \right) - \sum_{i=1}^n P_i \delta y_{,i} - \sum_{h=1}^0 F_h \delta h = L f_i$$

Il problema può essere posto anche in termini di equilibrio tra il momento stabilizzante e il momento ribaltante delle forze in gioco. Questo tipo di impostazione pare lasciare maggiore consapevolezza nella traduzione numerica del 'fenomeno fisico':

$$M_R = M_S > M_R = \alpha (W Y_{G1} + P_c Y_{Pc}); MS = W X_{G1} + P_c X_{Pc} > \alpha = \frac{W X_{G1} + P_c X_{Pc}}{W Y_{G1} + P_c Y_{Pc}}$$

esempio quelle trasmesse dalle catene metalliche; le eventuali forze interne, ad esempio legate all'ingranamento tra i conci murari.

Con riferimento al caso studio, dai risultati delle fasi di rilievo e indagine storica, è possibile scomporre in porzioni significative il complesso dei Padri Trinitari e ipotizzare i meccanismi che, con maggiore probabilità, potrebbero attivarsi. Al termine di questa esposizione si riporta la tabella sintetica con i valori del moltiplicatore di collasso per ciascun meccanismo considerato e, dunque, l'indice di sicurezza relativo a ciascun meccanismo inteso come rapporto tra capacità e domanda del sistema: si tratta di comprendere di quanto la capacità del sistema considerato sia inferiore alla domanda.

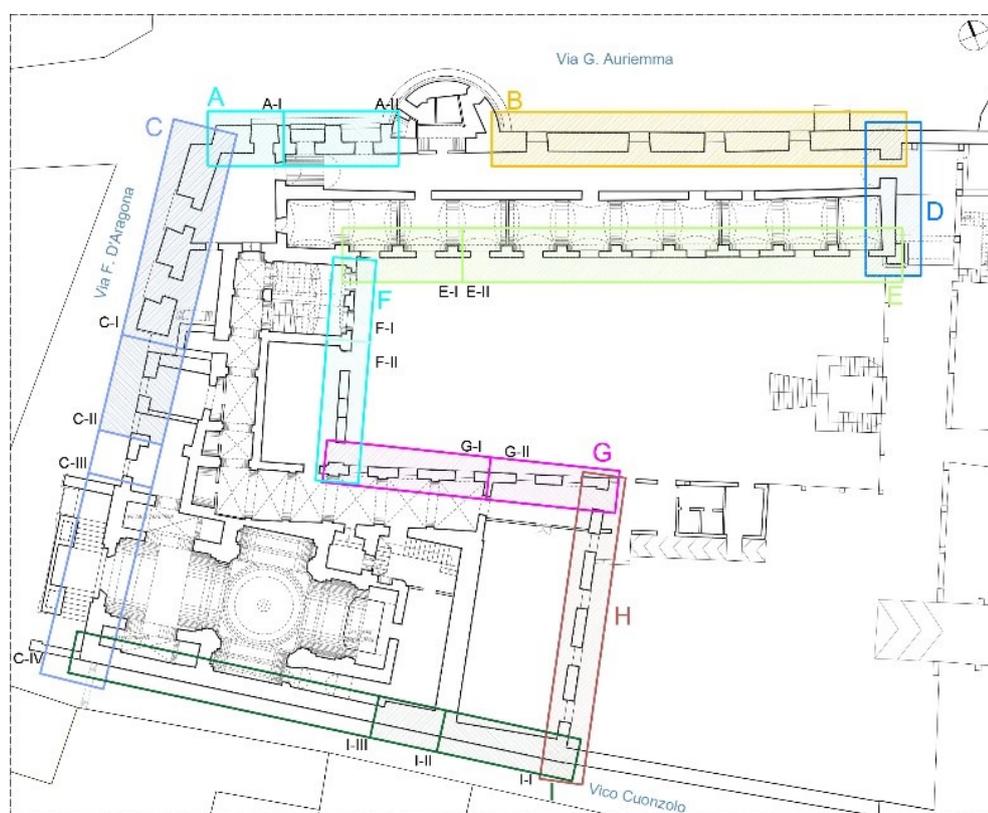


Fig. 233 - Schema delle porzioni di parete per le quali si sono calcolati i valori del moltiplicatore di collasso per ciascun meccanismo individuato.

Con riferimento a quanto indicato in precedenza sulla caratterizzazione funzionale dell'aggregato e dei suoi spazi⁷⁵¹, il primo volume da considerare è quello su via G. Auriemma, di forma rettangolare allungata con dimensioni di circa 47 x 9 m; il prospetto esterno è caratterizzato da due parti, procedendo in direzione ovest-est: la prima (parete A), dall'incrocio di via Auriemma con via F. D'Aragona fino alla torre e, la seconda (parete B),

⁷⁵¹ Vedi 4.2 del presente lavoro: Il rilievo geometrico: caratterizzazione funzionale dell'aggregato e dei suoi spazi, p.

dalla torre al termine della struttura, in corrispondenza del barbacane. Lungo il primo tratto si nota la presenza di due volumi sovrapposti: un primo blocco di due livelli, costituito da possenti arcate su pilastri, e un secondo blocco, compatto e regolare, in posizione arretrata rispetto al sottostante.



Fig. 234 - Il primo tratto del volume lungo via G. Auriemma.

Questo primo tratto, per la valutazione dei meccanismi attivabili, è stato scomposto in due differenti porzioni (Parete A.I e parete A.II), per la presenza di un muro di spina ai primi due livelli e per la differente orditura dei solai a ciascun piano che, di conseguenza, genera pesi e azioni diverse⁷⁵² sulle pareti di riferimento. I meccanismi considerati per ciascuna porzione del primo tratto del prospetto Nord su via G. Auriemma sono:

- Ribaltamento semplice di parete del piano secondo e terzo, ovvero della sopraelevazione eseguita nella prima metà del XX secolo, con materiali – blocchi di tufo giallo – diversi dall’organismo originario, in blocchi non squadri di pietra lavica vesuviana legati da malta di calce e sabbia del Somma, direttamente poggianti sulla struttura originaria;
- Flessione verticale di parete, cinematismo a due piani (PII-PIII)

La flessione verticale si ritiene che possa attivarsi nel caso in cui, da indagini più approfondite emerga la presenza di un cordolo di cemento al piano terzo. L’ipotesi si ritiene verosimile in quanto il piano terzo del complesso è stato edificato intorno agli anni ‘50, forse

⁷⁵² Infatti, il piano terra è costituito da solai che scaricano in direzione ortogonale alla parete di riferimento; il piano primo, invece, nel primo tratto presenta un solaio che scarica nella direzione ortogonale alla parete e nel secondo tratto è caratterizzata dall’azione orizzontale della volta a botte presente; ancora, al piano terzo nessun solaio scarica sulla parete considerata e, infine al piano quarto, non solo i due solai scaricano in direzione diversa su ciascuna porzione individuata, ma sono anche imposti a quote diverse.

in un paio di occasioni distinte e, da lavori eseguiti sul lato sud nel 2013, è emersa la presenza di un cordolo di calcestruzzo armato in sommità delle murature di tufo che potrebbe essere presente anche su questa parte del complesso.

Fig. Schema del meccanismo di ribaltamento semplice per il Piano secondo e il Piano Terzo del complesso.	Fig. Schema del meccanismo di flessione verticale per il Piano secondo e il Piano Terzo del complesso.

Il secondo tratto, invece, presenta un prospetto omogeneo con aperture regolari lungo i quattro livelli.



Fig. 235 - Immagine del secondo tratto del prospetto lungo via G. Auriemma, denominata parete B dell'analisi dei meccanismi locali di collasso.

Questo tratto si caratterizza per una lunghezza elevata del prospetto nord su via G. Auriemma senza alcun muro di spina, oltre al fatto che tutti gli orizzontamenti scaricano su di esso; per questi motivi la parete non è stata scomposta in alcuna porzione e i meccanismi di collasso ipotizzati sono (Parete B):

- Ribaltamento semplice di parete per il piano terzo, con formazione della cerniera orizzontale in corrispondenza del solaio di calpestio del piano terzo, in quanto i livelli sottostanti sono vincolati da un possente barbacane da un lato e dalla presenza della torre dall'altro;
- Flessione verticale di parete, con cinematismo a due piani (PII-PIII);

Per le stesse motivazioni riportate per la parete A, prima trattata, si ipotizza la possibilità di attivazione di questo meccanismo.

Dato che questo meccanismo si attiva soprattutto nel caso di pareti sottili appare giusto considerare che nel caso in questione si potrebbe attivare solo per le pareti al piano secondo

e al piano terzo.

Ancora una considerazione per questa porzione del corpo Nord del complesso lungo via G. Auriemma: consideriamo il lungo ambiente voltato che caratterizza il piano primo. Le volte a botte, come noto, si ottengono dalla traslazione di una direttrice curva su generatrici rettilinee e sono generalmente adottate per la copertura di vani rettangolari; possono individuarsi sia archi trasversali, che spingono in direzione normale ai muri di perimetro paralleli alle generatrici, sia (e questo secondo modo viene spesso trascurato) due archi longitudinali disposti complessivamente lungo le diagonali geometriche del rettangolo, che concentrano le spinte, orientate secondo le diagonali, nei cantonali. L'intero carico gravitazionale si ripartisce tra i due possibili schemi in misura difficilmente valutabile ma sicuramente legata alla deformabilità dei muri di gabbia. L'apertura di grossi vani lungo i muri paralleli alle generatrici determina ad esempio un disimpegno degli archi trasversali a favore di quelli longitudinali. Il modello di funzionamento può quindi adattarsi alle mutate condizioni al contorno, non senza manifestare tale adeguamento con filature o lesioni⁷⁵³.

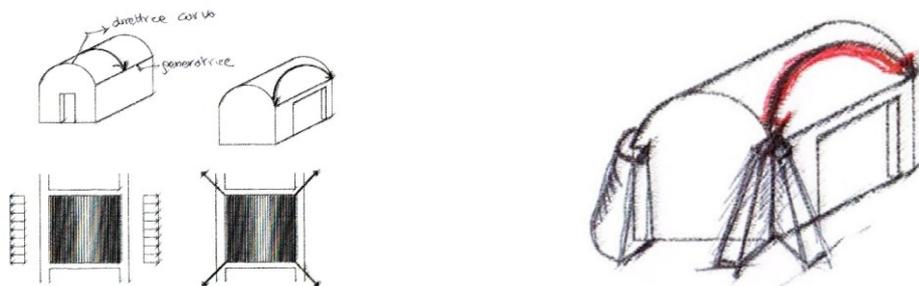


Fig. 236 - Schemi di funzionamento

Nel caso del complesso dei Padri Trinitari in Somma Vesuviana, al piano primo del fronte su via G. Auriemma si è rilevata una lunga volta a botte di dimensioni di circa 40 m di lunghezza per 3 di larghezza. Non sembrano essere presenti archi irrigidenti lungo la lunghezza e, per quanto sopra descritto, la spinta dell'arco longitudinale, così come individuato nello schema è sicuramente notevole ma emerge la presenza esterna dei tre possenti barbacane angolari; dunque, sebbene questo tipo di schema strutturale delle volte a botte sia quasi sempre trascurato, intuitivamente forse, in questo caso pare sia stato posto rimedio⁷⁵⁴.

⁷⁵³ A. Ghersi, P. Lenza, *Edifici in muratura alla luce della nuova normativa sismica*, Dario Flaccovio Editore, luglio 2011, p.99.

⁷⁵⁴ Del resto, nel centro storico del Casamale in Somma Vesuviana si riscontrano molti di questi tipi di presidi sismici, oltre al fatto che la maggior parte degli edifici presenta mura perimetrali a 'scarpa', definendo un modello capace di resistere al sisma già per la sua geometria.

Proseguendo lungo i prospetti del corpo ovest, in corrispondenza di via F. D’Aragona⁷⁵⁵, il primo tratto del prospetto lungo via F. D’Aragona si struttura come il primo di quello corrispondente su via G. Auriemma, ovvero con un primo volume di due livelli costituito da archi su pilastri e un secondo volume di due livelli, in posizione arretrata rispetto al livello sottostante e con aperture regolari in corrispondenza dei sottostanti archi; segue la parte centrale, caratterizzata da quello che, un tempo, molto probabilmente, doveva essere l’accesso principale al complesso, se non l’unico, immediatamente seguito dal campanile e dal prospetto della Chiesa di S. Francesco.

La situazione comincia ad essere già più complessa per quel che riguarda l’individuazione dei meccanismi di collasso. Proviamo a semplificare e chiarire.

Questo fronte del complesso è stato suddiviso in quattro porzioni (Parete C, porzione C.I, C.II, C.III, C.IV). La prima, considera il blocco costituito dalla struttura originaria con i due livelli della sopraelevazione posti in posizione arretrata; la seconda, invece, comprende il tratto in corrispondenza del portone d’ingresso al complesso da via F. D’Aragona; la terza corrisponde al campanile e la quarta al prospetto della chiesa.

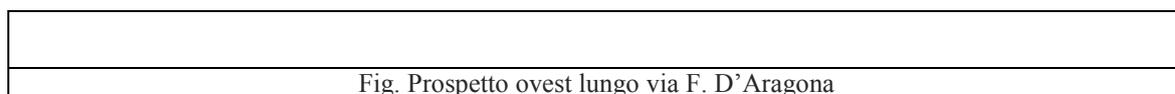


Fig. Prospetto ovest lungo via F. D’Aragona

Di queste quattro porzioni, consideriamo le prime due. Il primo tratto del prospetto su via F. D’Aragona, procedendo da nord verso sud, presenta in sostanza i medesimi meccanismi locali di collasso del corrispondente tratto ortogonale su via G. Auriemma, ovvero:

- Ribaltamento semplice della parete del secondo e terzo piano della sopraelevazione.
- Flessione verticale di parete, cinematismo a due piani (PII-PIII)

Poi, per quanto riguarda il secondo tratto, in corrispondenza del portone d’ingresso, i meccanismi attivabili sono:

- Ribaltamento semplice della parete, di tutta la verticale;
- Flessione verticale di parete, cinematismo a tre piani (PI-PII-PIII)
- Flessione verticale di parete, cinematismo a due piani (PII-PIII)

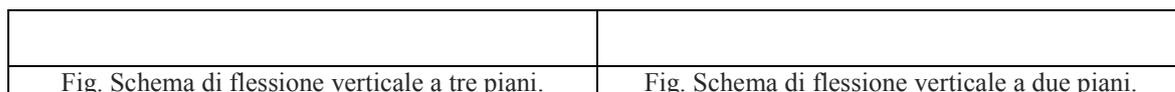


Fig. Schema di flessione verticale a tre piani.

Fig. Schema di flessione verticale a due piani.

⁷⁵⁵ Vedi 4.2 del presente lavoro: Il rilievo geometrico: caratterizzazione funzionale dell’aggregato e dei suoi spazi, p.

Per quanto riguarda poi i prospetti della corte interna, cominciamo con il considerare il prospetto interno del corpo nord lungo via G. Auriemma (parete E).



Fig. 237 - Particolare del prospetto della corte interna del corpo nord su via G. Auriemma.

Questo prospetto, di notevole lunghezza è stato suddiviso in due porzioni (E.I e E.II) per la presenza di un muro di spina a tutti i livelli. Per entrambe le porzioni i meccanismi che si ritiene possano attivarsi sono:

- ribaltamento semplice della parete del terzo piano della facciata. La presenza del barbacane e della parete ortogonale vincolano geometricamente i primi due livelli della facciata; solo l'ultimo livello sarebbe libero di ruotare intorno ad una cerniera orizzontale in corrispondenza del solaio di calpestio del terzo piano.
- Flessione verticale di parete, cinematico a due piani (PII-PIII)

Le flessioni verticali si ritiene che possano attivarsi per le medesime ragioni già espresse per le altre pareti e porzioni di parete.

Anche la parete ovest della corte interna (parete F) si considera composta da due porzioni per la presenza del muro di spina in corrispondenza del vano scala e perché i pianerottoli in corrispondenza di questo non scaricano sulla parete in esame, bensì sulle pareti ortogonali.



Fig. 238 - Particolare del prospetto della corte interna del corpo nord su via G. Auriemma.

Si possono verificare i seguenti cinematismi:

- Ribaltamento semplice della parete, tutta la verticale;
- Flessione verticale di parete, cinematismo a tre piani (PT-PI-PII)
- Flessione verticale di parete, cinematismo a tre piani (PI-PII-PIII)

Il cinematismo ipotizza la formazione della cerniera orizzontale al primo piano. Questa facciata è stata realizzata in tempi diversi: i documenti catastali mostrano fino agli anni '40 la presenza di una terrazza al piano primo, poi successivamente la chiusura di questa e la formazione di una nuova stanza nel corso della realizzazione della sopraelevazione del secondo e terzo livello. È per tali motivi che si considera solo una porzione del prospetto come corpo rigido per lo studio del cinematismo.

Anche la parete sud della corte interna (parete G) si considera suddivisa in due porzioni (G.I e G.II). La prima corrisponde ad un nucleo di formazione della costruzione precedente rispetto alla seconda, frutto di un ampliamento successivo.



I cinematismi individuati sono:

- ribaltamento semplice di parete

Nel corso del 2013 sono stati realizzati alcuni interventi strutturali che hanno previsto la realizzazione di catene lungo le mura perimetrali del secondo e terzo piano; l'analisi di questo cinematismo mira a verificare l'efficacia degli interventi realizzati.

- flessione verticale di parete, cinematismo a tre piani (PI-PII-PIII)

Il lato sud del complesso, prospiciente su vico Cuonzolo, è stato oggetto di interventi di consolidamento nel 2013 che hanno previsto l'inserimento di profilati metallici con funzione di concatenamento in corrispondenza delle mura perimetrali del secondo e terzo livello; poi, al solaio di calpestio del terzo livello è stata realizzata una soletta in cls ben ammorsata nella muratura perimetrale e collegata al solaio sottostante tramite profilati tecnaria aggrappati sui travetti del solaio preesistente⁷⁵⁶.

Infine, dobbiamo considerare il prospetto lungo vico Cuonzolo (parete I), a sud, e la parete del lato corto di questo blocco (parete H). Per quanto riguarda la parete su vico Cuonzolo, questa comprende tanto la parete longitudinale della Chiesa di San Francesco che la parete

⁷⁵⁶ Vedi 4.2 Il percorso della conoscenza: tra livelli di conoscenza, fattori di confidenza e percezione di valori; in particolare *Analisi storica degli eventi e degli interventi subiti*, pp.

dell'ampliamento successivo. Si considerano al fine della valutazione dei meccanismi attivabili tre porzioni; la prima che corrisponde all'ampliamento del XX secolo, la seconda che riguarda un primo tratto della parete della chiesa, composta da tutti gli orizzontamenti e, infine, la parete della chiesa che è oggetto di successive considerazioni. Per le due porzioni descritte i meccanismi attivabili sono:

- ribaltamento semplice di parete;
- flessione verticale di parete, cinematiso a tre piani.

Anche in questo caso, si verifica l'efficacia degli interventi di rafforzamento svolti nel corso dei lavori del 2013.

Infine, per quanto riguarda la parete sul lato corto, questa presenta il primo livello contro terra e, dunque, i meccanismi attivabili sono:

- ribaltamento semplice di parete
- Flessione verticale a tre piani.

Per il calcolo dei meccanismi esposti è stato impiegato il foglio CINE⁷⁵⁷, messo a disposizione dalla Rete dei Laboratori Universitari di Ingegneria Sismica (ReLUIS)⁷⁵⁸. Ciascun foglio di calcolo, riferito ad ogni tipo di meccanismo individuabile, si compone di due parti principali: la prima riguarda la geometria del pannello murario considerato e la caratterizzazione geometrica dei macroelementi che gravano su questo; la seconda, invece, riguarda le azioni agenti sul pannello considerato. Il foglio, in output, restituisce il momento delle azioni stabilizzanti e ribaltanti e, di conseguenza, il moltiplicatore di collasso, nonché, con l'inserimento delle caratteristiche sismiche dell'area di riferimento, l'accelerazione di picco al suolo (pga) che attiva il meccanismo.

⁷⁵⁷ www.reluis.it/doc/emergenza_terremoto_abruzzo/CINE_1.0.4.xls

⁷⁵⁸ ReLUIS, costituito con atto convenzionale sottoscritto il 17 aprile 2003, è un consorzio interuniversitario che ha lo scopo di coordinare l'attività dei Laboratori Universitari di Ingegneria Sismica, fornendo supporti scientifici, organizzativi, tecnici e finanziari alle Università consorziate e promuovendo la loro partecipazione alle attività scientifiche e di indirizzo tecnologico nel campo dell'Ingegneria Sismica, in accordo con i programmi di ricerca nazionali ed internazionali in questo settore. Il Consorzio si propone come interlocutore scientifico dei vari Organi del Governo Nazionale, delle Regioni, Province, Comuni e di Istituti pubblici e privati al fine di conseguire concreti obiettivi in ordine alla valutazione e alla riduzione della vulnerabilità e del rischio sismico. Il Consorzio ha sede in Napoli, presso il Dipartimento di Ingegneria Strutturale dell'Università Federico II, e non ha fini di lucro. Fanno parte del Consorzio e ne sono fondatori: Università degli Studi della Basilicata (Dip. Strutture, Geotecnica, Geologia Applicata all'Ingegneria); Università degli Studi di Napoli Federico II (Dip. Ingegneria Strutturale); Università degli Studi di Pavia (Dip. Meccanica Strutturale). Successivamente ha aderito anche: Successivamente ha aderito: Università di Trento (Dip. di Meccanica Strutturale). Ad oggi, molte altre Università e Studi di ricerca partecipano alle attività di ricerca e supporto al Dipartimento di Protezione Civile.

Capitolo IV - Una esemplificazione: la verifica della sicurezza strutturale di un aggregato nel centro storico di Somma Vesuviana (Na)

In allegato, alla pagina seguente, si riporta un prospetto riepilogativo delle verifiche condotte sulla base dei meccanismi individuati e prima descritti.

VERIFICA DEI MECCANISMI LOCALI DI COLLASSO																												
n.	Descrizione Parete	Parete	Porzione	Meccanismo di collasso	α0	a*0	a _g (SLV)	a _g (PVR)	[ag (P _{VM}) S]/q	a*0/ a*1	a*0 > a*1	Z	H	T1	Se (T1)	Ψ(Z)	γ	[S _e (T1) Ψ(Z) γ]/q	a*0/ a*2	a*0 > a*2								
						Capacità C	[m/sec ²]	[m/sec ²]	[m/sec ²]	a*1 Domanda D	C/D = Coef. Sicurezza								%	Z + h		C1 x H ^{3/4}	ag S η F ₀	Z/H	3N/(2N+1)	a*2 Domanda D	C/D = Coef. Sicurezza	%
						[m/sec ²]																						
1	Prospetto Nord su via G. Auriemma II tratto (da incrocio via F.D'Aragona-via G. Auriemma alla torre)	A	I	1	Ribaltamento semplice di parete (PII e PIII)	0,085	1,349	0,169	0,173	1,232		7,81	15,31	0,39	5,515	0,510	1,333	1,876	0,719	NV	28,07%							
2				Flessione verticale di parete (PII-PIII) - cinematiso a 2 piani	0,126	0,998	0,168	0,173	1,232		7,93	15,31	0,39	4,019	0,518	1,333	1,388	0,719	NV	28,09%								
3			II	1	Ribaltamento semplice di parete (PII e PIII)	0,055	0,684	0,115	0,173	1,232		7,81	15,53	0,39	2,83	0,503	1,333	0,950	0,720	NV	27,99%							
4				2	Flessione verticale PII-PIII (Cinematiso a 2 piani)	0,341	3,012	0,507	0,173	1,232		4,23	15,53	0,39	23,02	0,272	1,333	4,180	0,721	NV	27,93%							
5	Prospetto Nord su via G. Auriemma II tratto (dalla torre al barbacane in direzione di via Giudecca)	B	Unica	1	Ribaltamento semplice di parete PIII	0,080	0,704	0,118	0,173	1,232		11,73	15,96	0,40	1,99	0,735	1,333	0,973	0,723	NV	27,65%							
6				2	Flessione verticale (PII-PIII)	0,249	2,042	0,344	0,173	1,232		4,29	15,96	0,40	15,57	0,269	1,333	2,791	0,732	NV	26,83%							
7	Prospetto Ovest su via F. D'Aragona	C	I	1	Ribaltamento semplice di parete (PII e PIII)	0,077	0,686	0,115	0,173	1,232		12,10	15,31	0,39	1,810	0,790	1,333	0,954	0,719	NV	28,07%							
8				2	Flessione verticale (PII-PIII)	0,196	1,667	0,281	0,173	1,232		4,30	15,31	0,39	12,382	0,281	1,333	2,318	0,719	NV	28,10%							
9				3	Flessione verticale (PII-PIII)	0,057	0,581	0,098	0,173	1,232	0,47	NV	52,86%	7,90	16,64	0,41	7,438	0,475	1,333	2,354	0,833	NV	16,66%					
10			II	1	Ribaltamento semplice di parete (tutta la verticale)	0,219	1,962	0,330	0,173	1,232		4,30	16,64	0,41	13,095	0,258	1,333	2,256	0,833	NV	16,66%							
11				2	Flessione verticale tra PI-PII-PIII (Cinematiso a 3 piani)	0,224	1,880	0,317	0,173	1,232		7,44	15,53	0,39	2,210	0,479	1,333	0,706	0,758	NV	24,20%							
12				3	Flessione verticale tra PII-PIII (Cinematiso a 2 piani)	0,201	1,639	0,276	0,173	1,232		4,29	15,53	0,39	10,677	0,276	1,333	1,966	0,834	NV	16,64%							
13	Prospetto Nord su via G. Auriemma - corte interna	E	I	1	Ribaltamento semplice di parete (PIII)	0,055	0,535	0,090	0,173	1,232		7,44	15,53	0,39	2,210	0,479	1,333	0,706	0,758	NV	24,20%							
14				2	Flessione verticale tra PII-PIII (Cinematiso a 2 piani)	0,201	1,639	0,276	0,173	1,232		4,29	15,53	0,39	10,677	0,276	1,333	1,966	0,834	NV	16,64%							
15	Prospetto Ovest su via F. D'Aragona - corte interna	F	II	1	Ribaltamento semplice di parete	0,051	0,504	0,085	0,173	1,232		7,44	15,96	0,40	1,945	0,466	1,333	0,604	0,834	NV	16,62%							
16				2	Flessione verticale tra PII-PIII (Cinematiso a 2 piani)	0,203	1,644	0,277	0,173	1,232		4,29	15,96	0,40	11,008	0,269	1,333	1,973	0,833	NV	16,66%							
17			I	1	Ribaltamento semplice di parete	0,034	0,333	0,056	0,173	1,232	0,27	NV	72,98%	7,89	15,06	0,38	6,073	0,524	1,333	2,121	0,834	NV	16,65%					
18				2	Flessione verticale PI,PII,PIII (Cinematiso a 3 piani)	0,192	1,768	0,298	0,173	1,232		7,89	17,83	0,43	4,363	0,443	1,333	1,287	0,962	NV	3,82%							
19	Prospetto Sud su vico Cuonzolo - corte interna	G	I	1	Ribaltamento semplice di parete	0,066	0,651	0,110	0,173	1,232	0,53	NV	47,18%															
20				2	Flessione verticale tra PI-PII-PIII (Cinematiso a 3 piani)	0,163	1,238	0,208	0,173	1,232		7,89	17,83	0,43	4,363	0,443	1,333	1,287	0,962	NV	3,82%							
21			II	1	Ribaltamento semplice di parete	0,041	0,423	0,071	0,173	1,232	0,34	NV	65,68%															
22				2	Flessione verticale tra PI-PII-PIII (Cinematiso a 3 piani)	0,214	1,766	0,297	0,173	1,232		7,89	15,45	0,39	6,226	0,511	1,333	2,120	0,833	NV	16,68%							
23	Prospetto Est Blocco Sud	H	Unica	1	Ribaltamento semplice di parete PI-PII e PIII	0,062	0,626	0,105	0,173	1,232	0,51	NV	49,21%															
24				2	Flessione verticale PI- PII-PIII	0,209	1,812	0,305	0,173	1,232	1,47	V	47,02%															
25	Prospetto Sud su vico Cuonzolo	I	I	1	Ribaltamento semplice di parete	0,176	1,810	0,305	0,173	1,232	1,47	V	46,86%															
26				2	Flessione verticale tra PI-PII-PIII	0,399	2,614	0,440	0,173	1,232	2,12	V	112,10%															

Tab. 2 - Individuazione dei meccanismi locali attivabili per ciascuna parete o porzione di parete e risultati quantitativi delle verifiche svolte

Per quanto riguarda la Chiesa di San Francesco all'interno del complesso appare opportuno fare qualche considerazione.

L'osservazione dei danni dovuti ad eventi sismici in Italia negli ultimi anni ha evidenziato che le chiese manifestano fenomenologie di degrado strutturale abbastanza ricorrenti e inquadrabili in meccanismi di collasso fondamentali. In particolare, le chiese ad aula unica con o senza abside, sono riconducibili a tipologie strutturali che, sotto sisma, tendono a presentare una risposta per comportamenti localizzati "in una parte costruttivamente riconoscibile e compiuta del manufatto", sostanzialmente autonoma dal punto di vista strutturale. In questa logica, la metodologia per macroelementi sintetizza i diversi modi di danno causati dal sisma in meccanismi descritti da un abaco che esemplifica i principali cinematismi osservati e che supporta il rilevatore della scheda tramite una guida finalizzata a una comprensione e a un'interpretazione il più possibile corrette dei fenomeni di degrado strutturale avvenuto⁷⁵⁹.

L'impianto dell'edificio è costituito da un'unica aula a prevalente sviluppo longitudinale, priva di abside; presso l'ingresso, sulla sinistra, c'è una cappella a pianta rettangolare, che però si suppone non fosse originariamente un'ambiente della chiesa. L'accesso alla chiesa, a causa del dislivello del terreno, è costituito da una scala a doppia rampa in muratura di tufo con gradini in pietra.

La geometria dell'impianto architettonico della Chiesa è molto chiara. La maglia strutturale si compone di quattro mura longitudinali e cinque trasversali che si intersecano in una maglia precisa. Gli ambienti centrali sono coperti da volte a botte con al centro la cupola; gli spazi laterali, rettangolari sono invece coperti da volte a crociera.

La facciata è delimitata da paraste bianche sulle quali si imposta il timpano di coronamento che segue l'inclinata della doppia falda. Sul lato sinistro è disposto il campanile, inglobato anch'esso nel complesso per circa 15 m dal piano stradale, per poi svettare per un'altra decina di metri.

La comprensione architettonica degli edifici storici ricopre un ruolo fondamentale nella vulnerabilità degli organismi in zona sismica: le proporzioni geometriche degli ambienti e

⁷⁵⁹ Vedi 5.4.3 – *Modelli di valutazione per tipologie – Chiese, luoghi di culto ed altre strutture con grandi aule, senza orizzontamenti intermedi*, DPCM 09 febbraio 2011 *Linee guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale tutelato, con riferimento alle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008*, pubblicata sulla G.U. n 47 del 26 febbraio 2011, suppl. ord. n.54.

delle relative strutture condizionano notevolmente il comportamento strutturale, generando reazioni molto diverse, ad esempio in presenza di grandi sale prove di pareti interne di spina o con murature snelle e volte e, in generale, con elementi spingenti o, ancora, in mancanza di orizzontamenti intermedi delle fabbriche. In tale logica è evidente che, dati il numero e la diversità dei fattori da considerare per l'analisi del comportamento sismico, più articolata risulta la tipologia architettonica, più complessa diventa l'analisi della vulnerabilità sismica⁷⁶⁰. Dal punto di vista del comportamento sismico si può pensare ad una struttura riconducibile ad una scatola aperta in sommità, nella quale si riconoscono elementi longitudinali ed elementi trasversali. I primi sono costituiti dalle pareti laterali con le loro aperture ed eventualmente aggiunte di carattere antisismico come i contrafforti; i secondi sono costituiti dalla facciata, con le sue aperture e dal fronte posteriore. Nelle chiese il comportamento d'insieme di tipo scatolare raramente si manifesta. Nel caso specifico della chiesa di San Francesco, essendo inserita nel complesso conventuale, alcune forme di vulnerabilità tipicamente riconosciute per questa tipologia architettonica non sono riconoscibili; è questo il caso ad esempio dei meccanismi che possono riguardare la zona absidale: l'accrescimento della parte sud del corpo lungo via Cuonzolo ha determinato una 'miglioria' da questo punto di vista. Dall'analisi dell'organismo strutturale della Chiesa di San Francesco per macroelementi si evince che i possibili meccanismi sono riconducibili a:

- Meccanismi nella sommità della facciata, con ribaltamento del timpano;
- Risposta trasversale dell'aula, solo per il lato lungo vico Cuonzolo;
- Meccanismi di taglio nelle pareti laterali, risposta longitudinale

Infine, un approfondimento specifico richiederebbe la cupola con il tamburo, la lanterna e la torre campanaria che, data l'aderenza alla facciata, potrebbe subire un'azione di martellamento in corrispondenza di questa.

Per quanto riguarda il ribaltamento del timpano e, più in generale, i meccanismi di ribaltamento della facciata, dall'analisi storica degli eventi e degli interventi subiti è emerso che, in seguito al sisma del 1980, il frontone risultava staccato e i piloni in corrispondenza della cupola, così come questa, erano caratterizzati da un diffuso quadro fessurativo verticale, per cui si provvide con iniezioni di cemento a pressione al ripristino della corretta configurazione statica⁷⁶¹. È difficile stabilire, innanzitutto, se questi interventi furono

⁷⁶⁰ A. DONATELLI, pp.70-72.

⁷⁶¹ Vedi 4.2 – *Il percorso della conoscenza*. In particolare si rimanda *all'Analisi storica degli eventi e degli interventi subiti*, pp. Del presente lavoro.

eseguiti correttamente e, poi, se effettivamente hanno comportato il consolidamento della struttura⁷⁶². La notizia, riportata nelle fonti d'archivio, non è stato possibile verificarla. L'unico dato emerso è quello del tamburo in muratura di tufo, a differenza della cupola in pietra lavica vesuviana, e dell'azione di concatenamento con fasce metalliche sia del tamburo che della cupola per spicchi. Non è chiaro se questi interventi furono effettuati in quell'occasione, poiché non vengono menzionati nella relazione.



Per quanto riguarda i meccanismi di taglio nella risposta longitudinale dell'aula, utili indicazioni qualitative derivano dalla successiva modellazione globale del complesso con il software tre muri, per cui è possibile leggere in corrispondenza di questa parete un probabile stato di danno con riferimento al sisma atteso nell'area⁷⁶³.

Infine, per quanto riguarda la risposta trasversale dell'aula, l'unico lato di nostro interesse è quello lungo vico Cuonzolo, poiché l'altro, nel corso del processo di accrescimento del complesso, è stato inglobato nella struttura riducendo sicuramente la vulnerabilità della Chiesa nei confronti di questo meccanismo. È questa una considerazione che trova conferma anche nel fatto che l'indice di sicurezza del modello globale in relazione all'evoluzione storico costruttiva dell'aggregato, agli stati limite ultimi in direzione y, aumenta dalla fase 1 alla fase 5 individuate⁷⁶⁴.

⁷⁶² Il prof. Aldo Aveta è testimone diretto dell'enorme truffa che in occasione del sisma del 1980 fu condotta sui monumenti e, in generale, sull'architettura in muratura da parte dei tecnici impegnati nelle operazioni di consolidamento, basate tutte sulla pratica delle iniezioni di cemento, considerate la panacea di tutti i mali.

⁷⁶³ Vedi *I risultati del modello globale*, in particolare pp. Del presente paragrafo.

⁷⁶⁴ Vedi *I risultati del modello globale*, in particolare pp. Del presente paragrafo

Dalla realtà al modello globale: semplificazioni inevitabili

La valutazione della capacità sismica dell'edificio è stata effettuata adottando una modellazione a telaio così come consentito dalle norme, rappresentativo di questo allo stato attuale. Le analisi sono state effettuate con il software 3Muri Professional S.T.A.

La modellazione per lo studio del comportamento sismico di un aggregato, ma anche più semplicemente di un edificio, presenta non poche difficoltà, legate sia all'incertezza dei parametri in gioco dato l'assoluto carattere "relativo" del livello di conoscenza che si può raggiungere, sia per le caratteristiche e i limiti degli attuali strumenti a disposizione.

L'aggregato è un organismo complesso sia per la configurazione geometrica, in pianta e in elevazione, che per la stratificazione di diverse regole e tecniche costruttive che si sono succedute nel tempo, rendendo la schematizzazione con modelli sviluppati per analizzare il comportamento di strutture moderne non facile.

Il lotto in cui sorge il complesso dei Padri Trinitari in Somma Vesuviana si presenta in pendenza: procedendo da Nord verso Sud, ovvero in direzione del Monte Somma, si passa dai 180 ai 185 m slm circa. Inoltre, anche gli spazi esterni delle corti del complesso sono posti a quote differenti, la corte interna è a 185 m slm e il giardino a quota 188,60 m slm.

Queste differenze di quota del contesto territoriale, unite ai successivi rimaneggiamenti della struttura, si riflettono all'interno del complesso con aree collocate a quote d'imposta differenti tra loro: l'ingresso posto su via F. D'Aragona è a (- 1,33) m rispetto l'androne voltato, il quale a sua volta è a circa (- 0,56) m rispetto la corte interna; quest'ultima differenza è dovuta alle modifiche subite dal complesso nel corso del tempo, che hanno portato ad un innalzamento del calpestio della corte interna di accesso da via G. Auriemma (considerato nostro zero di riferimento per il calcolo delle quote interne); la Chiesa è a quota (+ 1,355) m sempre rispetto sempre la corte interna e tutti i piccoli ambienti voltati che si snodano intorno ad essa sono a quote sfalsate rispetto al resto del complesso; ancora, il corpo nord presenta il piano terra a (+2,43) m rispetto al livello stradale e a (- 0,51) m rispetto alla corte interna; il piano primo, invece, per il rifacimento dei solai al piano terra (che un tempo dovevano essere voltati come al piano primo) è a (- 0,64) m rispetto al primo livello posto a quota (+3,695) m; infine, anche in copertura i solai impostano a quote differenti che rispecchiano le diverse fasi costruttive degli ampliamenti: la parte terminale del nord su via G. Auriemma – dalla torre in direzione di via Giudecca – è posizionata a quota (+15,96) m; la parte ad angolo con via F. D'Aragona passa da (+15,51) m a (+15,31); ancora, il corpo scala presenta il solaio di copertura collocato a quota (+17,83) m, invece, il solaio di

copertura del corridoio di servizio degli ambienti sul fronte ovest è, a sua volta, a quota (+16,40) m e lo spazio corrispondente alla sala centrale che affaccia sulla corte interna, sempre del blocco ovest, è a quota (+15,06). Infine, anche il blocco sud, in corrispondenza della Chiesa di San Francesco presenta quote differenti di calpestio: il corpo della Chiesa è posizionato a quota (+14,35) m, mentre la parte comprendente le stanze dei Padri Trinitari, ottenuta per successivi ampliamenti, è a quota (+15,45) m. (Vedi ALL.5 – Rilievo Metrico: pianta delle coperture, 1:200)

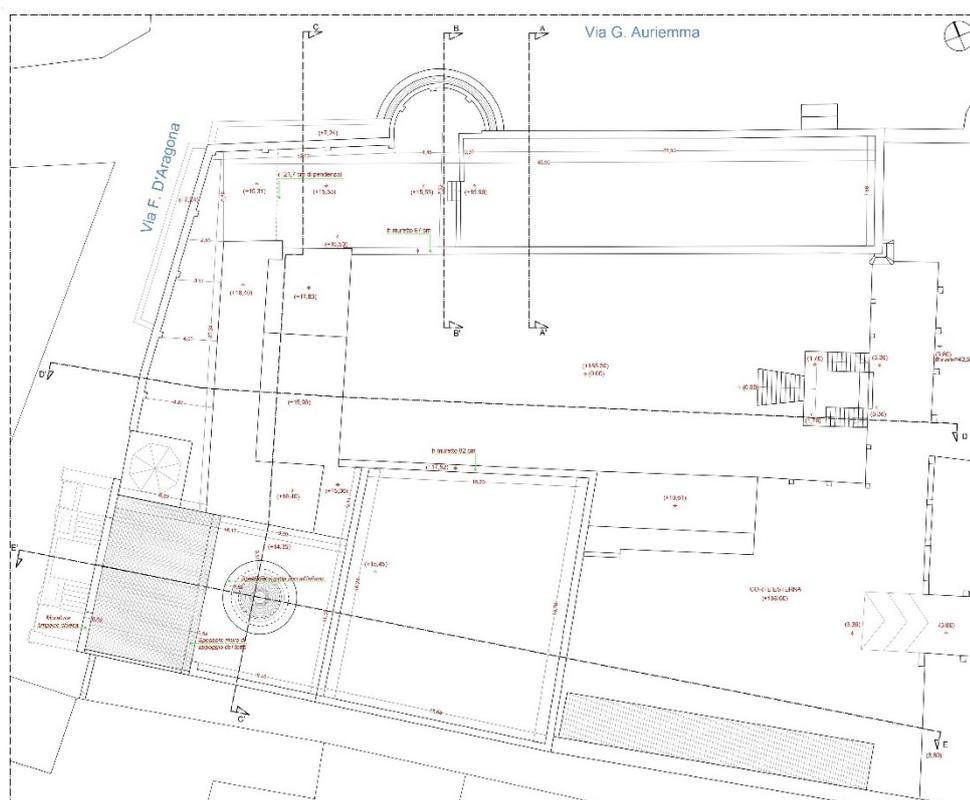
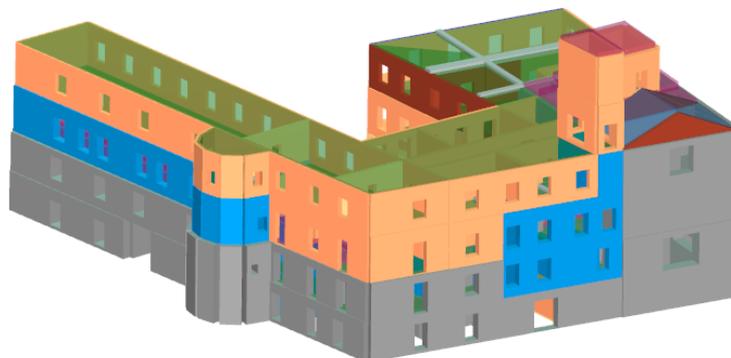


Fig. 239 - Pianta delle coperture, fuoriscalda.

Le semplificazioni che l'adozione del modello di calcolo del software 3Muri impone sono innanzitutto riferite alla possibilità di impostare le differenti quote di ciascuna parte del complesso: non è possibile, infatti, inserire piani inclinati o quote sfalsate. È un limite importante di cui tener conto se pensiamo che, date le trasformazioni continue dell'architettura nel corso del tempo, è abbastanza comune riscontrare solai impostati a quote differenti nella stessa struttura, soprattutto in seguito alla sostituzione di orizzontamenti voltati con orizzontamenti piani. Pertanto, il complesso dei Padri Trinitari è stato modellato considerando come quota zero quella del cortile interno alla quale ricondurre il primo calpestio e, da questa, tenuto conto delle altezze interpiano, sono stati posizionati i diversi impalcati; si è cercato di ragionare di volta in volta per ridurre al minimo possibile le differenze geometriche tra realtà e modello.

Ancora, per quanto riguarda invece l'assegnazione delle caratteristiche meccaniche dei materiali, non è stato possibile tenere conto di tutte le differenze riscontrate nel corso delle operazioni di rilievo dei materiali e delle tecniche costruttive e, dunque, delle effettive "stratificazioni" che caratterizzano la struttura. Consideriamo la parete al primo livello del corpo nord che affaccia sulla corte interna. Lo spazio interno è caratterizzato da una serie di ambienti voltati su archi che scaricano, da un lato, sul muro longitudinale interno, dall'altro, su elementi pilastro incastrati nella muratura perimetrale (vedi ALL. 11 - Rilievo dei materiali e delle tecniche costruttive: pianta piano primo, 1:200). Da un'operazione di spicconatura dell'intonaco è emerso che l'elemento pilastro è costituito da una muratura di mattoni – frutto probabilmente di un intervento di consolidamento, a differenza della 'tamponatura' degli archi tra un elemento pilastro e l'altro, composta, invece, da una muratura in pietra lavica vesuviana appena sbazzata. Questo significa che, nella realtà, per l'azione sismica nel piano della parete, la resistenza offerta è sicuramente quella della muratura in pietra lavica, con la probabile collaborazione della muratura di mattoni, se questa fosse ben ammassata; invece, in direzione ortogonale, l'elemento resistente è la muratura di mattoni che sostiene l'arco. Nel modello non è stato possibile evidenziare questa differenza e, dunque, sia in una direzione che nell'altra, la resistenza offerta all'azione sismica è quella della muratura in pietra lavica; anche sotto il profilo dimensionale, non è stato possibile indicare l'effettiva sezione tra una parte e l'altra della parete in corrispondenza del pilastro, poiché questo avrebbe determinato l'introduzione di un numero elevato di sconessioni nel modello della parete con le conseguenti difficoltà di convergenza dei risultati del software. Si riportano di seguito le viste tridimensionali del modello geometrico elaborato con il software 3Muri



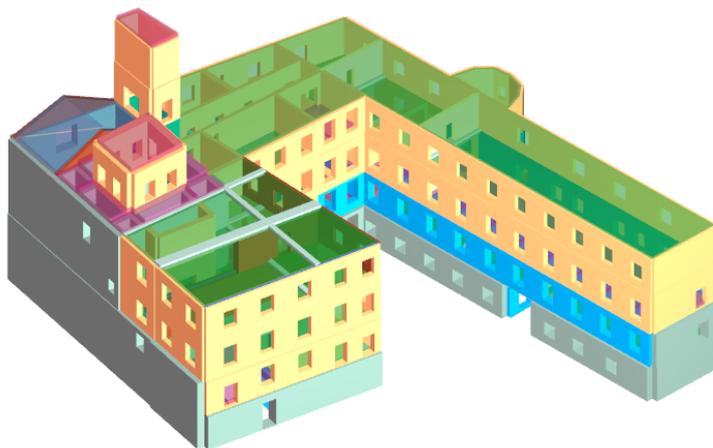


Fig. 240 - Modello geometrico globale elaborato con il software 3Muri del complesso dei Padri Trinitari e dell'annessa chiesa di S. Francesco.

In sostanza, la modellazione dell'edificio è realizzata mediante l'inserimento di pareti che vengono discretizzate in macroelementi, rappresentativi di maschi murari e fasce di piano deformabili; i nodi rigidi sono indicati nelle porzioni di muratura che tipicamente sono meno soggette al danneggiamento sismico. I maschi e le fasce sono contigui alle aperture, i nodi rigidi rappresentano elementi di collegamento tra maschi e fasce. La concezione matematica che si nasconde nell'impiego di tale elemento, permette di riconoscere il meccanismo di danno, a taglio nella sua parte centrale o a pressoflessione sui bordi dell'elemento, in modo da percepire la dinamica del danneggiamento così come si presenta effettivamente nella realtà. I nodi del modello sono nodi tridimensionali a 5 gradi di libertà (le tre componenti di spostamento nel sistema di riferimento globale e le rotazioni intorno agli assi X e Y) o nodi bidimensionali a 3 gradi di libertà (due traslazioni e la rotazione nel piano della parete). Quelli tridimensionali vengono usati per permettere il trasferimento delle azioni, da un primo muro a un secondo disposto trasversalmente rispetto al primo. I nodi di tipo bidimensionale hanno gradi di libertà nel solo piano della parete permettendo il trasferimento degli stati di sollecitazione tra i vari punti della parete. Gli orizzontamenti, sono modellati con elementi solaio a tre nodi, connessi ai nodi tridimensionali, sono caricabili perpendicolarmente al loro piano dai carichi accidentali e permanenti; le azioni sismiche caricano il solaio lungo la direzione del piano medio. Per questo l'elemento finito solaio viene definito con una rigidità assiale, ma nessuna rigidità flessionale, in quanto il comportamento meccanico principale che si intende sondare è quello sotto carico orizzontale dovuto al sisma.

I risultati del modello globale

Della procedura applicata si predilige una lettura qualitativa del comportamento globale sotto sisma che è possibile evincere dai risultati numerici ottenuti. Ci si è posti l'obiettivo di valutare il livello di sicurezza della fabbrica con uno strumento di natura strettamente strutturale che si cerca, però, di fare interagire con i risultati conseguiti nel corso del percorso della conoscenza. È possibile in questo modo, alla luce della valutazione svolta, dare indicazioni precise su quali siano le zone maggiormente vulnerabili, per le quali provvedere con interventi puntuali di rafforzamento locale, anche in un'ottica di programmazione degli interventi stessi.

Si riportano di seguito i risultati delle verifiche statiche e dell'analisi incrementale a collasso (push over).

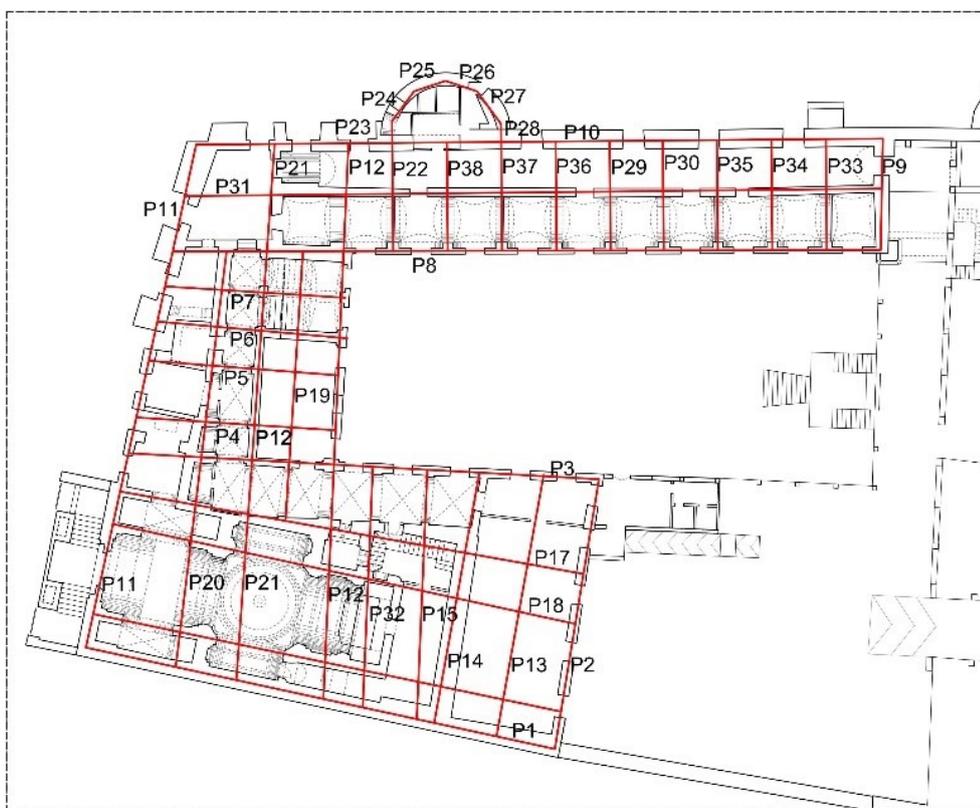


Fig. 241- Schema dei telai con la corrispondente numerazione risultante dalla definizione del modello geometrico nel software 3Muri.

Analisi statica

La situazione in condizioni statiche è piuttosto preoccupante; si riporta di seguito la tabella sintetica dei risultati per un ragionamento critico nei confronti di quanto emerso.

Capitolo IV - Una esemplificazione: la verifica della sicurezza strutturale di un aggregato nel centro storico di Somma Vesuviana (Na)

Parete	Maschi rotti	Nd/Nr Max	h0/t Max	e1/t Max	e2/t Max
21	18	3,61	9,85	0,311	0,1
2	16	2,75	8,58	0,299	0,119
19	6	2,74	6,73	0,059	0,034
4	7	2,46	6,73	0,083	0,039
3	27	2,24	11,28	0,263	0,105
5	5	2,16	6,73	0,105	0,049
17	5	2,03	7,15	0,11	0,046
10	9	1,98	9,85	0,28	0,121
7	6	1,95	5,36	0,094	0,044
8	33	1,84	9,85	0,264	0,121
12	19	1,79	7,8	0,308	0,112
15	7	1,67	7,15	0,076	0,036
20	4	1,67	12,26	0,222	0,062
11	8	1,61	11,28	0,262	0,102
6	5	1,54	11,26	0,157	0,067
32	4	1,54	6,17	0,124	0,041
14	2	1,46	9,85	0,23	0,093
23	1	1,34	7,88	0,25	0,101
1	4	1,26	8,58	0,062	0,043
29	3	1,22	6,17	0,052	0,031
13	1	1,22	6,73	0,097	0,046
18	2	1,16	7,15	0,358	0,136
16	1	1,11	11,28	0,223	0,062
38	1	1,07	9,16	0,046	0,046
28	1	1,02	7,88	0,279	0,114
22	0	0,95	5,29	0,04	0,026
31	0	0,89	6	0,122	0,054
9	1	0,83	9,85	0,341	0,068
30	0	0,78	4,63	0,041	0,023
25	0	0,77	7,88	0,219	0,089
24	0	0,61	7,88	0,311	0,063
27	1	0,59	7,88	0,365	0,057
26	1	0,57	7,88	0,345	0,083
36	0	0,42	4,5	0,101	0,039
37	0	0,37	4,5	0,098	0,036
33	0	0,36	4,5	0,024	0,022
35	0	0,35	4,5	0,025	0,022
34	0	0,34	4,5	0,024	0,022

Tab. 3 - Tabella di sintesi dei risultati delle verifiche statiche del modello globale eseguito con il software 3Muri.

La situazione in assoluto più critica è quella della parete 21 che, oltre a ben 18 maschi rotti, presenta un valore del rapporto Nd/Nr Max, ovvero dello sforzo normale allo stato attuale sullo sforzo normale resistente, pari a 3,61.

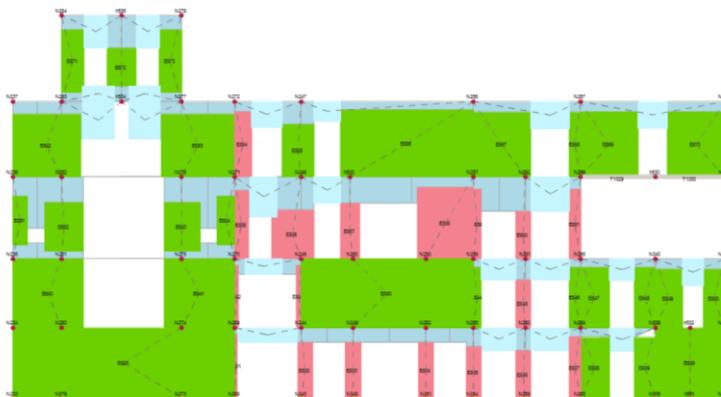


Fig. 242 - Schema di parete 21 con indicazione dei maschi non verificati in condizioni statiche.

Appare quasi scontato osservare che gli sforzi notevoli si registrano proprio sui pilastri dell'androne voltato che mostrano i segni di uno stato di sofferenza nel tentativo di espulsione delle lastre di marmo applicate su di essi come mostra la scheda dissesti n. 1. Anche le pareti 19 e 4, sempre in corrispondenza dell'androne voltato, presentano una situazione critica con un valore del rapporto N_d/N_r Max pari, rispettivamente a 2,74 e 2,46, con 6 e 7 maschi rotti corrispondenti proprio alla verticale in corrispondenza dei pilastri.

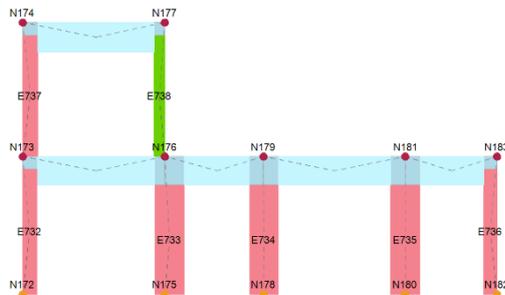


Fig. 243 - Schema di parete 19 con indicazione dei maschi non verificati in condizioni statiche.

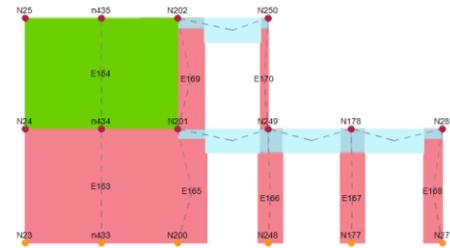


Fig. 244 - Schema di parete 4 con indicazione dei maschi non verificati in condizioni statiche.

Altre situazioni critiche riguardano le pareti 3 e 8, in particolare per l'elevato numero di maschi rotti; le murature dei primi due livelli risentono delle sopraelevazioni eseguite nel corso del XX secolo.



Fig. 245 - Schema di parete 3 con indicazione dei maschi non verificati in condizioni statiche.

Infine, un ultimo valore particolarmente critico riguarda la parete 2 del lato corto del corpo sud su vico Cuonzolo, anche questa risultato delle sopraelevazioni del XX secolo.

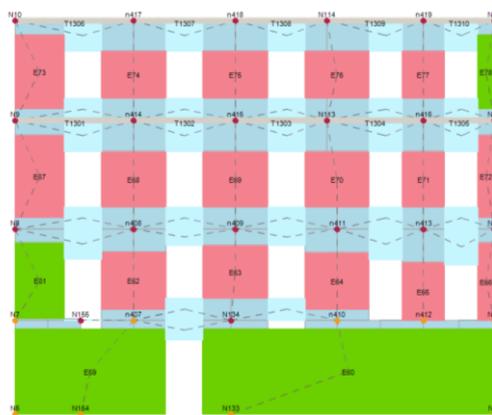


Fig. 246 - Schema di parete 2 con indicazione dei maschi non verificati in condizioni statiche.

In sostanza, ben 25 pareti su di un totale di 38 presentano valori non soddisfatti delle verifiche in condizioni statiche.

Di contro, si vuole far emergere però che le pareti in corrispondenza della chiesa, nonostante i carichi di cupola e volte, non presentano situazioni critiche come quelle appena descritte – basti osservare le porzioni di parete della chiesa nelle pareti 19 e 21 delle figure sopra riportate – ciò sta ad indicare che, geometria e distribuzione delle masse, uniche variabili di ragionamento impiegate dai costruttori nel progetto originario furono ben impostati. Osservazioni simili impongono i telai delle pareti del corpo nord, in corrispondenza della sequenza delle volte a vela del piano primo, dove, nonostante aumento dei carichi per le trasformazioni del XX secolo, sezioni resistenti non particolarmente elevate e soprattutto materiale del modello di calcolo con proprietà meccaniche ridotte rispetto alla realtà costruttiva dell'aggregato oggetto di studio⁷⁶⁵, la situazione si mostra più rassicurante.

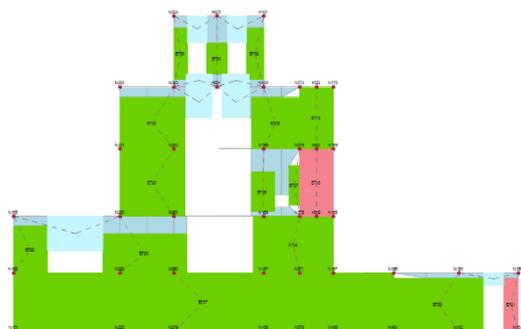


Fig. 247 - Schema di parete 18 con indicazione dei maschi non verificati in condizioni statiche.

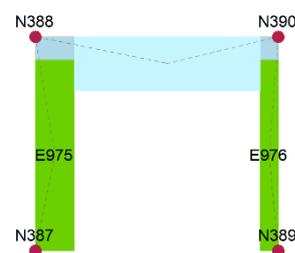


Fig. 248 - Schema di parete 36 con indicazione dei maschi non verificati in condizioni statiche.

⁷⁶⁵ Il riferimento è alle semplificazioni del modello rispetto alla realtà, per le quali non è stato possibile inserire la muratura in mattoni che caratterizza questi punti di resistenza a compressione notevolmente maggiore rispetto la muratura in pietra lavica vesuviana impiegata per ragioni operative. Vedi sopra paragrafo *Dalla realtà al modello globale: semplificazioni inevitabili*.

Analisi incrementale a collasso (push over)

L'analisi statica non lineare è ritenuta dalla Direttiva il metodo di analisi "normale". La verifica consiste nel confronto tra la curva di capacità – per le diverse condizioni previste – e la domanda di spostamento, prevista dalla normativa. La curva di capacità è individuata mediante un diagramma spostamento-taglio massimo alla base. Secondo le prescrizioni da normativa (NTC08, p. 7.3.4.1), le condizioni di carico che devono essere esaminate sono di due tipi.

- Distribuzione di forze proporzionale alle masse;
- Distribuzione di forze proporzionali al prodotto delle masse per la deformata corrispondente al primo modo di vibrare.

L'analisi, eseguita in controllo di spostamento, procede al calcolo della distribuzione di forze che genera il valore dello spostamento richiesto. L'analisi procede fino a che non si verifica il decadimento del taglio del 20% dal suo valore di picco; si calcola così il valore dello spostamento massimo alla base dell'edificio generato da quella distribuzione di forze. Questo valore di spostamento costituisce il valore di spostamento ultimo dell'edificio. Lo spostamento preso in esame per il tracciamento della curva di capacità corrisponde a quello del "nodo di controllo" dell'edificio, ovvero di un punto significativo dell'edificio per la valutazione dello spostamento. La normativa richiede il tracciamento di una curva di capacità bi-lineare di un sistema equivalente. Il tracciamento di tale curva deve avvenire con una retta che, passando per l'origine interseca la curva del sistema reale in corrispondenza del 70% del valore di picco; la seconda retta risulterà parallela all'asse degli spostamenti tale da generare l'equivalenza delle aree tra i diagrammi del sistema reale e quello equivalente. La determinazione della curva relativa al sistema equivalente, permette di determinare il periodo con cui ricavare lo spostamento massimo richiesto dal sisma, secondo gli spettri riportati sulla normativa. La normativa definisce una eccentricità accidentale del centro delle masse pari al 5% della massima dimensione dell'edificio in direzione perpendicolare al sisma. In base alla tipologia dell'edificio e alle scelte progettuali che si ritengono più idonee, si può decidere la condizione di carico sismico da prendere in esame.

Nel caso in esame, la condizione più gravosa risulta essere, in entrambe le direzioni, quella del I modo di vibrare, per le quali si riportano le rispettive curve di capacità. Il coefficiente di sicurezza da considerare è 0,547 in direzione Y e 0,591 in direzione X.

Capitolo IV - Una esemplificazione: la verifica della sicurezza strutturale di un aggregato nel centro storico di Somma Vesuviana (Na)

N.	Dir. sisma	Car. sismico prop.	SLV				SLD			SLO			α SLU	α SLD
			Dmax [cm]	Du [cm]	q*	Ver.	Dmax [cm]	Dd [cm]	Ver.	Dmax [cm]	Do [cm]	Ver.		
1	+X	Masse	2,23	2,53	1,52	Si	0,67	2,53	Si	0,51	2,53	Si	1,099	3,080
2	+X	1° modo	3,29	2,11	2,47	No	1	1,99	Si	0,76	1,99	Si	0,678	1,810
3	-X	Masse	2,67	3,54	1,57	Si	0,84	3,25	Si	0,64	2,32	Si	1,260	3,302
4	-X	1° modo	3,61	2,56	2,43	No	1,16	1,9	Si	0,88	1,9	Si	0,735	1,573
5	+Y	Masse	4,34	11,01	4,05	No	1,51	7,98	Si	1,09	5,39	Si	0,741	2,009
6	+Y	1° modo	5,2	8,91	4,63	No	1,77	1,74	No	1,29	1,74	Si	0,648	0,980
7	-Y	Masse	4,62	3,79	3,45	No	1,59	3,59	Si	1,15	3,59	Si	0,822	2,261
8	-Y	1° modo	5,81	5,86	4,22	No	1,98	4,3	Si	1,44	4,3	Si	0,710	2,087
9	+X	Masse	2,37	3,97	1,49	Si	0,73	2,65	Si	0,56	2,51	Si	1,510	3,053
10	+X	Masse	2,3	2,09	1,66	No	0,68	2,09	Si	0,51	2,09	Si	0,929	2,594
11	+X	1° modo	3,45	2,73	2,22	No	1,1	2,56	Si	0,83	2,43	Si	0,814	2,157
12	+X	1° modo	3,33	1,82	2,72	No	1,01	1,7	Si	0,76	1,7	Si	0,591	1,555
13	-X	Masse	2,76	2,52	1,67	No	0,86	2,32	Si	0,65	2,19	Si	0,930	2,420
14	-X	Masse	2,52	2,78	1,65	Si	0,77	2,78	Si	0,58	2,78	Si	1,080	3,035
15	-X	1° modo	3,84	3,14	2,33	No	1,27	2,75	Si	0,96	2,13	Si	0,830	2,068
16	-X	1° modo	3,62	2,24	2,52	No	1,15	1,74	Si	0,87	1,74	Si	0,651	1,447
17	+Y	Masse	4,48	14	5,07	No	1,54	5,91	Si	1,12	5,91	Si	0,592	1,643
18	+Y	Masse	4,24	3,88	3,37	No	1,46	1,67	Si	1,08	1,67	Si	0,890	1,139
19	+Y	1° modo	5,36	16,56	5,36	No	1,82	7,83	Si	1,32	7,83	Si	0,560	1,644
20	+Y	1° modo	5,43	2,97	3,4	No	1,85	2,7	Si	1,34	2,7	Si	0,547	1,459
21	-Y	Masse	4,35	7,44	4,12	No	1,51	6,03	Si	1,1	6,03	Si	0,728	1,975
22	-Y	Masse	4,68	2,7	3,14	No	1,6	2,54	Si	1,16	2,54	Si	0,580	1,587
23	-Y	1° modo	5,82	5,61	4,18	No	1,98	5,22	Si	1,44	5,22	Si	0,718	2,110
24	-Y	1° modo	5,81	3,78	4,05	No	1,98	2,28	Si	1,44	2,28	Si	0,651	1,153

Tab. 4 - Valori di dettaglio delle verifiche effettuate per l'aggregato.

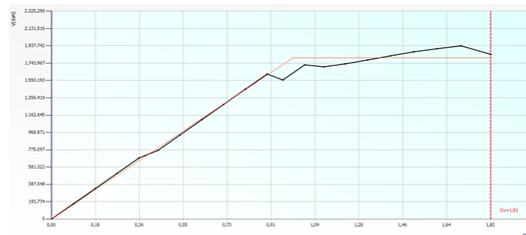
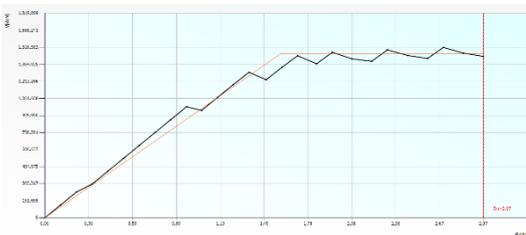


Fig. 249 - Curva di capacità minima in direzione y. Fig. 250 - Curva di capacità minima in direzione x.

In particolare, se a titolo di esempio, consideriamo le stesse pareti individuate per la valutazione dei risultati della verifica in condizioni statiche si ha che:

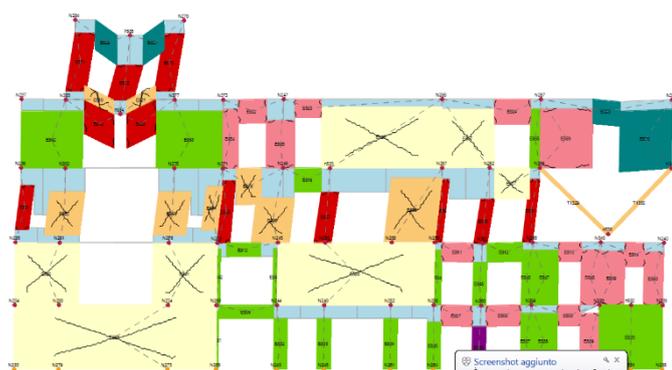


Fig. 251 - Schema di parete 21 con indicazione del quadro di dissesto atteso.



Fig. 252 - Legenda dei risultati del software.

Per la parete 21 le situazioni preoccupanti riguardano la rottura per presso flessione di alcuni elementi murari e la rottura a taglio della trave in c.a. al piano secondo.

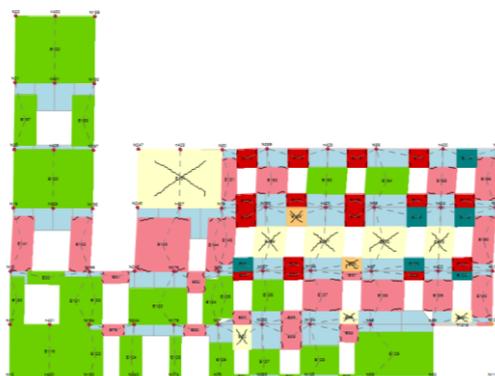


Fig. 253 - Schema di parete 3 con indicazione del quadro di dissesto atteso

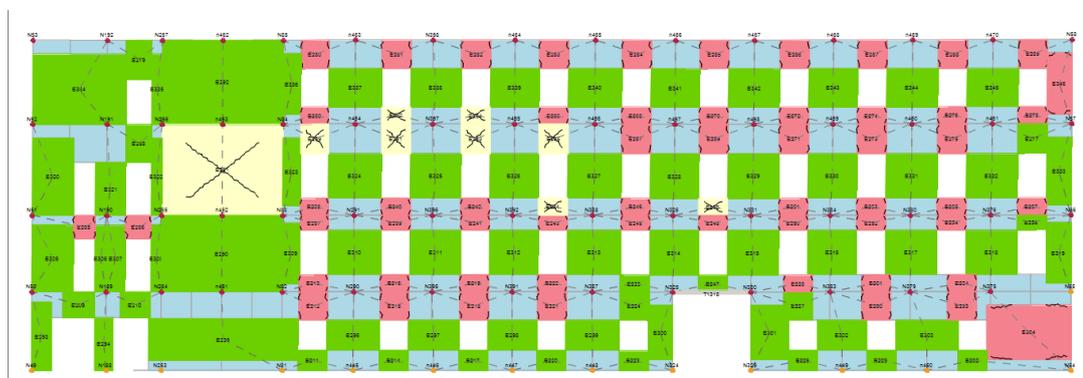


Fig. 254 - Schema di parete 8 con indicazione del quadro di dissesto atteso

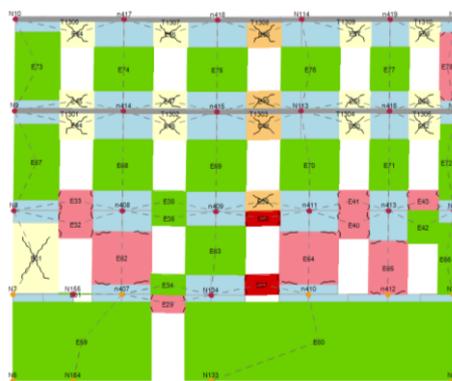


Fig. 255 - Schema di parete 2 con indicazione del quadro di dissesto atteso

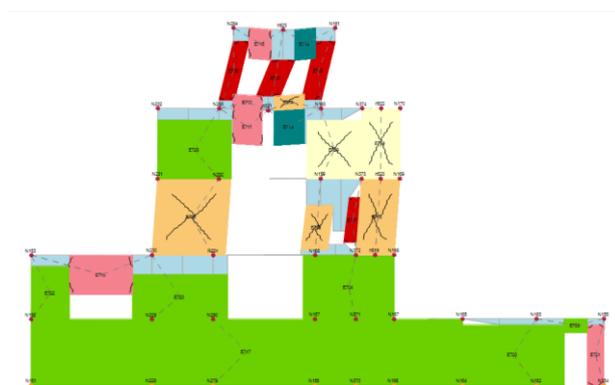


Fig. 256 - Schema di parete 18 con indicazione del quadro di dissesto atteso

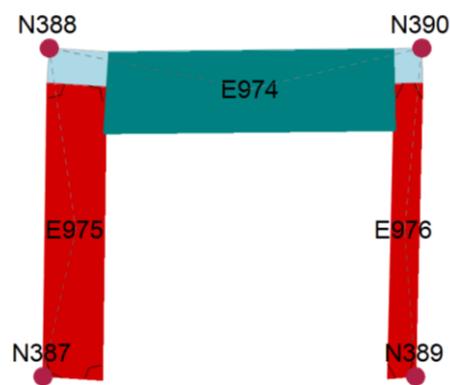


Fig. 257 - Schema di parete 36 con indicazione del quadro di dissesto atteso

Sicurezza locale e risultati del modello globale: confronto critico dei risultati per l'individuazione di opportune strategie d'intervento

Dall'analisi dei meccanismi locali di primo modo emerge che le situazioni più critiche riguardano la flessione verticale della prima porzione di parete G del prospetto interno del corpo sud lungo vico Cuonzolo con un valore del coefficiente di sicurezza pari a 0,15 – ovvero il meccanismo non è verificato per ben l'84% - e il ribaltamento del prospetto ovest della corte interna, per ciascuna porzione di parete individuata, che mostra un indice di sicurezza rispettivamente pari a 0,21 e a 0,27. Poi, un altro valore critico si riscontra per il ribaltamento della seconda porzione del prospetto interno del corpo sud lungo vico Cuonzolo (parete G) con un indice di 0,34. Seguono il ribaltamento della seconda porzione di parete del prospetto ovest su via F. D'Aragona insieme al ribaltamento del lato corto del corpo sud lungo vico Cuonzolo (parete H) che presentano un indice di sicurezza intorno al 50%. Infine, i meccanismi di ribaltamento e flessione verticale delle porzioni sopraelevate si attestano intorno ad un valore di circa il 70% della sicurezza richiesta. Emerge poi un dato interessante per quanto riguarda il prospetto lungo vico Cuonzolo oggetto degli interventi

del 2013, consistenti nell'inserimento di profilati metallici HEA 220 con lo scopo di concatenare le murature, grazie ai quali i meccanismi locali di ribaltamento e flessione risultano invece abbondantemente verificati.

Poi, per quanto riguarda la verifica sismica svolta con l'impiego di un modello globale è emersa l'incapacità della struttura nello stato in cui si trova a sopportare un sisma di intensità corrispondente a 0,173 g. Le analisi statiche non lineari sono state condotte utilizzando, come previsto dalla norma, le due differenti distribuzioni di forze orizzontali lungo l'altezza delle pareti: la prima proporzionale direttamente alle masse di piano, cioè costante lungo l'altezza, la seconda proporzionale al prodotto delle masse per gli spostamenti corrispondenti al primo modo di vibrare. È noto che con l'analisi non lineare si ottiene la curva di capacità della struttura. Da tale curva è possibile ricavare la vulnerabilità sismica intesa come la massima accelerazione al suolo sopportabile dalla struttura reale. I risultati, piuttosto che fornire un valore esatto della vulnerabilità sismica, restituiscono una tendenza comportamentale che può utilmente indirizzare verso l'individuazione delle opportune strategie di intervento da adottare per migliorare le prestazioni in caso di sisma. Sono riportate le curve di pushover in direzione x e in direzione y: i valori dei coefficienti di sicurezza si attestano sui valori di 0,547 in direzione Y e 0,591 in direzione X.

Il principio guida è che *«Nel caso della progettazione di un intervento di miglioramento sismico [...] il valore dell'indice di sicurezza sismica non deve essere inteso come parametro per una verifica cogente, ma come un importante elemento quantitativo da portare in conto in un giudizio qualitativo complessivo, che consideri le esigenze di conservazione, la volontà di preservare il manufatto dai danni sismici ed i requisiti di sicurezza, in relazione alla fruizione ed alla funzione svolta»*⁷⁶⁶

Nell'ambito delle strategie di miglioramento sismico che si intendono adottare, tenuto conto delle valutazioni 'puntuali' e complessive condotte, si vuole indirizzare verso interventi che migliorino le vulnerabilità locali individuate e valutate e che, allo stesso tempo, possano apportare un contributo, seppur minimo, al miglioramento dell'intero complesso in aggregato.

⁷⁶⁶ Cap. 7 – *Quadro riassuntivo del percorso di valutazione della sicurezza sismica e progetto degli interventi di miglioramento sismico del DPCM 09 febbraio 2011 Linee guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale tutelato, con riferimento alle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008, pubblicata sulla G.U. n 47 del 26 febbraio 2011, suppl. ord. n.54.*

Infine, si ricorda che un risultato che desta preoccupazione è quello delle verifiche statiche: per carichi verticali numerosi punti della struttura sono in condizioni limite.

È evidente che gli interventi, con questo patrimonio di informazioni desunte dalle analisi qualitative e quantitative fin qui condotte, non possono essere più considerati una sommatoria di riparazioni, piuttosto essi ora rappresentano un insieme di operazioni ‘dirette’ sul bene che, con riferimento al caso specifico oggetto di studio e, dunque, a tutte le istanze che con questo entrano in gioco, sviluppano un progetto il più possibile rispettoso del comportamento strutturale accertato⁷⁶⁷.

⁷⁶⁷ G.P. BROGIOLO, P. FACCIO, *Apsat12. Carta del rischio e conservazione dei paesaggi e delle architetture*, SAP Società Archeologica, marzo 2013, p.112.

4.4 La verifica della sicurezza strutturale in relazione all'evoluzione storico-costruttiva dell'aggregato

Un aspetto interessante che è apparso opportuno indagare è il comportamento del complesso conventuale dei Padri Trinitari in Somma Vesuviana in relazione all'evoluzione storico-costruttiva che lo caratterizza. Il ragionamento parte dai risultati dell'evoluzione storico-costruttiva per avanzare alcune considerazioni sugli esiti del comportamento strutturale globale e locale di porzioni significative, in relazione alle modifiche subite e all'efficacia – o meno – dei provvedimenti strutturali adottati più di recente⁷⁶⁸.

Sono stati considerati sei momenti principali dell'evoluzione storico-costruttiva dell'aggregato, ognuno corrispondente ad un palinsesto significativo. La prima fase considera quello che, presumibilmente, doveva essere l'impianto originario, caratterizzato dalla presenza della Chiesa, seppur non si mostrava nella configurazione volumetrica e decorativa attuale, e dei due livelli fuori terra del complesso conventuale che la circondava. La seconda fase, invece, tiene conto dell'aggiunta lungo il lato sud-ovest – in corrispondenza della corte interna al complesso – della successione di ambienti voltati in tufo – piuttosto che in pietra lavica come rilevato ai primi due livelli nel resto della struttura – che inducono a supporre un primo ampliamento, o comunque, alla necessità sopraggiunta di un intervento strutturale, avvenuto in un periodo non identificato cronologicamente. La terza fase considera la chiusura dello spazio in corrispondenza dell'androne voltato al piano primo, dove le documentazioni catastali riferivano della presenza di una terrazza⁷⁶⁹, insieme con l'ampliamento del corpo sud che segue il volume della Chiesa lungo vico Cuonzolo. Una quarta fase corrisponde alla sopraelevazione del piano secondo del complesso. La quinta considera, invece, la sopraelevazione del piano terzo senza il secondo tratto del blocco nord dalla torre verso l'incrocio di via G. Auriemma con via Giudecca; la sesta, infine, coincide con la configurazione volumetrica allo stato attuale ma senza considerare gli interventi strutturali eseguiti nel corso del 2013 al fine di verificare se questi abbiano contribuito, anche in misura minima, al miglioramento globale del comportamento strutturale del complesso, oltre che al miglioramento nei confronti dei meccanismi locali di I modo⁷⁷⁰. Si riportano di seguito gli schemi tridimensionali dei modelli geometrici considerati in ciascuna fase.

⁷⁶⁸ Il riferimento è agli interventi realizzati nel corso del 2013. Vedi Cap. 4.2 – *Il percorso della conoscenza tra livelli di conoscenza, fattori di confidenza e percezione di valor*, in particolare pp.283-300.

⁷⁶⁹ Vedi Cap. 4.2 – *Il percorso della conoscenza tra livelli di conoscenza, fattori di confidenza e percezione di valor*, in particolare pp.288-289.

⁷⁷⁰ Vedi Cap.4.3 – *La verifica della sicurezza strutturale allo stato attuale: approcci a confronto*, in particolare pp.359-375.

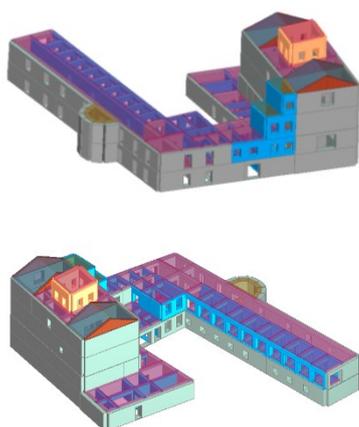


Fig. 258 - Fase I. Modello geometrico dell'aggregato dall'angolo nord-ovest (angolo via G. Auriemma-via F. D'Aragona) e dall'angolo sud-est (vico Cuonzolo-via Giudecca). Il modello evidenzia i due piani fuori terra e la successione di ambienti voltati su archi al piano primo.

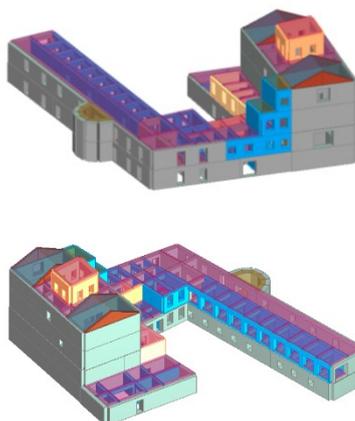


Fig. 259 - Fase II. Modello geometrico dell'aggregato dall'angolo nord-ovest (angolo via G. Auriemma-via F. D'Aragona) e dall'angolo sud-est (vico Cuonzolo-via Giudecca). Il modello introduce il percorso su archi e volte in muratura lungo il lato ovest e sud in corrispondenza della corte interna.

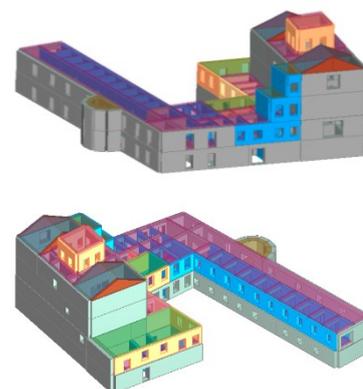


Fig. 260 - Fase III. Modello geometrico dell'aggregato dall'angolo nord-ovest (angolo via G. Auriemma-via F. D'Aragona) e dall'angolo sud-est (vico Cuonzolo-via Giudecca). Il modello evidenzia il completamento del piano primo con gli ambienti a sud della Chiesa e la chiusura della terrazza a ovest.

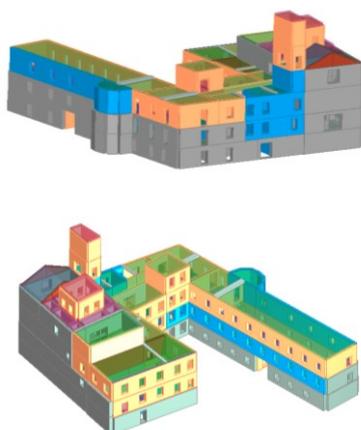


Fig. 261 - Fase IV. Modello geometrico dell'aggregato in Fase IV dall'angolo nord-ovest (angolo via G. Auriemma-via F. D'Aragona) e dall'angolo sud-est (vico Cuonzolo-via Giudecca). Il modello evidenzia la sopraelevazione del piano secondo del complesso.

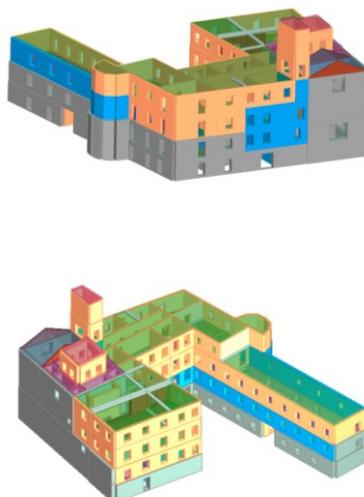


Fig. 262 - Fase V. Modello geometrico dell'aggregato dall'angolo nord-ovest (angolo via G. Auriemma-via F. D'Aragona) e dall'angolo sud-est (vico Cuonzolo-via Giudecca). Il modello evidenzia la realizzazione di parte del piano terzo.

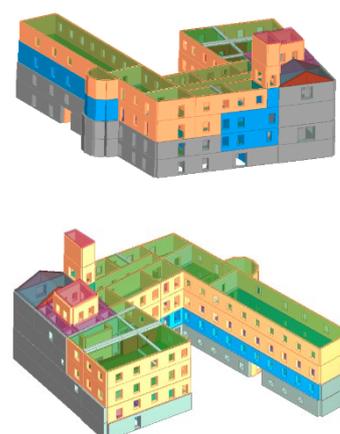


Fig. 263 - Fase VI. Modello geometrico dell'aggregato dall'angolo nord-ovest (angolo via G. Auriemma-via F. D'Aragona) e dall'angolo sud-est (vico Cuonzolo-via Giudecca). Il modello evidenzia la configurazione geometrica dello stato attuale senza considerare gli interventi realizzati nel 2013 sul corpo sud.

Prima di procedere all'esposizione dei risultati della modellazione globale per ciascuna fase costruttiva, si vuole fare qualche considerazione sui meccanismi locali di collasso che

avrebbero potuto caratterizzare il complesso nelle diverse fasi evolutive, rispetto a quelli che è stato necessario valutare con riferimento allo stato attuale.

I meccanismi locali di ribaltamento e flessione, considerati nelle analisi allo stato attuale, hanno riguardato essenzialmente i volumi delle sopraelevazioni del XX secolo; di conseguenza, con riferimento all'impianto architettonico presumibilmente originario del complesso, ovvero quello che coincide con le prime tre fasi ipotizzate, tali meccanismi non sono valutabili. In particolare, l'ipotesi di flessione verticale di queste pareti sembra davvero poco realistica, poiché il fenomeno si manifesta soprattutto in presenza di snellezza eccessiva delle pareti. È pur vero che sarebbe possibile individuare un fenomeno di ribaltamento semplice delle pareti perimetrali a doppia cortina del complesso lungo via G. Auriemma e lungo via F. D'Aragona, caratterizzate da una muratura a sacco in scaglioni di pietra lavica vesuviana legata da malta di calce e sabbia degli alvei del Monte Somma. La presenza della doppia cortina rende la definizione del modello attendibile piuttosto complessa. I due paramenti potrebbero arrivare ad avere comportamenti pressoché indipendenti, oppure, se i paramenti risultassero accostati, potrebbero interagire lungo la superficie in comune. In fase sismica è perciò possibile che il paramento interno trasferisca parte della propria inerzia su quello esterno. Essendo problematica la valutazione della deformabilità che consente il trasferimento di azioni orizzontali attraverso la superficie di contatto tra i due paramenti, che comporterebbe, tra l'altro, la rimozione dell'ipotesi di blocco rigido, appare opportuno ipotizzare l'interazione tra essi limitata alla sola sommità della parete e considerare un cinematisma che interessa entrambi i paramenti. Se, invece, si ritiene opportuno analizzare un meccanismo che interessa il solo paramento esterno, per il quale tra l'altro il ribaltamento è favorito da una forza verticale di compressione generalmente più bassa di quella che si ha nel paramento interno (su cui grava maggiormente il solaio), le espressioni di calcolo proposte per il caso di ribaltamento di parete monolitica sono le medesime, riferite, però, alla sola cortina esterna. Nel caso specifico del complesso dei Padri Trinitari, un'ulteriore considerazione riguarda la geometria costruttiva della parete: si è già detto degli spessori notevoli che al piano terra variano dai 150 ai 215 cm e al piano primo dai 130 ai 200 con una configurazione a scarpa che sicuramente è una caratteristica positiva nei confronti di una risposta al sisma. È chiaro che indagini diagnostiche più approfondite dovrebbero chiarire dubbi sull'interazione dei paramenti col nucleo interno, nonché sulla consistenza di questo. Per ora, ci basti concludere che, per quanto riguarda il complesso conventuale dei Padri Trinitari, con riferimento all'attivazione dei meccanismi locali di ribaltamento semplice e di

flessione verticale, la struttura storica, prima delle sopraelevazioni del XX secolo, si presentava più sicura rispetto alla configurazione attuale.

Invece, per quanto riguarda la Chiesa, dati i dubbi riguardo quella che doveva essere la configurazione volumetrica iniziale, in particolare della cupola e del campanile, non è possibile avanzare ragionamenti. L'unica considerazione che appare giusto fare è che, il fronte nord di questa, a differenza della situazione attuale, non presentava la sovrapposizione con la struttura adiacente del complesso ai piani secondo e terzo e, quindi, il meccanismo di risposta trasversale dell'aula poteva verificarsi in entrambe le direzioni, ovvero da sud verso nord (come è possibile adesso) e viceversa.

Per quanto riguarda il comportamento globale del complesso, con riferimento alle configurazioni geometriche di ciascuna fase costruttiva individuata, si riportano di seguito, in maniera sintetica, i risultati delle verifiche statiche. Seguono poi i risultati dell'analisi incrementale a collasso. Per comodità di confronto nella lettura, i risultati delle sei fasi sono posti in sequenza per un successivo confronto con i risultati della situazione allo stato attuale.

Parete	Maschi rotti	Nd/Nr Max	h0/t Max	e1/t Max	e2/t Max
8	9	2,02	8	0,335	0,149
11	4	1,75	5,36	0,239	0,069
21	4	2,53	6,73	0,282	0,125
4	3	1,11	6,73	0,139	0,044
5	3	1,19	6,73	0,114	0,052
19	3	1,37	6,73	0,107	0,05
7	3	5,5	4,63	0,12	0,055
3	2	1,05	6,57	0,237	0,104
32	2	1,23	6,17	0,063	0,031
6	2	1,08	6,73	0,34	0,093
10	1	0,7	4,5	0,366	0,114
15	1	1,11	6,17	0,079	0,033
17	1	1,12	5,29	0,107	0,043
14	0	0,75	4,77	0,151	0,039
12	0	0,87	5,63	0,257	0,103
13	0	0,83	6,73	0,037	0,034
9	0	0,74	3,27	0,316	0,102
18	0	0,93	5,29	0,108	0,043
2	0	0,35	2,85	0,238	0,06
20	0	0,91	6,57	0,144	0,04
16	0	0,81	7,4	0,057	0,037
22	0	0,79	5,29	0,045	0,026
23	0	0,42	2,18	0,011	0,011
24	0	0,4	2,18	0,011	0,011
25	0	0,4	2,18	0,011	0,011
26	0	0,39	2,18	0,011	0,011
27	0	0,4	2,18	0,011	0,011
28	0	0,44	2,18	0,011	0,011
29	0	0,72	6,17	0,036	0,031
30	0	0,58	4,63	0,026	0,023
31	0	0,86	6	0,151	0,063
1	0	0,79	4,29	0,069	0,024
33	0	0,59	4,63	0,103	0,029
34	0	0,61	4,63	0,048	0,023
35	0	0,65	4,63	0,049	0,023
36	0	0,76	4,63	0,086	0,037
37	0	0,86	4,63	0,095	0,039
38	0	0,81	4,63	0,027	0,023

Parete	Maschi rotti	Nd/Nr Max	h0/t Max	e1/t Max	e2/t Max
8	9	2,02	8	0,335	0,149
21	8	2,5	6,73	0,28	0,123
3	7	1,32	6,57	0,392	0,151
4	5	1,59	6,73	0,169	0,039
19	5	1,96	6,73	0,5	0,186
11	4	1,59	5,36	0,241	0,07
7	3	5,5	4,63	0,12	0,055
32	3	1,25	6,17	0,064	0,031
15	2	1,14	6,17	0,076	0,032
12	2	1,44	5,63	0,376	0,137
5	2	1,46	6,73	0,11	0,051
6	1	1,08	6,73	0,33	0,092
27	1	0,44	2,18	0,432	0,017
25	1	0,43	2,18	0,426	0,029
23	1	0,48	2,18	0,386	0,076
28	1	0,49	2,18	0,432	0,074
17	1	1,14	5,29	0,111	0,043
24	1	0,45	2,18	0,432	0,015
26	1	0,43	2,18	0,405	0,026
10	0	0,69	4,5	0,317	0,113
2	0	0,35	2,85	0,239	0,059
22	0	0,78	5,29	0,046	0,026
18	0	0,93	5,29	0,108	0,043
9	0	0,74	3,27	0,316	0,102
13	0	0,83	6,73	0,037	0,034
20	0	0,98	6,57	0,11	0,039
14	0	0,83	6	0,151	0,058
16	0	0,79	7,4	0,057	0,037
29	0	0,72	6,17	0,036	0,031
30	0	0,58	4,63	0,026	0,023
31	0	0,86	6	0,151	0,063
1	0	0,79	4,29	0,069	0,024
33	0	0,59	4,63	0,103	0,029
34	0	0,61	4,63	0,048	0,023
35	0	0,65	4,63	0,049	0,023
36	0	0,76	4,63	0,086	0,037
37	0	0,86	4,63	0,095	0,039
38	0	0,81	4,63	0,027	0,023

Parete	Maschi rotti	Nd/Nr Max	h0/t Max	e1/t Max	e2/t Max
21	8	2,54	6,73	0,28	0,124
19	5	2,02	6,73	0,5	0,192
11	4	1,73	5,36	0,242	0,069
4	4	1,65	6,73	0,14	0,041
5	4	1,52	6,73	0,11	0,051
7	3	5,5	4,63	0,12	0,055
6	2	1,27	6,73	0,339	0,091
17	2	1,4	5,29	0,279	0,119
32	2	1,27	6,17	0,061	0,031
15	2	1,15	6,17	0,075	0,032
12	2	1,52	5,63	0,401	0,145
3	10	1,36	6,57	0,388	0,153
2	1	1,03	5,14	0,308	0,128
27	1	0,44	2,18	0,432	0,014
25	1	0,43	2,18	0,424	0,024
28	1	0,48	2,18	0,432	0,072
23	1	0,47	2,18	0,385	0,075
24	1	0,44	2,18	0,43	0,014
26	1	0,43	2,18	0,399	0,022
10	0	0,69	4,5	0,317	0,113
18	0	0,95	5,29	0,108	0,043
22	0	0,78	5,29	0,046	0,026
9	0	0,5	3,27	0,316	0,096
20	0	0,92	6,57	0,142	0,04
13	0	0,98	6,73	0,036	0,034
8	0	0,85	8	0,309	0,128
14	0	0,85	6	0,152	0,039
16	0	0,81	7,4	0,055	0,037
29	0	0,72	6,17	0,036	0,031
30	0	0,55	4,63	0,026	0,023
31	0	0,86	6	0,151	0,063
1	0	0,77	4,29	0,037	0,021
33	0	0,55	4,63	0,105	0,029
34	0	0,52	4,63	0,046	0,023
35	0	0,64	4,63	0,046	0,023
36	0	0,76	4,63	0,091	0,036
37	0	0,86	4,63	0,095	0,038
38	0	0,81	4,63	0,027	0,023

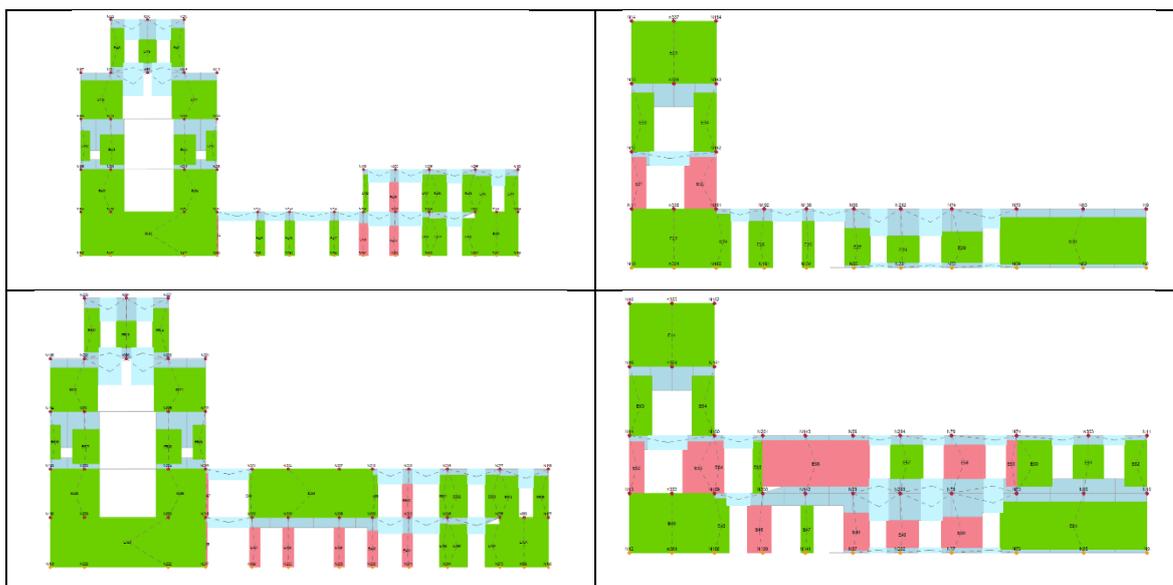
Tabb. 5., 6, 7 - Risultati delle verifiche statiche dalla prima alla terza fase

Capitolo IV - Una esemplificazione: la verifica della sicurezza strutturale di un aggregato nel centro storico di Somma Vesuviana (Na)

Parete	Maschi rotti	Nd/Nr Max	h0/t Max	e1/t Max	e2/t Max	Parete	Maschi rotti	Nd/Nr Max	h0/t Max	e1/t Max	e2/t Max	Parete	Maschi rotti	Nd/Nr Max	h0/t Max	e1/t Max	e2/t Max
2	8	2,08	8,58	0,296	0,127	11	8	1,32	11,28	0,269	0,1	10	8	1,99	9,85	0,28	0,121
19	6	2,21	6,73	0,062	0,034	19	6	2,43	6,73	0,059	0,034	11	8	1,31	11,28	0,27	0,1
7	6	2,22	5,36	0,112	0,053	1	6	1,21	8,58	0,053	0,043	19	6	2,43	6,73	0,059	0,034
4	4	2,02	6,73	0,085	0,04	7	6	2,26	5,36	0,111	0,052	1	6	1,21	8,58	0,053	0,043
20	4	1,23	12,26	0,222	0,075	15	6	1,52	7,15	0,08	0,036	7	6	2,26	5,36	0,111	0,052
5	3	1,87	6,73	0,106	0,049	14	6	1,98	9,85	0,234	0,093	15	6	1,52	7,15	0,08	0,036
32	3	1,23	6,17	0,068	0,031	5	5	2,05	6,73	0,105	0,049	6	5	1,47	11,26	0,158	0,067
30	3	1,83	6,17	0,062	0,031	6	5	1,47	11,26	0,158	0,067	5	5	2,05	6,73	0,105	0,049
11	3	1,12	11,28	0,314	0,106	4	5	2,2	6,73	0,084	0,04	20	5	1,64	12,26	0,222	0,062
15	3	1,24	7,15	0,053	0,036	32	4	1,24	6,17	0,09	0,032	4	4	2,21	6,73	0,08	0,038
17	3	2,12	7,15	0,111	0,051	20	4	2,07	12,26	0,222	0,062	17	4	2,12	7,15	0,106	0,046
1	2	1,13	8,58	0,072	0,043	17	4	2,12	7,15	0,112	0,046	32	4	1,24	6,17	0,108	0,037
6	2	1,35	11,26	0,196	0,078	30	3	1,83	6,17	0,062	0,031	14	4	1,53	9,85	0,234	0,093
14	2	1,15	7,15	0,259	0,11	10	3	2,2	8,58	0,262	0,09	8	32	1,83	9,85	0,264	0,121
29	2	1,29	6,17	0,115	0,05	3	29	2,2	11,28	0,258	0,107	30	3	1,83	6,17	0,062	0,031
8	17	1,78	8	0,304	0,123	8	21	1,75	9,85	0,287	0,123	3	28	2,2	11,28	0,258	0,107
3	17	1,86	11,28	0,292	0,117	12	20	1,69	7,8	0,307	0,112	12	20	1,69	7,8	0,308	0,113
21	16	3,13	8,21	0,199	0,087	18	2	1,05	7,15	0,359	0,136	18	2	1,05	7,15	0,359	0,136
12	15	1,65	7,8	0,335	0,113	29	2	1,29	6,17	0,115	0,05	29	2	1,45	6,17	0,116	0,05
10	1	1,13	8,58	0,262	0,09	21	17	3,25	9,85	0,311	0,097	21	17	3,26	9,85	0,311	0,097
18	1	0,88	7,15	0,36	0,136	2	16	2,75	8,58	0,291	0,118	2	16	2,75	8,58	0,291	0,118
26	1	0,56	6,13	0,412	0,054	26	1	0,61	7,88	0,364	0,079	38	1	1,01	9,16	0,046	0,046
24	1	0,58	6,13	0,411	0,036	27	1	0,62	7,88	0,373	0,06	27	1	0,63	7,88	0,368	0,06
27	1	0,57	6,13	0,354	0,039	25	1	0,62	7,88	0,362	0,083	26	1	0,61	7,88	0,368	0,081
25	1	0,56	6,13	0,412	0,056	22	0	0,81	5,29	0,04	0,026	25	1	0,62	7,88	0,367	0,083
23	0	0,58	6,13	0,299	0,073	23	0	0,68	7,88	0,322	0,084	9	1	0,85	9,85	0,341	0,069
22	0	0,76	5,29	0,042	0,026	24	0	0,65	7,88	0,314	0,064	28	1	0,68	7,88	0,373	0,095
28	0	0,62	6,13	0,305	0,064	28	0	0,66	7,88	0,222	0,049	24	0	0,65	7,88	0,326	0,063
9	0	0,48	8,41	0,195	0,068	16	0	0,95	11,28	0,223	0,062	22	0	0,81	5,29	0,04	0,026
16	0	0,95	11,28	0,223	0,062	13	0	0,88	6,73	0,098	0,046	23	0	0,68	7,88	0,328	0,085
31	0	0,87	6	0,131	0,057	31	0	0,9	6	0,123	0,054	31	0	0,91	6	0,122	0,054
13	0	0,88	6,73	0,102	0,047	9	0	0,48	8,41	0,196	0,068	13	0	0,88	6,73	0,098	0,046
33	0	0,32	4,5	0,025	0,022	33	0	0,32	4,5	0,025	0,022	33	0	0,34	4,5	0,025	0,022
34	0	0,33	4,5	0,025	0,022	34	0	0,33	4,5	0,025	0,022	34	0	0,34	4,5	0,024	0,022
35	0	0,35	4,5	0,026	0,022	35	0	0,35	4,5	0,026	0,022	35	0	0,35	4,5	0,025	0,022
36	0	0,42	4,5	0,101	0,039	36	0	0,42	4,5	0,101	0,039	36	0	0,43	4,5	0,101	0,039
37	0	0,35	4,5	0,105	0,04	37	0	0,37	4,5	0,101	0,037	37	0	0,37	4,5	0,098	0,036
38	0	0,41	8,58	0,043	0,043	38	0	0,94	9,16	0,046	0,046	16	0	0,95	11,28	0,223	0,062

Tabb. 8., 9, 10 - Risultati delle verifiche statiche dalla quarta alla sesta fase.

Per quanto riguarda le analisi statiche emerge subito che il complesso non presentava le criticità attuali. È chiaro che con l'aumentare dei carichi verticali, in particolare in seguito alle sopraelevazioni del XX secolo, a parità di sezione resistente delle murature dei primi due livelli, le strutture verticali del piano terra e del piano primo sono soggette a sforzi verticali maggiori. Si riportano a titolo di esempio i diagrammi delle pareti 21 e 3 che, nell'analisi della configurazione allo stato attuale si è visto presentano la situazione più critica.



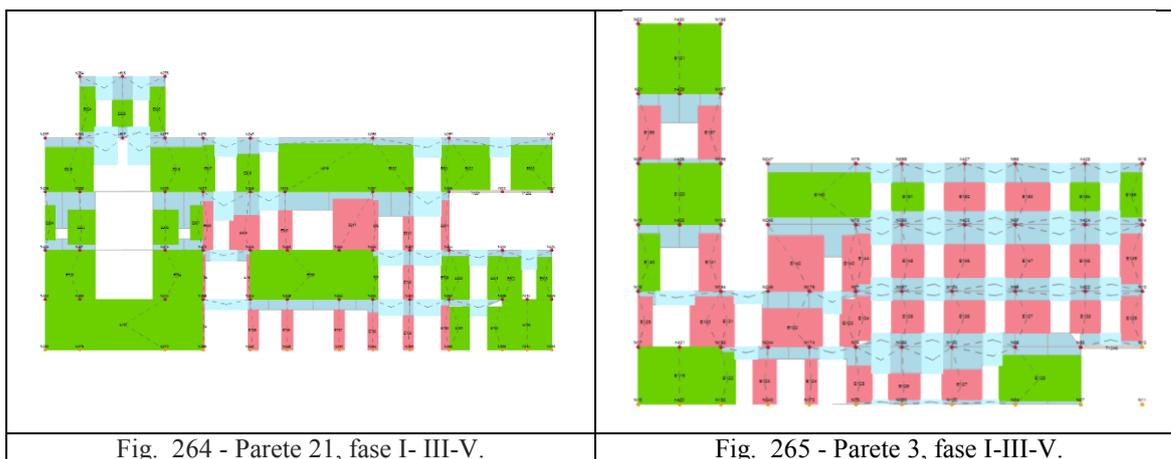


Fig. 264 - Parete 21, fase I- III-V.

Fig. 265 - Parete 3, fase I-III-V.

Per quanto riguarda le analisi incrementali al collasso è possibile confrontare i valori dell'indice di sicurezza nelle due direzioni per ciascuna fase considerata.

+X	1° modo	0,623
+Y	1° modo	0,262

Tab. 11 - Fase I. Coefficienti di sicurezza globali.

-X	1° modo	0,682
-Y	1° modo	0,320

Tab. 12 - Fase II. Coefficienti di sicurezza globali.

-X	1° modo	0,759
-Y	1° modo	0,478

Tab. 13 - Fase III. Coefficienti di sicurezza globali.

+X	1° modo	0,525
-Y	1° modo	0,613

Tab. 14 - Fase IV. Coefficienti di sicurezza globali.

+X	1° modo	0,607
-Y	1° modo	0,649

Tab. 15 - Fase V. Coefficienti di sicurezza globali.

-X	1° modo	0,487
-Y	1° modo	0,458

Tab. 16 - Fase VI. Coefficienti di sicurezza globali.

Per quanto riguarda il comportamento globale del complesso, le fasi di crescita hanno determinato esiti sia positivi che negativi per quanto riguarda la risposta sismica globale. In direzione Y il complesso presentava una debolezza maggiore, dovuta al volume della chiesa rispetto al resto della struttura e, dunque, la crescita progressiva del corpo sud e ovest ha migliorato il comportamento globale in tale direzione, a discapito, ovviamente, delle verifiche statiche. Invece, in direzione X, il complesso risente poco delle operazioni di ampliamento e presenta una risposta sismica piuttosto vicina a quella della configurazione attuale. Infine, altro dato interessante riguarda il valore dei coefficienti di sicurezza del complesso nella Fase VI, prima della realizzazione degli interventi di consolidamento del 2013. Il complesso presenta allo stato attuale una risposta sismica globale lievemente migliore: i coefficienti di sicurezza sono allo stato attuale pari a 0,597 in direzione X e 0,571 in direzione Y contro i valori di 0,487 e 0,458 della configurazione ante interventi del 2013, dunque, con un miglioramento delle prestazioni globali di circa l'11%.⁷⁷¹

⁷⁷¹ Al risultato di un miglioramento globale si aggiunge la considerazione che anche i risultati delle analisi dei meccanismi locali di ribaltamento e flessione delle porzioni murarie interessate dagli interventi del 2013 risultano positivi. Vedi Cap. 4.3 – *La verifica della sicurezza allo stato attuale: approcci a confronto*, in particolare pp.359-375.

4.5 Il progetto di miglioramento sismico preventivo: priorità e programmazione degli interventi

La necessità di ‘migliorare’ il comportamento strutturale dell’aggregato si deve coniugare all’esigenza di conservazione del comportamento strutturale accertato, valore da preservare insieme alle qualità espressive e figurative di questa architettura.

Il percorso avanzato sino a questo momento, seppure con i risultati di una fase conoscitiva che non può mai dirsi conclusa definitivamente, insieme alla valutazione della sicurezza allo stato attuale, è teso alla piena comprensione dell’architettura oggetto di studio e, in particolare, delle sue vulnerabilità, per le quali, solo ora, è possibile avanzare un programma dettagliato di interventi per l’effettivo miglioramento sismico del complesso,⁷⁷² al fine di garantire la trasmissione al futuro di valori materiali e immateriali di una costruzione che è simbolo di un’esigenza sociale in un determinato contesto storico, delle modalità di azione politica di quello stesso contesto, nonché di modalità costruttive che determinano quelle caratteristiche fisiche di unicità del quartiere Casamale in Somma Vesuviana in cui ancora oggi gli abitanti si riconoscono e che rappresentano la “materia fisica” di quel legame di continuità tra passato, presente e futuro che persiste nonostante le mutate condizioni sociali, economiche e abitative⁷⁷³.

Emergono innanzitutto le criticità della condizione statica del complesso dei Padri Trinitari, in particolare dovuta all’aggiunta dei due livelli nel corso del XX secolo. È chiaro che operare una rimozione di queste aggiunte per migliorare le condizioni di lavoro delle murature appare una scelta poco sostenibile sotto diversi punti di vista. In primo luogo, dal punto di vista storico «*l’aggiunta subita da un’opera d’arte non è che una nuova testimonianza del fare umano e dunque della storia [...]. Invece la rimozione, seppure risulta egualmente da un atto e perciò s’inserisce egualmente nella storia, in realtà distrugge un documento e non documenta se stessa [...]. Da qui discende che storicamente*

⁷⁷² In relazione allo spirito che deve guidare la definizione degli interventi Vedi. Cap.1.3 del presente lavoro *La legislazione italiana, Carte del Restauro e raccomandazioni: contenuti in evoluzione asincrona*, in particolare pp.84-94; Cfr. Cap. VI – *Criteri per il miglioramento sismico e tecniche d’intervento* del DPCM 09 febbraio 2011 *Linee guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale tutelato, con riferimento alle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008*, pubblicata sulla G.U. n 47 del 26 febbraio 2011, suppl. ord. n.54.

⁷⁷³ Attualmente il quartiere ospita soprattutto persone di nazionalità diversa, in particolare polacchi e rumeni che lavorano e hanno famiglie con bambini. Queste famiglie che rappresentano il futuro della comunità, insieme agli abitanti di Somma Vesuviana, vivono il quartiere del Casamale nella quotidianità e, soprattutto, partecipano attivamente all’organizzazione di feste, eventi o manifestaizoni che da secoli connotano il territorio.

è solo incondizionatamente legittima la conservazione dell'aggiunta, mentre la rimozione va sempre giustificata e comunque deve essere fatta in modo da lasciare traccia di se stessa e sull'opera stessa. Discende da ciò che la conservazione dell'aggiunta deve considerarsi regolare: eccezionale la rimozione. [...]. Si potrebbe tuttavia eccepire che vi è un'aggiunta che non rappresenta necessariamente il prodotto di un fare»⁷⁷⁴. In sostanza, Brandi affronta il problema del conflitto che nasce tra l'istanza della storicità e dell'artisticità nei confronti dell'aggiunta e, con riferimento all'istanza estetica: «Se l'aggiunta deturpa, snatura, offusca, sottrae in parte alla vista l'opera d'arte, questa aggiunta deve essere rimossa e, solo dovrà curarsi [...] la documentazione e il ricordo del trapasso storico. [...] la chiave del problema [è] data dalla materia di cui consta l'opera d'arte, e cioè posto che la trasmissione dell'immagine formulata avviene per dato e fatto della materia, posto che il ruolo della materia è d'essere trasmittente, la materia non dovrà mai avere la precedenza sull'immagine, nel senso che deve scomparire come materia per valere solo come immagine. [...]»⁷⁷⁵. Di conseguenza, giunge alla conclusione che la necessità della conservazione dell'aggiunta dal punto di vista estetico della stessa non va legata alla presupposizione storica ma al concetto stesso di opera d'arte «cosicché non potrà essere contraddetta da un capovolgimento del concetto dell'arte, per cui si dimostrasse che la materia deve prevalere sull'immagine»⁷⁷⁶. Dal punto di vista operativo più recente, invece, Marco Dezzi Bardeschi, noto anche per la sua posizione di conservatore puro, considera l'opera su cui deve intervenire nel modo esatto in cui gli è pervenuta, ovvero egli 'aggiunge' il suo intervento alla preesistenza secondo il principio per cui ciò che noi oggi chiamiamo 'superfetazione' potrebbe in futuro non essere considerata tale.

Per quanto riguarda il caso del complesso conventuale dei Padri trinitari in Somma Vesuviana, è opinione di chi scrive che le trasformazioni del complesso nel corso della prima metà del XX secolo rappresentano ad oggi la testimonianza storica di un 'fare' piuttosto spregiudicato nell'impiego di mezzi e tecnologie⁷⁷⁷ che non hanno tenuto conto delle valenze storiche e architettoniche dell'opera su cui si è agito, ma che rientrano in una pratica diffusa dovuta soprattutto alla mancanza di quella sensibilità culturale che è maturata nel corso degli ultimi cinquant'anni nei confronti del patrimonio di architettura storica. A questa considerazione si aggiungono motivazioni di tipo pratico ed economico. Nessun

⁷⁷⁴ C. Brandi, Teoria del Restauro, Edizioni di Storia e Letteratura, Roma, 1963, pp.34-37.

⁷⁷⁵ C. Brandi, Teoria del Restauro, Edizioni di Storia e Letteratura, Roma, 1963, pp.34-37.

⁷⁷⁶ C. Brandi, Teoria del Restauro, Edizioni di Storia e Letteratura, Roma, 1963, pp.42-47.

⁷⁷⁷ Basti pensare alle dimensioni delle travi emergenti in cemento armato e alle luci notevoli che ricoprono.

committente sarebbe disposto a rinunciare ad una parte della propria proprietà, né tantomeno a sostenerne la spesa economica della rimozione, se pur a vantaggio di sicurezza. Sono motivazioni poco nobili dal punto di vista teorico, ma che pur rientrano in quella attività diretta e operativa verso la quale si rivolge la ricerca applicata per il conseguimento di un risultato di qualità che, considerati gli avanzamenti teorici e disciplinari, non può non tener conto della realtà e del contesto in cui agisce.

Il progetto degli interventi per il miglioramento sismico del complesso dei Padri Trinitari in Somma Vesuviana suggerisce la possibilità di realizzare questi secondo un dettagliato programma temporale, agendo in modo ‘puntuale’ e secondo un ordine di priorità che deriva dai risultati delle analisi condotte e, quindi, delle vulnerabilità più gravi che sono emerse di volta in volta. L’obiettivo è relazionare alla patologia riscontrata e allo stato di danno atteso l’intervento più idoneo, nel rispetto dei principi del restauro.

La prima fase di interventi consiste in azioni di rafforzamento locale per carichi verticali dei pilastri in muratura dell’androne voltato al piano terra e, poi, delle murature al piano terra e al piano primo. Continuando secondo l’ordine di priorità determinato dalle valutazioni delle vulnerabilità rilevate, per contrastare l’attivazione dei meccanismi di primo modo (in particolare di ribaltamento semplice e flessione verticale), si prevedono interventi volti a ridurre le carenze dei collegamenti tra pareti ortogonali e/o tra solai intermedi e di copertura con le pareti stesse. Ancora, con riferimento alla eliminazione della possibilità di attivazione dei meccanismi di fuori piano di ribaltamento e flessione verticale, si procede con la riduzione della spinta di archi e volte nei punti dove questa contribuisce all’attivazione di tali meccanismi. Infine, sempre in questa prima fase di interventi, in ragione dello stato fessurativo rilevato in corrispondenza di archi e volte del piano primo del corpo nord si procederà con azioni di consolidamento volte a ristabilire la continuità muraria.

La seconda fase tiene conto, oltre che dei meccanismi di fuori piano, anche di quelli di piano desunti dall’analisi del modello globale e consiste in interventi di rafforzamento locale delle murature per carichi verticali al piano secondo, insieme al rinforzo a taglio e flessione di alcune travi in cemento armato e all’eliminazione dei fenomeni di schiacciamento localizzato delle murature del corpo nord dovute al carico puntuale dei travetti in ferro dei solai. Infine, la terza fase, consiste nelle medesime operazioni della seconda, rivolte essenzialmente al piano terzo del corpo nord del complesso e, dunque, consistenti nell’eliminazione dei fenomeni di schiacciamento localizzato generato dalle putrelle in

acciaio che scaricano sulle murature d'ambito. Per questo specifico problema, l'intervento svolto nel 2013 con l'introduzione di un profilato metallico a C su un doppio filare di mattoni appare idoneo per la funzione di ripartizione del carico puntuale e, dunque, per evitare l'insorgere del fenomeno di schiacciamento localizzato.

Individuate le strategie di azione e i criteri d'intervento, si procede alla definizione di questi. Per quanto riguarda gli interventi di rafforzamento locale per carichi verticali dei pilastri in muratura dell'androne voltato al piano terra si procederà con un intervento di scuci-cuci – al fine di ripristinare la continuità della muratura – con muratura simile a quella originaria per forma, dimensioni, rigidità e resistenza al fine di garantire la compatibilità fisico-chimica e meccanica dell'intervento; poi, si prevede di realizzare un intervento di cerchiatura mediante materiale composito⁷⁷⁸ al fine di migliorare le capacità resistenti. In questo modo, nel caso specifico dell'androne al piano terra, per il quale si sono rilevate le criticità maggiori, si assicura la conservazione della configurazione spaziale di questo e, dunque, del valore architettonico riscontrato, primo tra tutti da tutelare.

È noto che l'intervento di consolidamento sostitutivo locale denominato 'scuci-cuci' consiste nella demolizione di parti di tessitura muraria e successiva ricostruzione. È un'operazione delicata, da eseguire con cautela evitando colpi e vibrazioni durante la fase di demolizione e, soprattutto, provvedendo alle necessarie opere di presidio. Si procede con la scucitura della parte di muratura lesionata, ivi compresa la malta di allettamento originaria e tutto quanto può compromettere le successive lavorazioni, utilizzando mezzi manuali senza l'utilizzo di utensili meccanici; si continua con il lavaggio del paramento murario con l'utilizzo di acqua nebulizzata a bassa pressione e, infine, si provvede alla ricostruzione dei conci murari precedentemente rimossi e alla sostituzione degli stessi impiegando una malta di caratteristiche fisico-meccaniche simili alla preesistente, realizzata con un legante esente da cemento e a base di eco-pozzolana e inerti selezionati. I mattoni impiegati vanno opportunamente ammorsati alla vecchia muratura. L'operazione viene eseguita partendo dal basso e procedendo verso l'alto⁷⁷⁹.

⁷⁷⁸ Il consolidamento con materiale composito consiste nell'incollare alla struttura mediante resine epossidiche, fibre di materiale composito – carbonio, vetro, basalto, fibre metalliche, ecc.– immerso in una matrice polimerica.

⁷⁷⁹ ReLuis, *Linee guida per riparazione e rafforzamento di elementi strutturali, tamponature e partizioni*, a cura di Mauro Dolce e Gaetano Manfredi, Doppiavoce, maggio 2012, pp.80-83.

Per quanto riguarda invece la cerchiatura delle colonne dell'androne voltato, le tecniche e tecnologie a disposizione sono numerose, di tipo sia tradizionale che innovativo.⁷⁸⁰ Nel caso del complesso dei Padri Trinitari in Somma Vesuviana, per il consolidamento delle colonne dell'androne voltato al piano terra, si suggerisce l'utilizzo di FRP (Fiber Reinforced Polymers) o SRP (Steel Reinforced Polymers) al fine di preservare la valenza architettonica dello spazio e l'assetto strutturale di questo. I vantaggi dell'utilizzo di questa tecnologia per il caso in esame consiste nel fatto che la sezione trasversale degli elementi compressi non varia, mantenendo dunque inalterato le qualità architettoniche dell'androne. Tuttavia, l'utilizzo degli FRP su colonne compresse caratterizzate da sezioni poligonali può determinare problemi di rottura precoce delle fibre negli spigoli stante la scarsa resistenza a taglio degli FRP. La soluzione corrente a questo problema consiste nell'inserimento di profilati curvati in corrispondenza degli spigoli o nell'impiego di un materiale costituito da fibre metalliche ad elevata resistenza. L'impiego di fibre metalliche ad elevata resistenza è consigliabile che avvenga mediante l'uso di una resina epossidica⁷⁸¹.

Le ricerche degli ultimi anni approfondiscono molto il comportamento strutturale di pilastri rinforzati con questo sistema ed evidenziano esiti sia positivi che negativi⁷⁸². Il rinforzo esterno ottenuto con fibre metalliche può determinare significativi incrementi nella capacità portante di elementi compressi in muratura ma occorre prediligere l'utilizzo di resine epossidiche⁷⁸³ per collegare le fibre alle superfici dei pilastri perchè determinano spessori del rinforzo modesti (meno di 1 cm), maggiore efficacia dell'aderenza tra fibre e murature

⁷⁸⁰ Per un approfondimento sulle tecniche e tecnologie disponibili, nonché sui principi di funzionamento di queste: L. JURINA, *Tecniche di cerchiatura nel consolidamento di archi e colonne in muratura*, Atti del Seminario *Evoluzione nella sperimentazione per le costruzioni*, Madrid, 8-15 maggio 2010; L. JURINA, *Cerchiatura di strutture murarie: tecniche tradizionali e innovative*, in «Ingenio», n.16, ottobre 2013

⁷⁸¹ Piuttosto che l'impiego di una matrice cementizia che caratterizza invece i cosiddetti SRG (Steel Reinforced Grouts).

⁷⁸² A. BORRI, M. CORRADI, *Rinforzo di pilastri con materiali compositi: sperimentazioni con SRG/SRP*, in XIII Convegno ANIDIS L'Ingegneria Sismica in Italia, Bologna 2009, SM 5.8.

C. FAELLA, E. MARTINELLI, S. PACIELLO, G. CAMORANI, M. A. AIELLO, F. MICELLI, L. VALENTE, E. NIGRO, *Validazione sperimentale di modelli teorici per il confinamento di colonne murarie con materiali compositi*, in XIII Convegno ANIDIS L'Ingegneria Sismica in Italia, Bologna 2009, SM5.13.

⁷⁸³ L'utilizzo di malte cementizie per collegare le fibre metalliche (composti SRP) ai pilastri in muratura presenta problemi connessi con la rigidità flessionale delle fibre metalliche che non consente, per pilastri con sezioni trasversali ridotte di mobilitare significativamente la resistenza a trazione delle fibre metalliche quando i pilastri sono compressi. Per approfondimenti su ricerche scientifiche e risultati si rimanda a: A. BORRI, M. CORRADI, *Rinforzo di pilastri con materiali compositi: sperimentazioni con SRG/SRP*, in XIII Convegno ANIDIS L'Ingegneria Sismica in Italia, Bologna 2009, SM 5.1.

e, soprattutto, non sono state riscontrate rotture precoci delle fibre metalliche agli spigoli dei pilastri in muratura⁷⁸⁴.



Fig. 266 - Esempio di cerchiaggio di una colonna ottagonale con CFRP (da A. BORRI, M. CORRADI, *Rinforzo di pilastri con materiali compositi: sperimentazioni con SRG/SRP*, in XIII Convegno ANIDIS L'Ingegneria Sismica in Italia, Bologna 2009, SM 5.8).

Anche per quanto riguarda le lesioni delle volte al piano primo si procede con un'azione di consolidamento mediante materiale composito. In questo caso, è possibile realizzare questo intervento per la mancanza di elementi di rifinitura di pregio all'estradosso, che questo tipo di intervento avrebbe necessariamente chiesto di rimuovere. Anche in questo caso l'intervento appare idoneo per la conservazione del particolare valore architettonico di questa parte del complesso. Si ritiene pure che, ormai, l'impiego di questo tipo di tecnologia rientra nelle capacità tecnico-operative diffuse tra il maggior numero di imprese edili.

Le caratteristiche di questa tecnologia – conferimento di elevata resistenza meccanica, peso e spessori limitati, facilità di applicazione su superfici non piane – hanno determinato la forte diffusione di questo mezzo di rinforzo, sebbene persistano talune perplessità sulla reale compatibilità fisico-chimica e meccanica tra resina e supporto, nonché in termini di reversibilità dell'intervento.

Chi scrive è consapevole che, sebbene tali tecniche abbiano un grosso riscontro in termini di diffusione, risultano ancora scarsamente collaudate per quel che riguarda in particolare la compatibilità fisica, in termini di durabilità. Le prove di invecchiamento sono rivolte

784

soprattutto alla valutazione della durabilità del nuovo materiale ignorando in realtà la valutazione di durabilità del sistema muratura-ambiente. In generale, la possibilità che si verificano fenomeni a danno del materiale antico è considerata risolvibile attraverso l'aggiornamento continuo e repentino di tali metodiche, man mano che queste mostrano i loro limiti; in realtà, è pur vero, che persiste un concetto di 'razionalità illuminista', per cui il risultato è che in un mondo ritenuto 'controllabile' il mezzo attraverso cui raggiungere lo scopo conta più dello scopo stesso e ne discende l'autonomia da parte dei mezzi in questione che induce la tecnica a svolgere il suo ruolo direttamente in ambito progettuale ed esecutivo. In questo senso, l'intervento di consolidamento si allontana dalla progettazione architettonica, traendo potenziamento dai settori dell'ingegneria del ferro e del cemento ma anche dell'industria aerea spaziale.

È chiaro che qualunque scelta operativa coincide con l'assunzione di responsabilità nei confronti delle generazioni future: il riconoscimento di ciò che non sappiamo costituisce l'altra faccia del dovere di sapere. È per questo che si auspicano protocolli di ricerca seri che valutino le interazioni con le strutture storiche, poiché il rischio è quello di una sperimentazione avulsa dal processo di cui fa parte. Non è quindi sufficiente dimostrare l'efficacia del rinforzo da un punto di vista prettamente strutturale⁷⁸⁵.

Alla luce di queste considerazioni e consapevoli dei limiti che ogni tecnologia innovativa può mostrare in futuro, grazie anche al progredire degli studi, è chiaro che si sarebbe potuto pensare ad un intervento di consolidamento diverso per il caso specifico dell'androne voltato, distinguibile, che si denunci come un intervento moderno e che garantisca maggiori risultati in termini di durabilità. A titolo di esempio, si pensi all'intervento di Lorenzo Jurina alla Cripta del Santuario del Sacro Monte di Varese che consiste in un sistema strutturale di colonnine sottili e archi in acciaio inox che sostengono il carico di oltre 70 tonnellate dell'altare maggiore cinquecentesco della Chiesa soprastante, lasciando inalterata la percezione spaziale della cripta.

⁷⁸⁵ Per approfondimenti sugli esiti dell'applicazione di questo tipo di rinforzi, nonché sulle principali linee di ricerca fino a questo momento indagate si rimanda a F. MARMO, *L'innovazione nel consolidamento. Indagini e verifiche per la conservazione del patrimonio architettonico*, Gangemi editore, gennaio 2007.

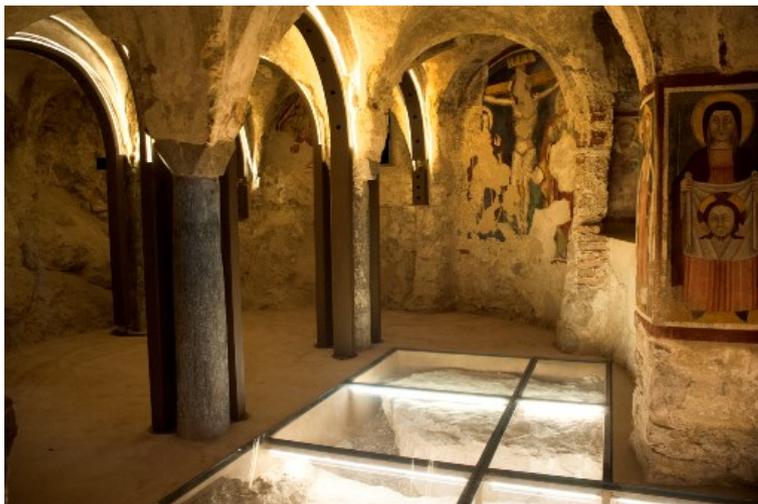


Fig. 267 – L'intervento di Lorenzo Jurina alla Cripta del Santuario del Sacro Monte di Varese (da www.lorenzoturina.it).

È un intervento senza dubbio elegante, che non tradisce i principi della conservazione pur garantendo la sicurezza necessaria e che pone, dunque, l'intervento strutturale in quella prospettiva di stratificazione di rilevante interesse storico. È chiaro che le condizioni al contorno del nostro esercizio progettuale sono ben diverse e di queste è stato tenuto conto. Nel nostro caso non si tratta di risolvere un unico particolare problema ma di garantire con poche e semplici azioni 'diffuse' il conseguimento di un livello di sicurezza leggermente migliore del precedente, non importa di quanto e senza tradire il pregio dell'architettura storica.



Fig. 268, 269, 270 -Alcune fasi di cantiere per la realizzazione dell'intervento (da www.lorenzoturina.it).

Il risultato principale che qui si vuole quindi sottolineare è quello che gli interventi proposti, proprio per le approfondite analisi precedenti, tenuto conto dei differenti approcci in gioco e dei limiti di tutti gli strumenti a disposizione dell'architetto restauratore, permettono di pensare ad un insieme di azioni semplici e mirate, sufficienti a garantire le opportune condizioni di sicurezza e a rispettare il valore dell'architettura oggetto di studio.

Ancora, per quanto riguarda gli interventi volti a ridurre le vulnerabilità dei meccanismi di primo modo si intende adottare un tradizionale intervento di incatenamento.

Considerando le condizioni di esercizio in caso di sisma, emerge la necessità di fronteggiare l'attivazione di alcuni meccanismi di primo modo, innanzitutto il ribaltamento semplice e la flessione verticale di alcune porzioni di pareti. Per contrastare tale fenomeno si suggerisce un intervento mediante l'inserimento di tiranti metallici.

L'azione di collegamento tra elementi ortogonali contribuisce anche a migliorare il comportamento globale del complesso nei confronti dell'azione sismica.

Gli incatenamenti metallici contribuiscono a conferire una migliore risposta globale nei confronti dell'azione orizzontale, contenendo l'entità degli spostamenti e delle rotazioni delle pareti stesse e consentendo la mitigazione della vulnerabilità del meccanismo cinematico di ribaltamento semplice. Va considerato che prima della posa in opera deve valutarsi la qualità muraria, specie in corrispondenza delle zone di attestamento dei presidi di contrasto, in quanto si determinano in questi punti severe azioni locali, tipicamente di compressione e punzonamento. L'incatenamento prevede l'utilizzo di due componenti: i capochiave e la catena. In corrispondenza delle due testate di estremità sono allocati i capochiave costituiti da elementi di contrasto in acciaio zincato. Si suggerisce di lasciare questi elementi a vista come elemento di riconoscibilità e datazione dell'intervento e, inoltre, di considerare la possibilità di una lavorazione particolare di questo, che conferisca pregio tecnico e artistico all'elemento⁷⁸⁶. L'efficacia di questo tipo di presidio è ampiamente dimostrata dagli effetti del sisma sull'architettura storica⁷⁸⁷.

⁷⁸⁶ RELUIS, *Linee guida per riparazione e rafforzamento di elementi strutturali, tamponature e partizioni*, a cura di M. DOLCE E G. MANFREDI, DoppiaVoce, maggio 2012, pp.69-77.

⁷⁸⁷ Si consideri il caso di Palazzo Centi a L'Aquila, Vedi pp.172-174; per approfondimenti: S. PODESTÀ, L. SCANDOLO, *Le catene metalliche nell'edilizia storica: come valutarne il contributo strutturale*, in «Ingenio».



Fig. 271, 272, 273 – Esempi di capochiave con particolari lavorazioni artistiche.

Infine, per quanto riguarda il problema di migliorare la resistenza a flessione e taglio delle travi in cemento armato presenti sul corpo nord del complesso⁷⁸⁸ si suggeriscono soluzioni basate sull'utilizzo di placcatura e fasciatura con materiali compositi fibro-rinforzati costituiti da fibre di carbonio di elevate prestazioni meccaniche immerse in matrici polimeriche (CFRP)⁷⁸⁹.

⁷⁸⁸ È emerso infatti dal modello globale la rottura per taglio di questi elementi, in particolare quelli di dimensioni maggiori, su cui grava il peso di murature e che, infatti, presentano un quadro fessurativo compatibile con lo scenario di danno previsto. Vedi schema parete 21 p.374 (fig.)

⁷⁸⁹ M. DOLCE, G. MANFREDI, *Linee guida per riparazione e rafforzamento di elementi strutturali, tamponature e ripartizioni*, Doppiavoce, 2012, pp.100-105.

CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Il problema della tutela del patrimonio architettonico nei confronti del rischio sismico si traduce sempre in un difficile equilibrio tra le ragioni della conservazione e le esigenze di sicurezza; questo è dovuto alla complessità dei contesti e dei casi oggetto di studio.

Obiettivo primario della ricerca è stato, quindi, analizzare gli approcci metodologici ed operativi che caratterizzano gli interventi di rafforzamento del costruito storico oggi, individuandone aspetti positivi e criticità, in relazione alle acquisizioni disciplinari del restauro e alle recenti disposizioni normative in termini di tutela e di vulnerabilità sismica.

In secondo luogo, il tentativo che si è cercato di compiere è quello di una valutazione delle prospettive teoriche ed operative riguardo al tema del miglioramento sismico del patrimonio architettonico dall'angolo visuale del Restauro architettonico e della Conservazione, affinché si tenga conto, in maniera concreta, in fase operativa, di principi e fondamenti disciplinari.

Una prima considerazione emersa dagli esiti della ricerca, senza dubbio positiva, riguarda l'impostazione generale della Direttiva per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale che evidenzia l'acquisizione degli aspetti metodologici fondanti la disciplina del restauro architettonico: per valutare la sicurezza sismica e progettare correttamente gli interventi di miglioramento sismico dell'architettura storica occorre conseguire un'adeguata conoscenza dell'oggetto di studio⁷⁹⁰; l'approvazione legislativa del corretto iter metodologico da seguire evidenzia la volontà di rendere palese una 'filosofia' che guidi la progettazione dell'intervento di miglioramento sismico.

L'approfondita conoscenza della fabbrica antica, fondata sull'analisi storica degli eventi e degli interventi subiti, sul rilievo dei materiali e delle tecniche costruttive, nonché sul rilievo dello stato di conservazione, è presupposto indispensabile per una corretta modellazione strutturale, affinché, definito il livello di sicurezza nei confronti delle azioni sismiche, sia

⁷⁹⁰ «È noto che, nell'iter metodologico del progetto di restauro dell'architettura, la fase della conoscenza svolga un ruolo fondamentale; conoscenza che deve riguardare tutti gli elementi costitutivi del manufatto storico il cui valore storico documentario richiede di essere riconosciuto in ogni aspetto ai fini della salvaguardia dei valori da trasmettere alle future generazioni. Si tratta, in sostanza, di rilevare, individuare, connotare i diversi componenti costruttivi – singolarmente e e nel loro insieme – sia che assicurino la stabilità della fabbrica (fondazioni, murature, archi, volte, cupole, solai, tetti), sia che costituiscano elementi di finitura (malte, stucchi, intonaci, decorazioni lapidee, tinteggiature, paramenti e rivestimenti lapidei odi malta, ecc.). tale tipo di analisi richiede un'attenta e scrupolosa ricerca storica, nonché un confronto diretto con la fabbrica, prima di avviare una complessa fase di rilevamento e di indagini finalizzate alla conoscenza degli aspetti statici e conservativi». Cfr. A. AVETA, *La diagnostica integrata per il progetto di restauro*, in A. AVETA (a cura di), *Diagnostica e conservazione. L'insula 14 del Rione Terra*, Edizioni Scientifiche Italiane, settembre 2008, p.78.

possibile progettare un intervento di miglioramento sismico compatibile con l'oggetto da tutelare e, dunque, con i principi della conservazione dei beni architettonici.

Le linee guida hanno quindi il merito di aver acquisito quel 'metodo' proprio del progetto di restauro architettonico indicato già nel 1840 da Viollet Le Duc che, con l'esempio della sua personalità e della sua esperienza, delinea, per la prima volta, la figura culturale del professionista responsabile del restauro e determina i caratteri della 'pratica' del restauro dei monumenti, insegnandoci che la strada maestra per individuare gli schemi strutturali è la Storia della costruzione e dell'architettura. «[...] *Studiare la Storia non serve a emozionarsi, ma a educarsi all'esattezza, alla presa sul reale, alla capacità di modificarlo*»⁷⁹¹ serve ad accertare e comprendere la complessità e, dunque, in questo senso forma professionisti consapevoli, dotati di senso critico. In altri termini, se l'articolo 29 del codice dei Beni Culturali e del Paesaggio ci dice 'che cos'è il restauro', le linee guida sembrano indicare, in un certo senso, 'come si fa' un progetto di restauro, per non dimenticare che «*il consolidamento delle strutture murarie [...] è uno degli interventi fondamentali di quell'insieme di operazioni che prende, appunto, il nome di 'Restauro dei monumenti' [...]*»; ovvero, non si tratta solo di rendere solide e sicure le parti strutturali di un edificio che altrimenti non lo sarebbero, ma è il contributo a conservare anche i valori materici e di impiego di tecniche.

Un secondo aspetto positivo da evidenziare, sempre sotto il profilo metodologico, è nel tentativo di trasmettere lo 'spirito' che deve guidare il progettista, consapevole delle acquisizioni disciplinari del restauro architettonico; la Direttiva piuttosto che fornire una serie di imperativi legislativi da seguire si esprime in termini di 'criteri' e di 'strategie'. È questo, ad esempio, il caso del capitolo 6 dedicato alle tecniche d'intervento, in cui, prima di passarle in rassegna, focalizza l'attenzione sulle 'strategie' per la scelta dell'intervento di miglioramento⁷⁹². Le possibili operazioni non vanno intese come elenco di interventi da eseguire comunque e dovunque ma come possibilità da valutare di volta in volta. In sostanza,

⁷⁹¹ T. MONTANARI, *Le pietre e il popolo*, minimum fax, 2014, ed. consultata 2016, pp.151-152.

⁷⁹² Cap. 6.1 - *Strategie per la scelta dell'intervento di miglioramento*, DPCM 09 febbraio 2011, *Linee guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale tutelato, con riferimento alle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008*, pubblicata sulla G.U. n 47 del 26 febbraio 2011, suppl. ord. n.54: «*La scelta delle tecniche d'intervento sarà valutata caso per caso, dando la preferenza a quelle meno invasive e maggiormente compatibili con i criteri della conservazione, tenendo conto dei requisiti di sicurezza e durabilità*» e, ancora: «*Gli interventi dovranno rispettare la concezione e le tecniche originarie della struttura, nonché le trasformazioni significative avvenute nel corso della storia del manufatto. Da questo punto di vista gli elementi strutturali danneggiati, quando possibile, dovranno essere riparati piuttosto che sostituiti e le deformazioni ed alterazioni, costituendo una testimonianza del passato, dovrebbero essere mantenute, eventualmente adottando misure atte a limitarne gli effetti negativi sulle condizioni di sicurezza*».

la norma mette l'accento sui principi piuttosto che sulle regole applicative; in questo modo si lascia spazio alla responsabile autonomia di chi opera sul manufatto storico, aspetto fondamentale quando si parla di patrimonio vincolato o avente particolare valore storico, con la premessa ovvia che sia un professionista dotato di un'adeguata formazione storico-critica e tecnico-operativa.

All'interno del percorso metodologico, ben delineato, si vogliono però evidenziare alcune debolezze. La prima consiste nell'assenza del riconoscimento di un momento di riflessione critica da parte del responsabile del restauro riguardo a quelli che sono gli aspetti immateriali dell'architettura oggetto di un probabile intervento, ovvero la 'valutazione dei valori' di cui il bene è portavoce a valle dell'ampia e approfondita fase della conoscenza; un momento importante di cui tener conto nella definizione finale degli interventi di miglioramento sismico per un'ulteriore garanzia di quell'auspicato equilibrio tra conservazione e sicurezza. In sostanza, chi scrive ritiene manchi il riconoscimento del ruolo di interprete dell'architetto – restauratore dei risultati derivati dalle indagini conoscitive condotte sul bene. La metodologia dell'approccio progettuale vede nella fase della conoscenza il presupposto fondamentale per compiere scelte non solo efficaci ma, soprattutto, rispettose dei principi cardine della moderna teoria del restauro, tra i quali, il minimo intervento, la distinguibilità, il contemperamento dell'istanza storica ed estetica, l'autenticità, la reversibilità, la compatibilità fisico-chimico e meccanica. Tutto ciò trova coerenza nel fatto che il restauro non è un'operazione solo tecnica di conservazione della materia dell'architettura storica, ma azione critica del progettista che deve fondarsi sul riconoscimento dei valori da conservare⁷⁹³. È lo stesso art. 29 del Codice dei Beni Culturali e del Paesaggio a sottolinearlo, tuttavia, tale concetto, riconosciuto a livello legislativo, trova difficoltà ad essere acquisito ed applicato, soprattutto laddove le diverse attività utili per il progetto di restauro vengono frammentate e settorializzate⁷⁹⁴.

Se è vero che il processo conoscitivo nel campo della conservazione del patrimonio deve restituire un oggettivo quadro clinico, è altrettanto vero che non sembra sufficiente decodificare uno stato di vulnerabilità solo con l'utilizzazione di tabelle o simboli, che minimizza la funzione dell'architetto restauratore con conseguenze negative per il raggiungimento dei reali obiettivi. L'individuazione del degrado strutturale rientra negli

⁷⁹³ È questo il risultato fondamentale di tutta la riflessione sul restauro della seconda metà del XX secolo.

⁷⁹⁴ A. AVETA, *La diagnostica integrata per il progetto di restauro*, in A. AVETA (a cura di), *Diagnostica e conservazione. L'insula 14 del Rione Terra*, Edizioni Scientifiche Italiane, settembre 2008, p.78.

aspetti più complessi del restauro, cioè l'interpretazione⁷⁹⁵, e solo «l'esperto in Restauro dell'architettura, consapevole degli obiettivi conservativi, finalizza ogni azione al rispetto dei criteri disciplinari ed al loro temperamento»⁷⁹⁶.

È chiaro, dunque, che l'architetto restauratore non è lo storico delle trasformazioni che il bene ha subito, né il restauratore delle superfici: l'architetto restauratore guida il processo complessivamente anche quando il restauro sembra 'specializzarsi' sotto il profilo tecnico poiché «prima di essere una tecnica, il restauro deve essere una filosofia»⁷⁹⁷ e, come prima ricordato, l'intervento strutturale è parte integrante e non predominante del più generale progetto di Restauro.

Il metodo delineato, infatti, non deve rappresentare un complesso di regole fisse, estranee alla dinamica del pensiero. «Un metodo, infatti, è un insieme ordinato e successivo di atti fondato su una serie di operazioni intellettive (controllabili e ripetibili) che consentono alla mente, attraverso collegamenti e relazioni tra concetti, di attuare il processo di acquisizione della conoscenza. In tal senso, il metodo è [...] norma che determina comportamenti e scelte, per il conseguimento di risultati validi per un determinato fine».⁷⁹⁸ Questo fine è l'«esigenza vitale dell'uomo moderno di difendere i valori non materiali che egli riconosce nei monumenti e nel loro ambiente, traendone utilità e soddisfazione insostituibili»⁷⁹⁹, poiché «il patrimonio architettonico costituisce un capitale spirituale, culturale, economico e sociale di valore insostituibile»⁸⁰⁰

È chiaro dunque che il percorso della conoscenza è un momento fondamentale anche per il rilievo di quel sistema di valori, unici e irripetibili, di cui l'architettura storica è portavoce, e che devono guidare nel progetto degli eventuali interventi di miglioramento affinché questi non vadano perduti. In che modo è possibile far emergere questi aspetti nel progetto di restauro architettonico, con particolare riferimento ad una valutazione che tiene in massimo conto degli aspetti strutturali? È possibile 'quantificare' i valori? La norma ha 'quantificato' il livello di conoscenza raggiunto con l'introduzione del concetto di 'fattore di confidenza', uno degli elementi di maggiore novità delle linee guida, «che consente di graduare

⁷⁹⁵ B. G. MARINO, *Una diagnostica per i valori materiali ed immateriali: la conservazione della chiesa rupestre di S. Maria di Piedigrotta a Pizzo Calabro*, in Atti del Convegno DIACOMAST 2008, *Diagnostica per la tutela e la conservazione dei materiali nel costruito*, 21-22 febbraio 2008, Belvedere di S. Leucio, Caserta, Cuzzolin, dicembre 2009, pp. 285-294.

⁷⁹⁶ A. AVETA, *Diagnostica e conservazione. L'insula 14 del Rione Terra*, Edizioni Scientifiche Italiane, settembre 2008, p.20.

⁷⁹⁷ R. PANE,

⁷⁹⁸ R. DI STEFANO, *Il consolidamento strutturale nel restauro architettonico*, Napoli, Edizioni Scientifiche Italiane, 1990, pp. 31-32.

⁷⁹⁹ R. DI STEFANO, *Prefazione a Monumenti e Valori*, Edizioni Scientifiche Italiane, Napoli, 1996.

⁸⁰⁰ Dichiarazione di Amsterdam, 1972, art.3

*l'attendibilità del modello di analisi strutturale e tenerne conto nella valutazione dell'indice di sicurezza sismica (o della vita nominale)*⁸⁰¹. [...] *Il grado di attendibilità del modello sarà strettamente legato al livello di approfondimento ed ai dati disponibili. [...]*⁸⁰². Oltre alla definizione del livello di conoscenza, il fattore di confidenza non svolge nessun altro ruolo all'interno della procedura operativa per la definizione del livello di sicurezza sismica. Sarebbe dunque possibile dare anche 'un valore al valore'? A tal proposito, non va mai dimenticato il fine delle nostre operazioni per concentrarci esclusivamente sul come, poiché il restauro non deve «*distruggere la autenticità antica e originaria sostituendola con una nuova realtà storica, ma deve esso stesso caratterizzarsi come evento storico*»⁸⁰³ in sintesi, come afferma A. Bellini, il restauro e, dunque, anche l'intervento strutturale, deve caratterizzarsi come «*stratificazione di rilevante interesse storico*».

«Nel restauro occorre stabilire criticamente qual è [...], il valore che si ritiene possa offrire maggiore utilità [...] alla maggioranza degli uomini che lo osservano [...]»; e ancora, «*il valore di una cosa è nel rapporto che esiste tra l'uomo e la cosa, e cioè nell' 'interpretazione' del valore*»; il valore dipende, a sua volta, dalla realtà storica in cui si compie la valutazione, ma «*L'interpretazione dei valori porta ad una loro gerarchia [...], che non esiste, però tra i valori 'fondamentali', i quali si presentano in stretta connessione tra loro[...]. Il riferimento ad essi – che è un naturale bisogno dell'uomo – costituisce una interpretazione dei valori assoluti dai quali l'uomo (a seconda delle realtà, cioè della società, in cui vive) trae conseguenze diverse. Così accade che ogni cultura – senza mai prescindere dai valori esistenti assolutamente (non determinati storicamente) – sviluppa una propria risposta al 'bisogno dei valori'*»⁸⁰⁴. Si restaura quindi per gli uomini, per garantire la trasmissione dei valori (immateriali) contenuti in architetture (fatte di materia) alle generazioni future. È per queste ragioni che la Repubblica all'art. 9 della Costituzione accoglie la tutela del patrimonio storico e artistico della nazione «*perché quel patrimonio è stato il luogo e lo strumento della formazione della comunità nazionale, e dunque, dell'Uomo e degli uomini*»⁸⁰⁵. Tomaso Montanari, storico dell'arte, collega in questo modo

⁸⁰¹ Cap. 4.2 – *Livelli di conoscenza e fattori di confidenza*, DPCM 09 febbraio 2011, *Linee guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale tutelato, con riferimento alle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008*, pubblicata sulla G.U. n 47 del 26 febbraio 2011, suppl. ord. n.54.

⁸⁰² Cap. 4.1.1 – *Generalità*, DPCM 09 febbraio 2011, *Linee guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale tutelato, con riferimento alle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008*, pubblicata sulla G.U. n 47 del 26 febbraio 2011, suppl. ord. n.54.

⁸⁰³ R. DI STEFANO, *L'autenticità dei valori*, in «*Restauro*», n.129, 1994, p.126.

⁸⁰⁴ R. DI STEFANO, *Monumenti e Valori*, Edizioni Scientifiche Italiane, Napoli, 1996, p.88.

⁸⁰⁵ T. MONTANARI, *Le pietre e il popolo*, minimum fax, 2014, ed. consultata 2016, p.122.

il riconoscimento del valore, soprattutto civico dei monumenti, al diritto di tutti gli uomini di ‘godere’ di questi (valori). È questo il fine ultimo di qualunque operazione sul patrimonio storico-artistico e architettonico: il riconoscimento del valore civico dei monumenti che, garantito dalle attività di conservazione, permette a tutti gli uomini di essere e diventare qualcosa, «*più umani, più civili e, magari anche più felici*». ⁸⁰⁶

Il senso di questo ragionamento sembra più pregnante ancora se si pensa a tutti quei centri minori del territorio italiano dove il patrimonio di architettura storica continua ad alimentare la quotidianità della vita della comunità locale ⁸⁰⁷. In particolar modo nel nostro Paese «*[...] c'è un'altra lingua. Una lingua fatta di palazzi, chiese, quadri e statue che appartengono a tutti. [...] Quella lingua non serve a divertire i ricchi, ma serve a farci tutti uguali*». ⁸⁰⁸

Per queste ragioni, una normativa, seppur ‘tecnica’, redatta con l’obiettivo di garantire le condizioni minime di sicurezza, nel caso del patrimonio culturale, non può non tener conto delle ‘ragioni della conservazione’ che sono quelle appena esposte e, dunque, tutto ciò dovrebbe emergere in fase operativa.

Il restauro è un’attività culturale al servizio della comunità e, affinché questo aspetto emerga nella prassi operativa va inquadrata anche un’attività connessa al riconoscimento e alla salvaguardia dei valori che si stanno preservando con l’intervento, per consentire di praticare una strada diversa dalla spersonalizzazione che talvolta si realizza attraverso l’adeguamento ad uno scientismo che pretende troppo spesso di esautorare le questioni del Restauro ⁸⁰⁹.

⁸⁰⁶ Lo storico dell’arte Tomaso Montanari specifica che si deve superare il concetto ambiguo e pericoloso di ‘bene culturale’ e recuperare quello di ‘opera d’arte’ che non serve a far qualcosa, in particolare a produrre una rendita, ma a essere e a diventare qualcosa: «*Il valore civile del patrimonio storico e artistico dei monumenti non va negato a favore della rendita economica o del loro potenziale turistico. Esso deve contribuire a formare cittadini consapevoli*» e, dunque, «*[...] se il nostro patrimonio storico e artistico, e cioè il tessuto delle nostre città, non genera futuro in termini di cittadinanza, integrazione, eguaglianza costituzionale e vita sociale, allora non serve a niente, e non vale la pena conservarlo*», Cfr. T. MONTANARI, *Le pietre e il popolo*, minimum fax, 2014, ed. consultata 2016, p.122 e p.163.

⁸⁰⁷ «*Restaurare il patrimonio vuol dire attuare la Costituzione: restituire cioè ai cittadini la sovranità piena su un bene comune che è una parte fondamentale della loro identità. [...] restituire agli italiani questo patrimonio non vuol dire dar loro un lusso superfluo, vuol dire attuare l’eguaglianza costituzionale e dar loro qualcosa per cui valga la pena vivere, e che sottragga almeno una parte della loro vita al dominio del denaro e del mercato*», Cfr. T. MONTANARI, *Le pietre e il popolo*, minimum fax, 2014, ed. consultata 2016, p.120.

⁸⁰⁸ T. MONTANARI, *Le pietre e il popolo*, minimum fax, 2014, ed. consultata 2016, p.121.

⁸⁰⁹ B.G. MARINO, *Attualità di un percorso per la conservazione: l'immanenza dei valori nella ricerca di Roberto Di Stefano*, in A. AVETA e M. DI STEFANO (a cura di), *Roberto Di Stefano. Filosofia della conservazione e prassi del restauro*, Arte Tipografica Editrice, Napoli 2013, p.88. Vedi pure A. AVETA, *La diagnostica integrata per il progetto di restauro*, in A. AVETA (a cura di), *Diagnostica e conservazione. L'insula 14 del Rione Terra*, Edizioni Scientifiche Italiane, settembre 2008, pp.78-79. In particolare il riferimento è alle argomentazioni di G. Carbonara che nel corso di un intervento alla Terza mostra internazionale del restauro, Dal restauro alla conservazione, Roma 12 giugno – 15 luglio 2008 nel corso del quale sottolinea «*le pretese di uno scientismo tanto aggressivo quanto incapace di cogliere i nodi stessi del restauro, presentato come la sommatoria di competenze diverse (del chimico, del fisico, del restauratore di superfici, dello storico archivista, dello storico dell’arte, dell’ingegnere strutturista, del geometra computista e forse, in ultimo, anche dell’architetto) da cui si presume possa discendere un intervento di restauro, senza*

È emerso però, in particolare nel capitolo terzo della presente ricerca, che tutto ciò difficilmente emerge nella prassi operativa, in particolare negli interventi che seguono un evento calamitoso, quale è un sisma. Oggi nelle attività di restauro sussiste una rilevante discrasia tra la teoria e la prassi. È per questo che ogni occasione va colta per dimostrare la reale possibilità di applicare correttamente principi ormai condivisi, troppo spesso solo enunciati⁸¹⁰.

In questo senso, alla luce delle acquisizioni disciplinari e legislative enunciate, si è proceduto alla verifica della sicurezza strutturale di un aggregato campione per rispondere alla finalità delle Linee guida «*di formulare, nel modo più oggettivo possibile, il giudizio finale sulla sicurezza e sulla conservazione garantite dall'intervento di miglioramento sismico*» e, inoltre, per evidenziare in ciascuna fase operativa quelle difficoltà che possono influire all'atto pratico nella divergenza tra teoria e prassi per il conseguimento dell'obiettivo della conservazione.

Si è analizzato il complesso dei Padri Trinitari sito in Somma Vesuviana, un complesso di dimensioni notevoli collocato in un contesto “minore”, un centro storico poco indagato per quel che riguarda le caratteristiche materiche e, in particolare, strutturali delle architetture che lo connotano, nonostante il costante impegno di studiosi locali nell'approfondimento di fonti d'archivio per la ricostruzione della storia della comunità locale e delle sue eccellenze, non solo architettoniche.

In generale, le problematiche relative la prevenzione dal rischio sismico e, dunque, la conservazione dell'architettura storica in aggregato, riguardano non solo l'edilizia del tessuto storico di tipo residenziale, ma anche quella di tipo ‘monumentale’, per cui, sebbene da uno studio approfondito di materiali e tecniche costruttive locali possa derivare la conoscenza della ‘regola dell'arte’ propria di un ambito territoriale di riferimento, è pur vero che l'unicità delle dimensioni, della tipologia architettonica e, soprattutto, dell'articolazione spaziale delle architetture monumentali, insieme alle proprie vicende di edificazione e trasformazione, impongono un'attenzione specifica al caso studio, per il quale diviene difficile adottare soluzioni analoghe ad altri casi dello stesso contesto territoriale o a casi simili per tipologia architettonica.

un lavoro di regia e di progetto che, per definizione, è prefigurazione dei risultati, funzionali, tecnici ed estetici che si vogliono raggiungere».

⁸¹⁰ A. AVETA (a cura di), *Diagnostica e conservazione. L'insula 14 del Rione Terra*, Edizioni Scientifiche Italiane, settembre 2008, p.19.

Con riferimento al complesso dei Padri Trinitari in Somma Vesuviana è stata condotta, innanzitutto, una ricerca bibliografica e archivistica con l'obiettivo di individuare le principali fasi storico-costruttive del complesso. Si è poi cercato di individuare i materiali impiegati, nonché le modalità costruttive di questi, dall'epoca della costruzione originaria agli interventi contemporanei, tra cui quelli post sismici. Le indagini sono state estese al contesto ambientale di cui la fabbrica è parte integrante, al fine di individuare i reciproci condizionamenti. Infine, dal confronto tra ricerca storica e realtà costruttiva e dello stato di conservazione del complesso è stato possibile individuare e descrivere, insieme alla geometria, l'attuale assetto statico della fabbrica. In tal senso sono stati trattati i problemi posti dalla lettura dei meccanismi di collasso di I modo, insieme alla valutazione dell'efficacia degli interventi adottati. L'analisi dei meccanismi di collasso di primo modo ha consentito l'individuazione di alcuni possibili scenari di danno⁸¹¹. Lo studio dei meccanismi di collasso locali è tanto più esaustivo e utile a porre le basi per la definizione degli eventuali criteri d'intervento quanto più nota è l'evoluzione storico-costruttiva dell'edificio, la sola in grado di identificare con esattezza i macroelementi in cui ha senso convenzionalmente suddividere l'unità di analisi. Gli strumenti analitici per la valutazione dei meccanismi individuati, che consistono nell'analisi limite dell'equilibrio sviluppata mediante l'analisi cinematica, permettono di collegare il fenomeno fisico al dato numerico con un controllo consapevole da parte dell'operatore. In particolare, il livello di valutazione intermedio, basato sull'applicazione dei metodi di analisi limite dell'equilibrio è stato impiegato per valutare tutti i possibili meccanismi attivabili in caso di sisma e per ragionare criticamente sulle possibili alternative d'intervento che si potrebbero prevedere.

A queste procedure di tipo quali/quantitativo – il percorso di conoscenza, l'osservazione per macroelementi e gli strumenti speditivi di valutazione di questi – sono state poi affiancate le valutazioni analitiche di taglio più strettamente strutturale, con lo scopo di coniugare il fondamento numerico e quantitativo delle verifiche di calcolo con un approccio di natura più critico – descrittiva, proprio dello studio dell'architettura e, soprattutto, di esprimere un giudizio non solo in termini 'locali' ma anche globali di sicurezza che è uno degli obiettivi da conseguire per la conservazione dell'architettura storica in aggregato.

⁸¹¹ G.P. BROGIOLO, P. FACCIO, *Apsat12. Carta del rischio e conservazione dei paesaggi e delle architetture*, SAP Società Archeologica, marzo 2013, p.112.

È in questa fase che sono emerse le problematiche di natura più strettamente operativa, ovvero l'elevata incertezza nel campo della modellazione delle strutture in muratura e, dunque, nell'affidabilità del risultato conseguente dalla modellazione strutturale. A ciò si aggiunge il caos generato dal mondo dei software per la modellazione delle strutture in muratura, in particolare di quelle aventi carattere 'monumentale' e, ancor più, per quelle che si presentano in forma di aggregato, data la difficoltà di comprendere la reale interazione tra le parti e, dunque, l'influenza di queste sul comportamento globale.

È noto che fino al XVII secolo, cioè con l'avvio degli studi scientifici di Galileo, le strutture, rigorosamente in muratura, si costruivano per similitudine col caso precedente mediante l'acquisizione della regola dell'arte riferita ai casi 'positivi'. Da questa è derivata una 'regola della proporzione', da sempre impiegata nella realizzazione di strutture in muratura; ovvero si continuava a costruire con la 'proporzione' precedente. Dallo studio della manualistica storica si evince che alcuni autori si soffermarono sullo studio della 'resistenza' della singola pietra per poi comprendere che la resistenza complessiva del 'sistema' muratura fosse cosa ben differente; di conseguenza, i principi per l'edificazione delle strutture in muratura non subirono modifiche. Lo stesso Navier auspicava al superamento dei limiti di costruzione 'formale' imposti dalla muratura, poiché ben comprendeva che, date le regole dell'arte, le geometrie risultavano definite in maniera inequivocabile e, dunque, la progettazione architettonica ne era fortemente condizionata. Dal 1600 al 1800 si svilupparono i diversi studi matematici, in particolare, con i contributi di Eulero, Navier e Cauchy; nel 1827 nacque la teoria dell'elasticità che con lo sviluppo della tecnologia dell'acciaio segnò la nascita di un nuovo modo di fare architettura. Le nuove teorie, soprattutto matematiche, si applicavano però ai nuovi materiali⁸¹², per cui, parallelamente si verificò un progressivo abbandono degli studi sulle murature che continuavano a seguire le logiche dell'equilibrio della costruzione⁸¹³. Infatti, per ciò che concerne la teoria delle costruzioni murarie, le ultime elaborazioni teoriche di rilievo furono enunciate alla fine del Settecento⁸¹⁴; invece, la prassi

⁸¹² Il concetto stesso di plasticità, non è altro che l'evoluzione del concetto di elasticità: l'elemento che si è affaticato smette di lavorare e lavora qualcun'altro; si tratta, quindi, di una redistribuzione dell'elasticità stessa, cioè di un'estensione dell'elasticità dall'elemento all'insieme di elementi che lavorano.

⁸¹³ Poleni 1740, Rondelet e Breyman 1870.

⁸¹⁴ Le teorie accreditate nei trattati di meccanica e di architettura con aperture verso la statica furono quella galileiana per le travi e quella del De La Hire per gli archi. L'ultima memoria di rilievo su questi problemi venne presentata da Coulomb all'Accademia delle Scienze di Parigi nel 1773; tra questa e la creazione della Teoria dell'elasticità passano 40 anni nei quali nulla di nuovo sarà aggiunto e, anche dopo, sino ai nostri giorni, perché la nuova teoria dell'elasticità fu condizionata dalla comparsa del ferro come materiale costruttivo. Diverso fu lo sviluppo della dinamica, non ancora applicato alle costruzioni, che con l'invenzione del calcolo

costruttiva è rimasta inalterata nel corso dei secoli. Un nuovo capitolo sullo studio delle strutture in murature si inaugura nel 1967 con Heyman che avvia una nuova stagione di approfondimento delle regole dell'equilibrio. Nonostante l'incremento degli studi a partire da Heyman, nel 1982, Salvatore Di Pasquale parla ancora di «*buio panorama*» per quel che riguarda gli studi sul comportamento statico e dinamico delle murature caratterizzato «*da un incredibile numero di interventi che non hanno altra giustificazione che l'ignoranza totale [...] del reale svolgimento del fenomeno*»; e continua: «*il problema del recupero delle vecchie strutture murarie può essere risolto tecnicamente in molti modi, taluni anche egregi: ma ciò che manca [...] è la possibilità di effettuare delle verifiche scientificamente valide e con ampio raggio di azione, e di applicabilità, anche per chi ha conoscenze limitate a ciò che viene normalmente insegnato*».⁸¹⁵

Ad oggi, i filoni principali di ricerca sul tema della modellazione delle strutture in muratura sono costituiti da tre famiglie: coloro che, sebbene la muratura sia un materiale discontinuo, tentano di risolvere tale problematica con un approccio puramente matematico al problema⁸¹⁶; coloro che, data la discontinuità del materiale muratura non resistente a trazione, fanno un'operazione di 'omogenizzazione' per avere dei modelli 'equivalenti' – questa operazione, già complicata per i materiali elastici, diviene una grossa forzatura per materiali non resistenti a trazione –; e, infine, quelli che ragionano per elementi discreti ovvero 'finiti'⁸¹⁷.

Il metodo degli elementi finiti permette di ottenere analisi più raffinate, ma l'ampia variabilità dei risultati, a seconda dei valori assunti per i numerosi parametri meccanici che alcuni software richiedono, nonché l'elevato onere computazionale, rende l'analisi agli elementi finiti piuttosto complessa. Un diverso esempio di discretizzazione, quasi immediata, è quello del tipico telaio di una struttura in c.a o in acciaio. Il modello a telaio equivalente è previsto anche dalla legislazione vigente e consiste nel modellare gli elementi costituenti la parete come elementi travi di un telaio piano mentre i pannelli di intersezione si schematizzano come nodi rigidi della struttura. Questo tipo di modellazione, basata sulla

differenziale acquistò, proprio nel settecento, la sua configurazione definitiva ad opera di Eulero, D'Alembert e poi di Lagrange. S. Di Pasquale, *Architettura e Terremoto*, in *Restauro* p.6 e p. 14

⁸¹⁵ S. DI PASQUALE, *Architettura e terremoti*, in «*Restauro*», nn.59-60-61/1982, p.6.

⁸¹⁶ S. DI PASQUALE, *Architettura e terremoti*, in «*Restauro*», nn.59-60-61/1982, p.17.

⁸¹⁷ Il modello di analisi agli elementi finiti fonda dunque sul concetto della discretizzazione, cioè sull'atto di scegliere soltanto un certo numero di punti discreti di un corpo collegati alle estremità. Un esempio di discretizzazione è quello di un "continuum", come una volta, o una struttura in muratura. Il metodo degli elementi finiti si basa sul concetto di descrivere lo stato di deformazione di un sistema continuo mediante funzioni di spostamento o "funzioni di forma", definite in piccole regioni del "continuum". In quest'ottica le soluzioni sono formulate per ciascuna unità e combinate per ottenere la soluzione del corpo o della struttura originale.

plasticità concentrata, da un lato semplifica i calcoli ma dall'altro si presta poco a rappresentare il comportamento di edifici monumentali o, meglio, risponde bene a determinate tipologie architettoniche. Questo significa che, ancora oggi, si impiega per le strutture in muratura la teoria dei telai propria delle strutture in c.a. e acciaio, nonostante sia nota la notevole differenza delle strutture in muratura da queste per geometria e comportamento meccanico.

È chiaro che, l'unica certezza nel campo della modellazione delle strutture in muratura è l'impossibilità di impiegare gli stessi programmi o codici di calcolo del cemento armato e dell'acciaio: gli studi su questo tema si sono intensificati molto negli ultimi 30 anni, ma ancora molto si può lavorare in questa direzione. Il problema fondamentale nella modellazione delle strutture in muratura è che la risposta spesso non è univocamente determinata a differenza dei telai in cemento armato o in acciaio. Il dibattito sull'uso dei software e delle logiche che li governano è ancora tutto aperto: ricercatori e docenti universitari, specializzati su questi temi, hanno difficoltà nel comprendere 'cosa' ci sia all'interno dei software. L'obiettivo delle ricerche in tal senso è coniugare la semplicità e l'immediatezza dei modelli a telaio equivalente con l'accuratezza dei modelli ad elementi finiti. Ad oggi, l'ambizione, in particolare con riferimento alla modellazione del patrimonio architettonico delle nostre città, per il particolare 'valore' che riveste, è quella di una modellazione consapevole e colta.

Di conseguenza, il dibattito sull'impiego di un approccio empirico piuttosto che legato a semplificazioni e modellazioni possibili grazie all'ausilio di computer e software pare aver trovato un punto d'incontro nell'attuale legislazione che, appunto, li contempla entrambi. L'uno sostiene l'applicazione dell'altro, ne giustifica o smentisce i risultati numerici. L'evoluzione della legislazione, la definizione del miglioramento sismico per gli edifici vincolati, le normative sempre più complicate in termini di scelte progettuali evidenziano la complessità dell'approccio. Le verifiche sismiche della direttiva sono di non facile applicazione da parte della classe professionale degli architetti che più di altri tecnici dovrebbe operare sugli edifici vincolati o in contesti di forte carattere storico⁸¹⁸

In conclusione, il problema della corretta modellazione della struttura in muratura, in particolare di tipo monumentale, in forma 'singola' o in 'aggregato', diviene un problema

⁸¹⁸ A. AVETA, *Diagnostica e conservazione. L'insula 14 del Rione Terra*, Edizioni Scientifiche Italiane, settembre 2008, pp.77-78.

complesso per ciò che riguarda il ruolo dell'architetto restauratore. L'architetto restauratore dovrà, da un lato, contemplare i risultati 'qualitativi' derivanti dall'approfondita fase di conoscenza dell'architettura oggetto di studio e, dall'altro, conoscere i principi che governano le modellazioni strutturali, nonché i principali tipi di incertezze che caratterizzano i risultati delle analisi e i software impiegati nel calcolo, al fine di formulare il giudizio finale in termini di conservazione e di sicurezza con consapevolezza e, dunque, definire con capacità gli interventi: « *L'architetto restauratore, [...], di fronte alla complessità del problema, deve assumere un atteggiamento rigoroso, favorire l'integrazione specialistica e coordinarne gli esiti per evitare che la frammentazione dei contributi faccia perdere di vista gli obiettivi finali da raggiungere*». ⁸¹⁹

La modellazione globale del complesso conventuale dei Padri Trinitari ha dimostrato proprio questo: ogni modellazione strutturale analitica ha limiti tali da non poter effettivamente comprendere le molteplici valenze materiche dell'architettura oggetto di studio, in particolare nel caso di palinsesti complessi, in cui la complessità geometrica dell'architettura, l'alternanza di materiali e tecniche costruttive diverse appartenenti ad epoche diverse, aumenta l'incertezza nella definizione del modello. È questo un aspetto che caratterizza la quasi totalità delle architetture storiche e, particolarmente, quelle in aggregato. L'ulteriore modellazione dell'aggregato oggetto di studio in relazione alle fasi storico-costruttive di questo è stata condotta con questa finalità: nonostante le incertezze insite in un approccio analitico di tipo 'globale', il risultato può essere utile per cercare di comprendere il funzionamento originario della costruzione e per valutare gli esiti degli interventi succedutesi sotto il profilo della conservazione e, soprattutto, della sicurezza. Tutti gli strumenti a disposizione dell'architetto restauratore devono impiegarsi per comprendere e per intervenire con consapevolezza.

In questo continuo e parallelo confronto tra aspetti quali-quantitativi, si delineano gli interventi di miglioramento sismico. La Storia e l'analisi della prassi operativa ci hanno insegnato la persistenza di un modo di operare basato sull'assoluta fiducia nei confronti di materiali e tecnologie avanzate, spesso avulse da una specifica conoscenza storico-costruttiva della fabbrica che hanno prodotto pesanti ricadute sugli esiti del restauro e sulla conservazione dell'autenticità materiale e spaziale dell'architettura. L'intervento strutturale

⁸¹⁹ A. Aveta, Diagnostica e conservazione. L'insula 14 del Rione Terra, Edizioni Scientifiche Italiane, settembre 2008, p.23.

si è spesso sovrapposto all'architettura storica senza alcuna preoccupazione dell'esito figurativo complessivo⁸²⁰. La lettura in chiave strutturale degli eventi storici consente di fornire una valutazione sui cambiamenti intervenuti e sulla ragione della presenza di eventuali dissesti, poiché contribuisce alla comprensione delle cause che li hanno generati. La possibilità di mettere in relazione le sequenze costruttive con le caratteristiche peculiari relative ai materiali, al degrado ed al dissesto dell'edificio tramite l'utilizzo di opportune unità di riferimento consente l'individuazione dei punti vulnerabili e la definizione delle zone che necessitano di analisi mirate, per la definizione di un programma 'calibrato' di interventi di miglioramento. *«L'atto conclusivo porta ancora una volta a ribadire come il progetto debba considerare le caratteristiche materico costruttive e strutturali dell'architettura, apportando miglioramenti, quando necessari, in grado di conservare un principio di funzionamento spesso non letto e conseguentemente distrutto»*⁸²¹.

Gli interventi di consolidamento sono previsti solo quando assolutamente necessari, questo perché è stata dimostrata ed evidenziata l'esistenza dei requisiti minimi di sicurezza delle strutture originarie⁸²². Nel caso specifico, i dispositivi prevalentemente previsti sono gli incatenamenti metallici, in grado di lavorare a trazione contrastando i meccanismi di ribaltamento o l'azione spingente di archi e volte, ritenuti i più congeniali nella difesa della fabbrica dalle sollecitazioni più pericolose. Oltre al comportamento 'locale', anche quello d'insieme è coadiuvato da questi provvedimenti. Sebbene si privilegino materiali e tecniche tradizionali poco invasive e il più possibile compatibili con le preesistenze sia dal punto di vista formale che strettamente materico, non si preclude la possibilità d'impiego di tecnologie innovative, come FRP e SRP, da sottoporre alle necessarie verifiche di compatibilità. La preferenza di alcuni materiali e tecniche ad altri non deve porsi come una scelta a priori, ma deve scaturire come conseguenza di un costante esercizio storico – critico – operativo.

La tutela dei monumenti in zona sismica, in forma aggregata o meno, non può prescindere da una logica di prevenzione attuabile attraverso una complessa attività basata sul confronto costante e multidisciplinare fra l'analisi strutturale e quella storico – costruttiva al fine di

⁸²⁰ Un esempio è proprio il caso studio svolto nella presente ricerca del complesso e della chiesa dei Padri Trinitari in Somma Vesuviana.

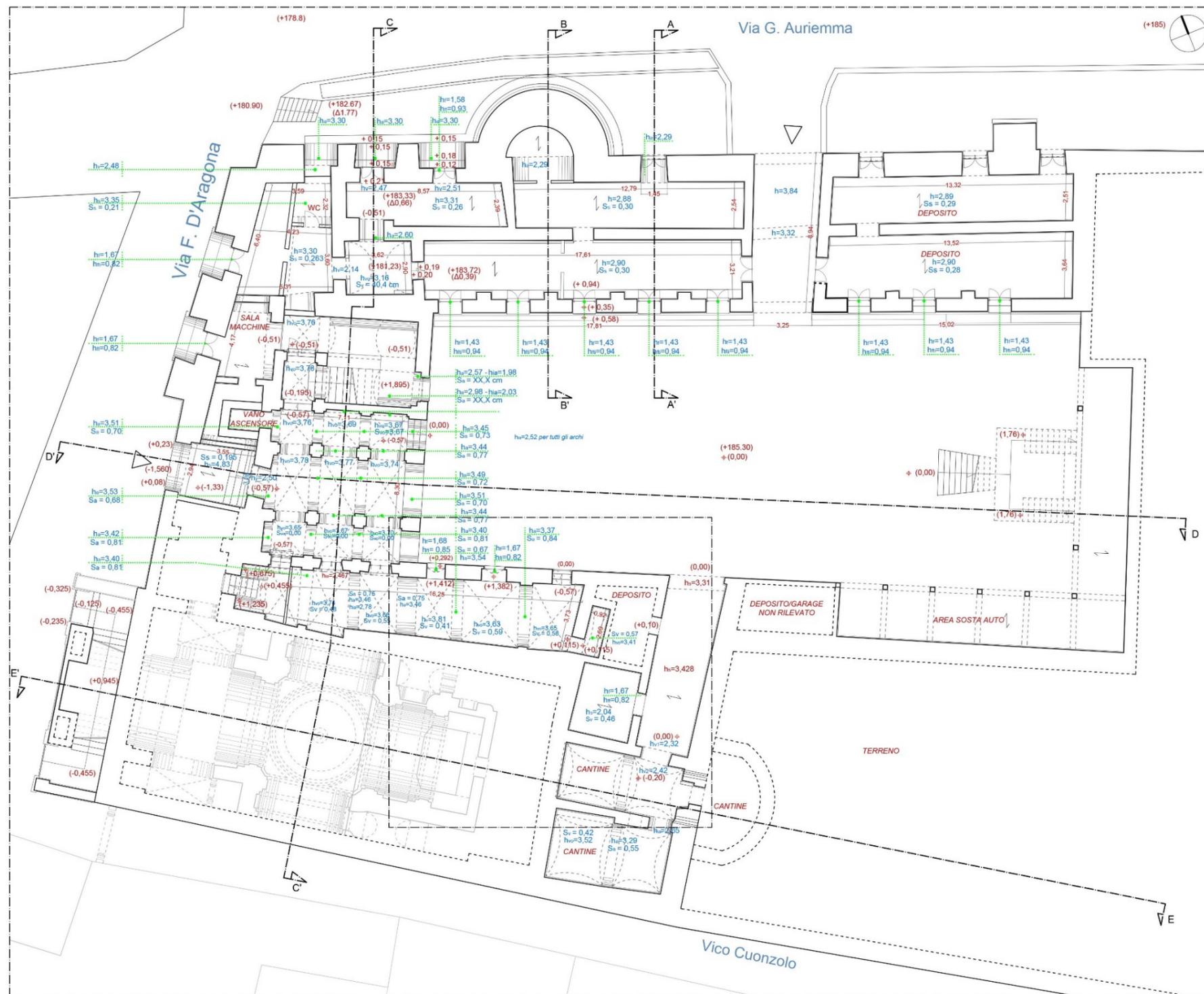
⁸²¹ G.P. BROGIOLO, P. FACCIO, *Apsat12. Carta del rischio e conservazione dei paesaggi e delle architetture*, SAP Società Archeologica, marzo 2013, p.113.

⁸²² E. GIURIANI, *Consolidamento degli edifici storici*, UTET scieze tecniche, p.24.

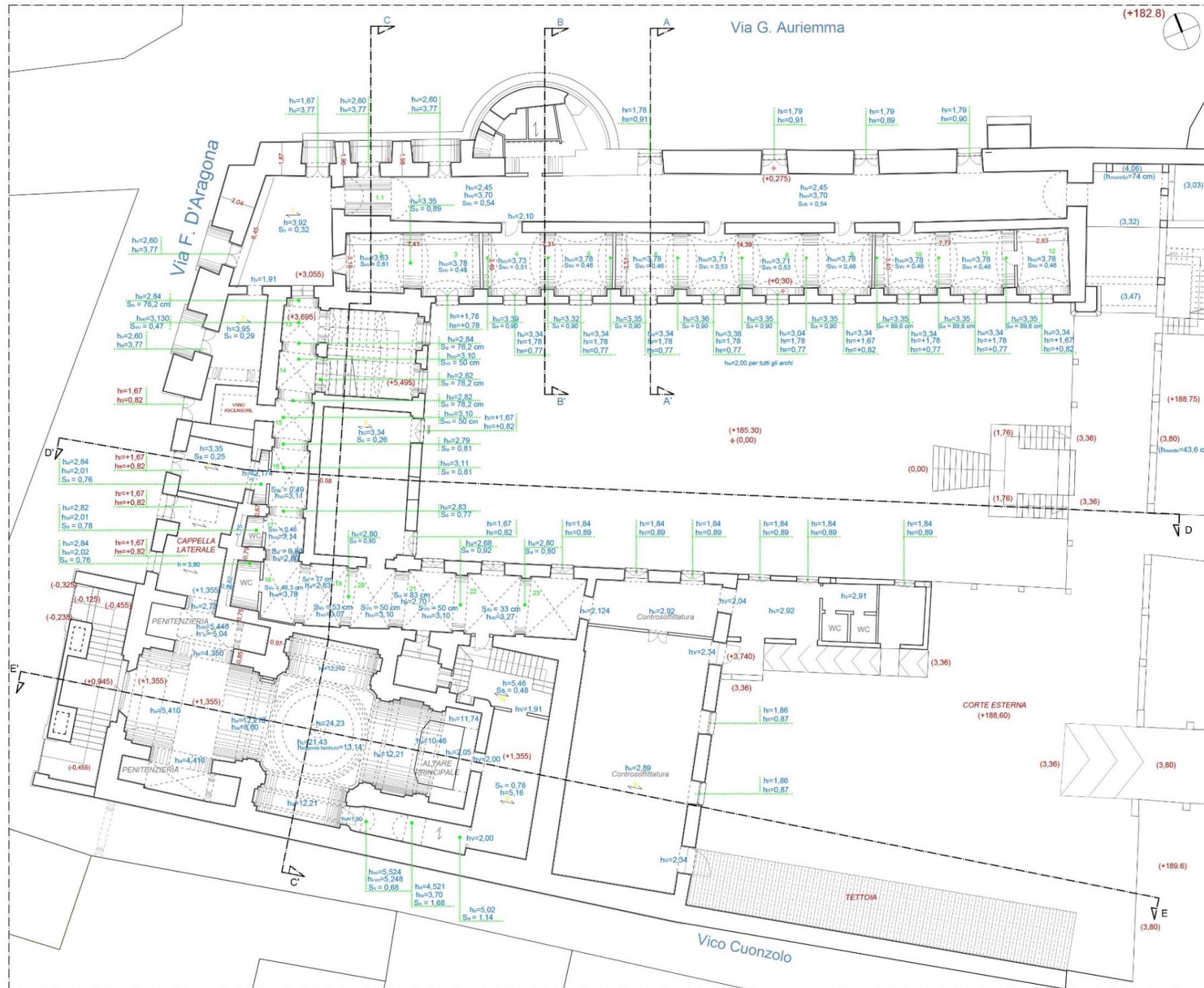
definire un programma di interventi minimi e mirati. Con l'attuazione di un simile approccio, si auspica anche di superare la convinzione, ancora molto diffusa, di attribuire al consolidamento un'autonomia disciplinare separata dal restauro affinché l'intervento finale sia in grado di «*parlare una lingua storica*»⁸²³ e, dunque, di garantire un concreto equilibrio tra le ragioni della conservazione e le esigenze della sicurezza.

⁸²³ A. DONATELLI, *Terremoto e architettura storica. Prevenire l'emergenza*, Gangemi editore, ottobre 2010, pp.218-219.

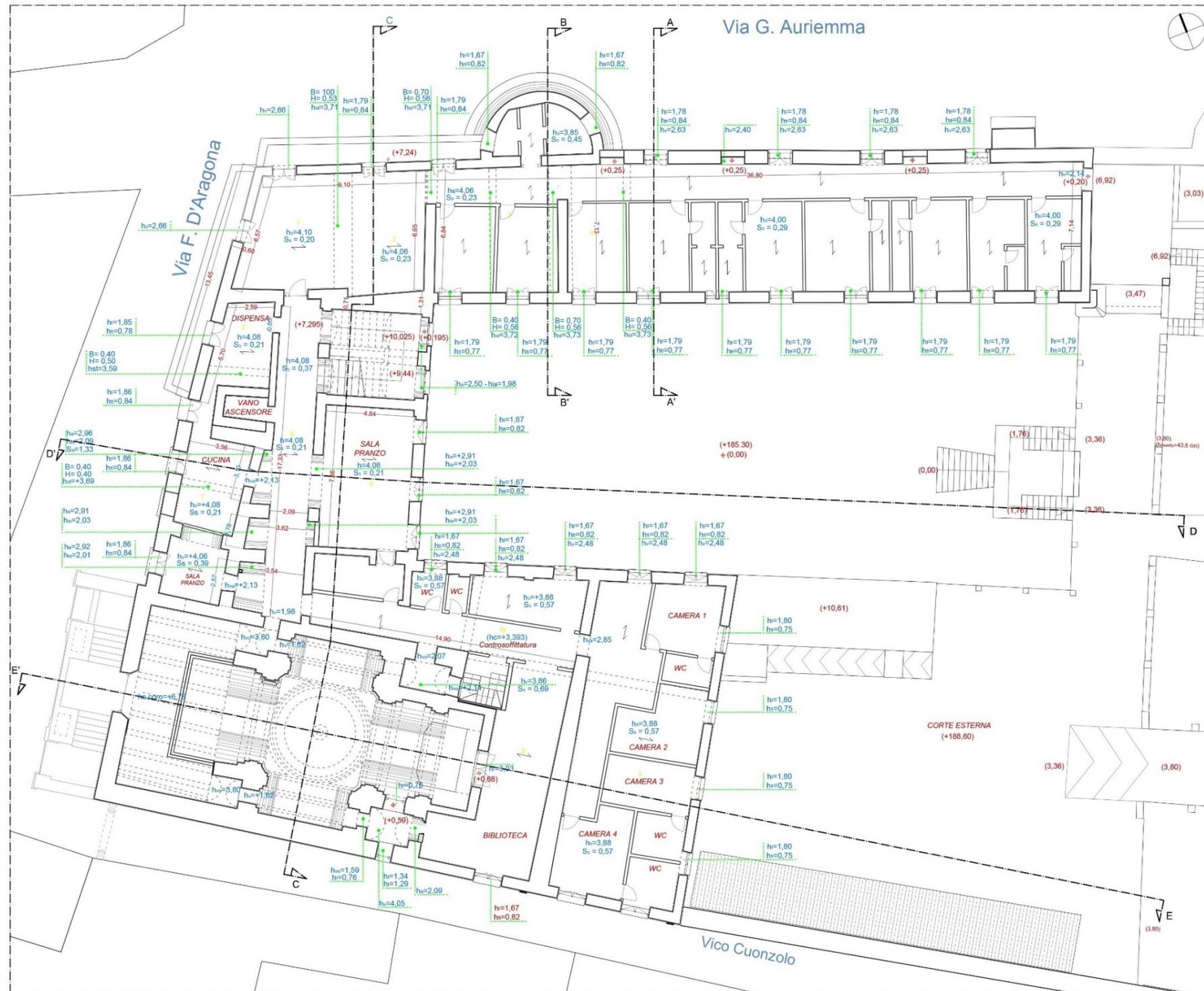
ALL. 1 - Rilievo Metrico: pianta pianoterra, 1:200



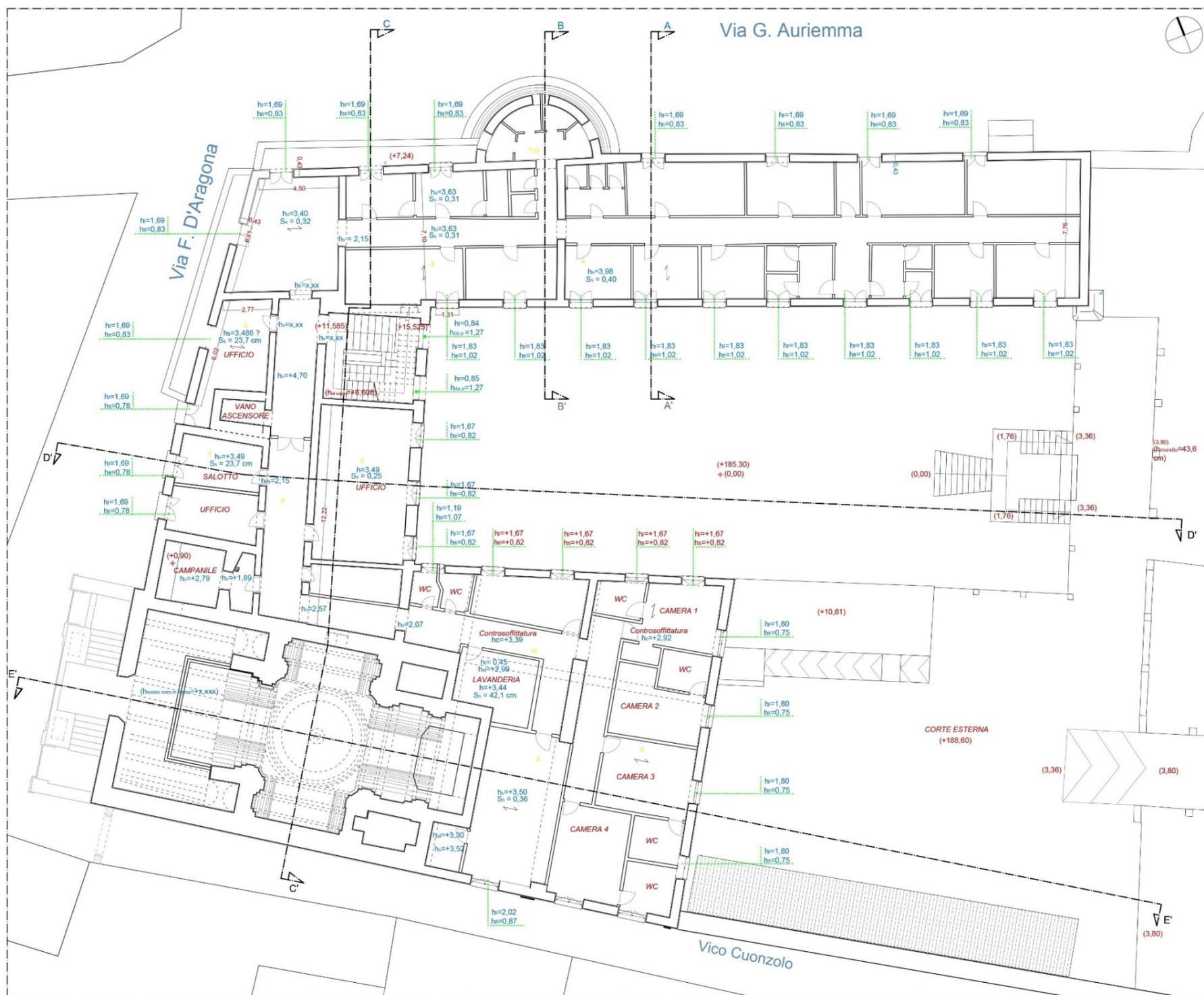
ALL. 2 - Rilievo Metrico: pianta piano primo, 1:200



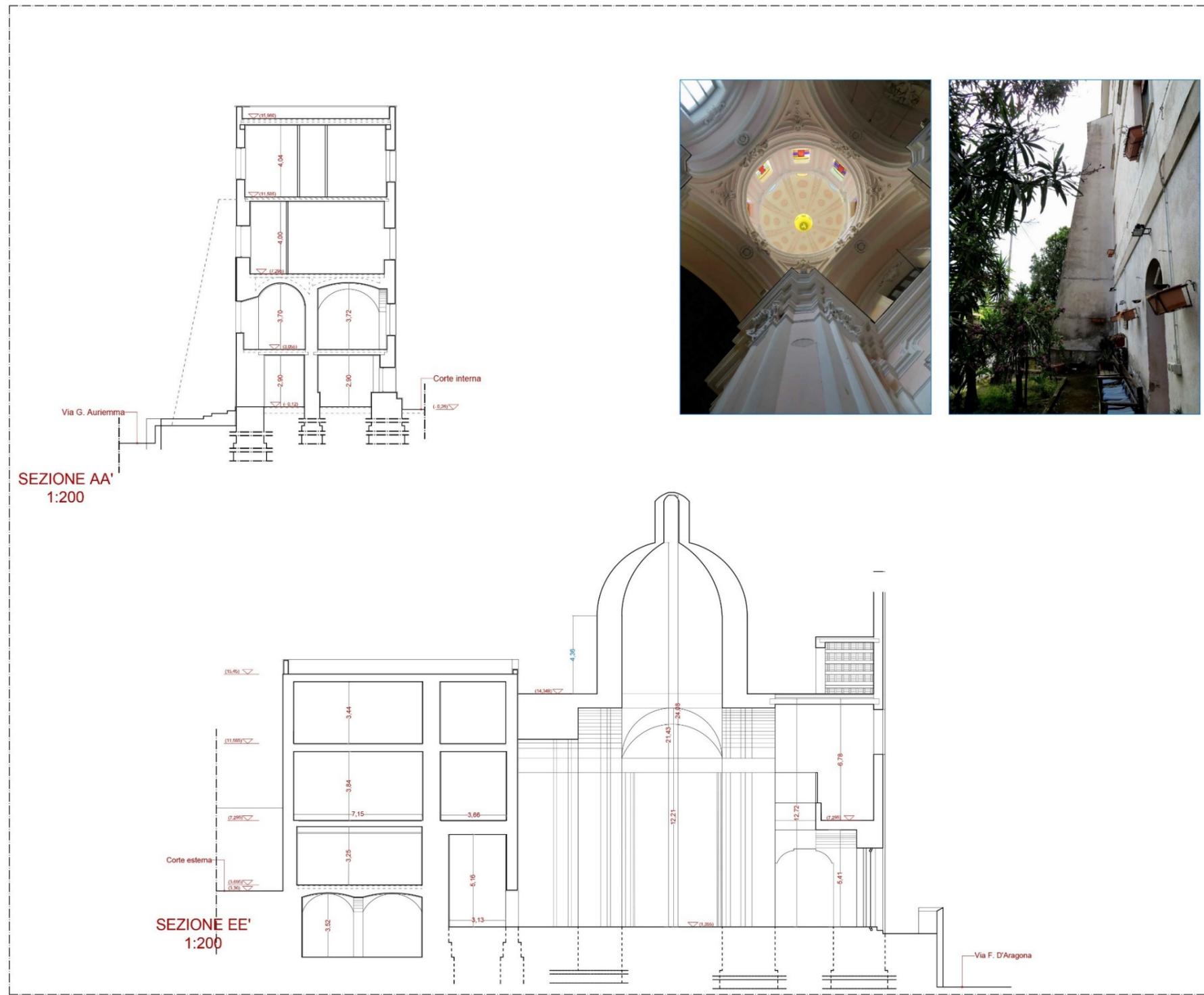
ALL. 3 - Rilievo Metrico: pianta piano secondo, 1:200



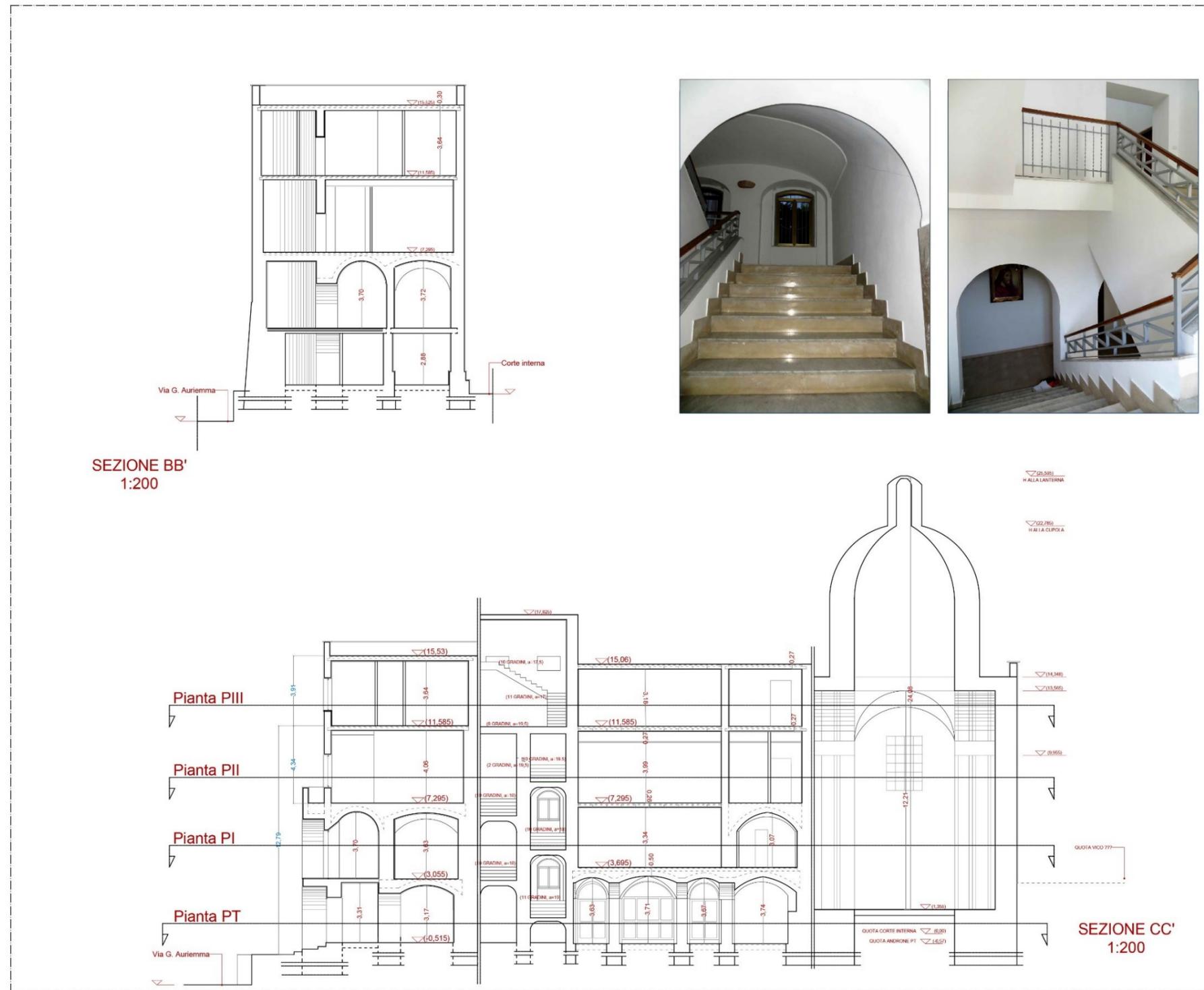
ALL. 4 - Rilievo Metrico: pianta piano terzo, 1:200



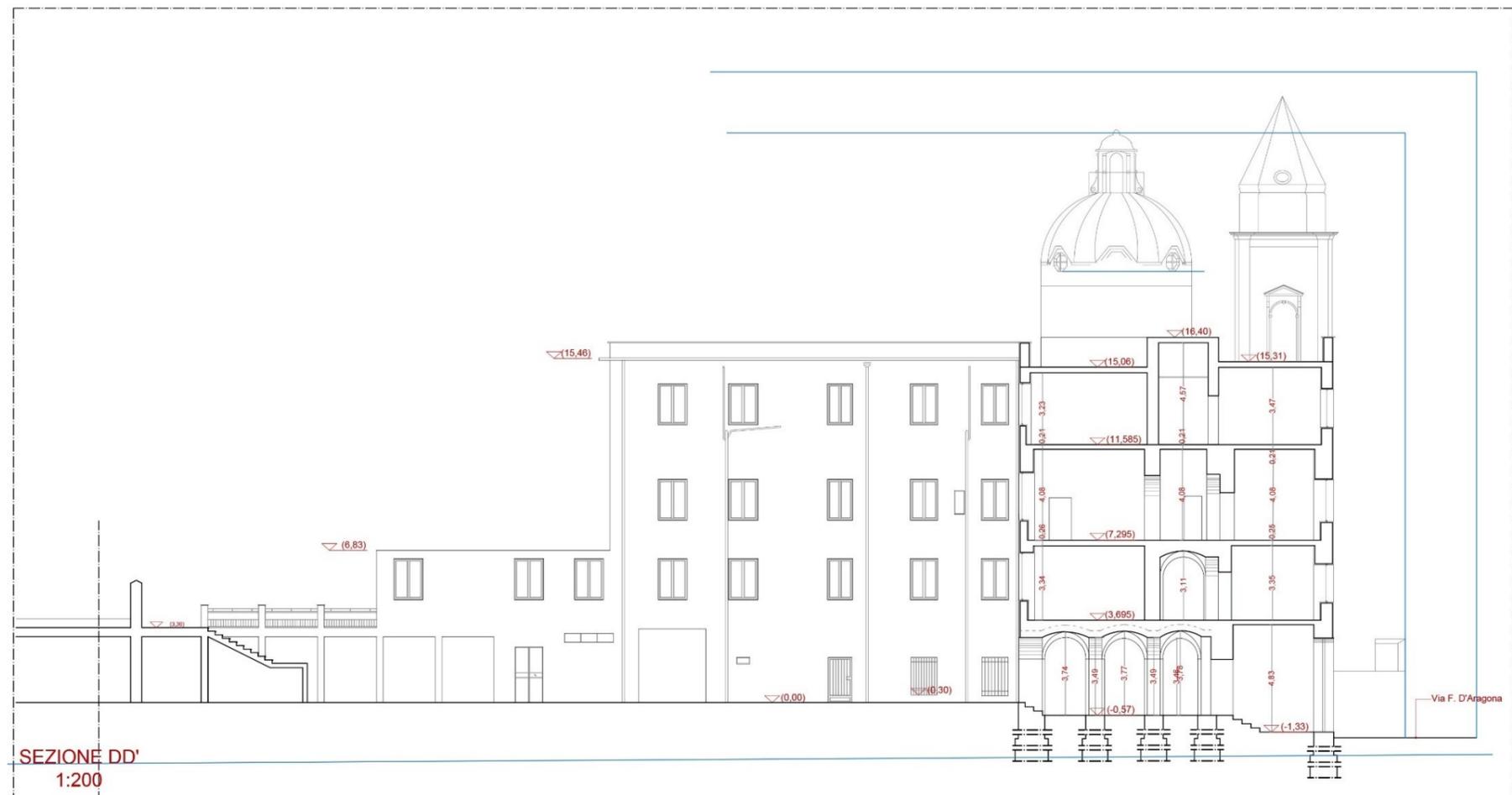
ALL. 6 - Rilievo Metrico: sezioni AA' – EE', 1:200



ALL.7 - Rilievo Metrico: sezioni BB' - CC', 1:200



ALL.8 - Rilievo Metrico: sezione DD', 1:200

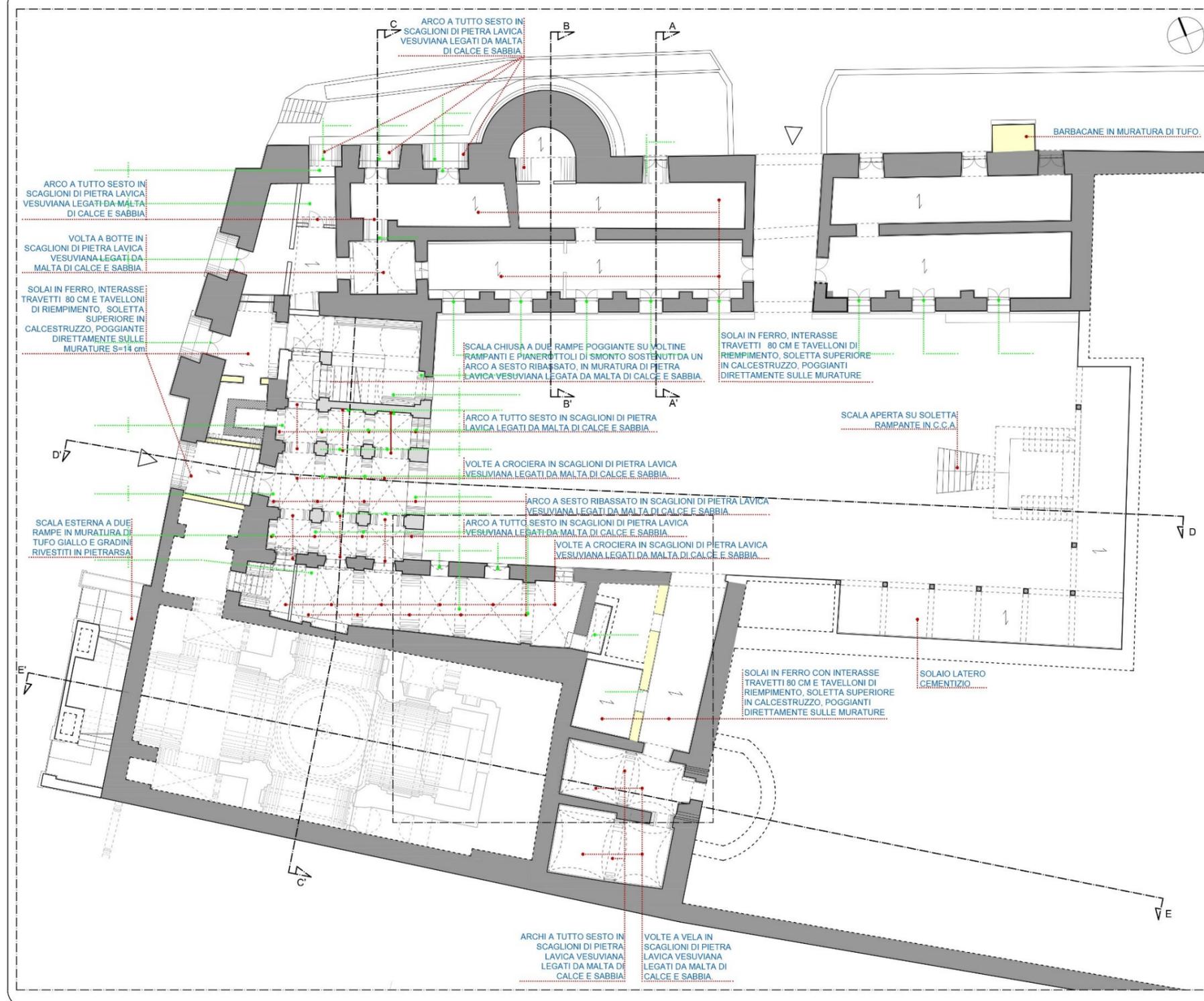


ALL.9 - Rilievo Metrico: prospetto ovest, 1:200



PROSPETTO OVEST
VIA F. D'ARAGONA
1:200

ALL.10 - Rilievo dei Materiali e delle Tecniche Costruttive: pianta piano terra, 1:200



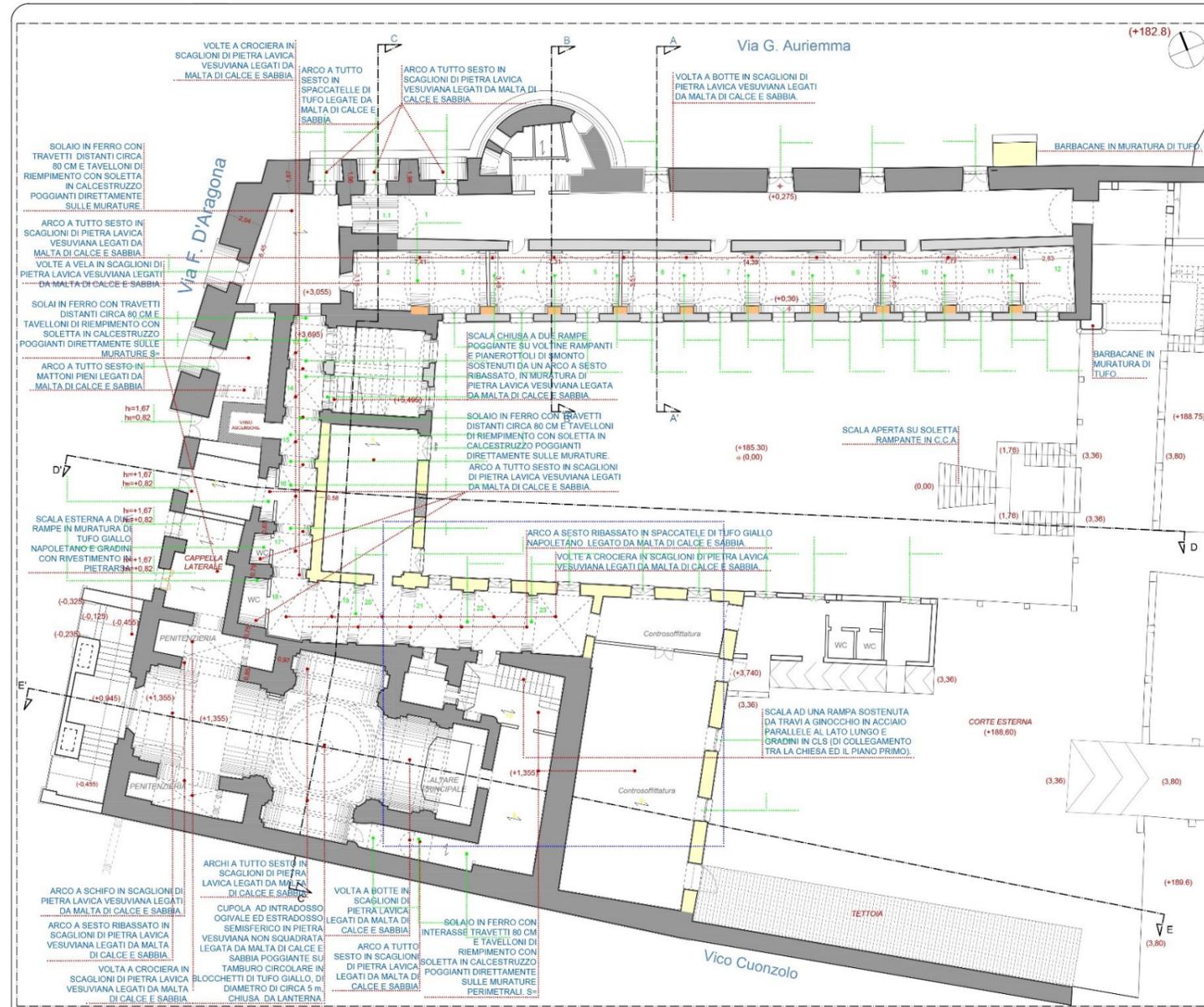
MATERIALI E TECNICHE COSTRUTTIVE	
STRUTTURE VERTICALI PORTANTI	
	Muratura caotica in pietra lavica vesuviana legata da abbondante malta di calce e sabbia.
	Muratura a sacco con paramenti esterni in blocchi di pietra lavica vesuviana non squadrata legati da abbondante malta di calce e sabbia.
	Muratura caotica di tufo giallo legato da malta di calce e sabbia.
	Muratura regolare a due teste in blocchi di tufo giallo legati da malta di calce e sabbia.
	Pilastrini in laterizi pieni legati da malta di calce e sabbia.
	Pilastrini in conglomerato cementizio armato.
STRUTTURE VERTICALI NON PORTANTI	
	Tamponatura di chiusura vano in blocchi di tufo giallo napoletano.
	Tamponatura di chiusura vano in blocchi di cemento
	Tramezzi in mattoni pieni. S= 17 cm

CONVENTO E CHIESA DEI PADRI TRINITARI IN SOMMA VESUVIANA

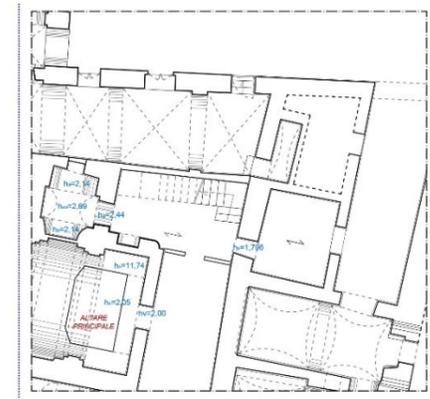
Tav. **9** MATERIALI E TECNICHE COSTRUTTIVE

PIANTA PIANO TERRA
1:200

ALL.11 - Rilievo dei Materiali e delle Tecniche Costruttive: pianta piano primo, 1:200

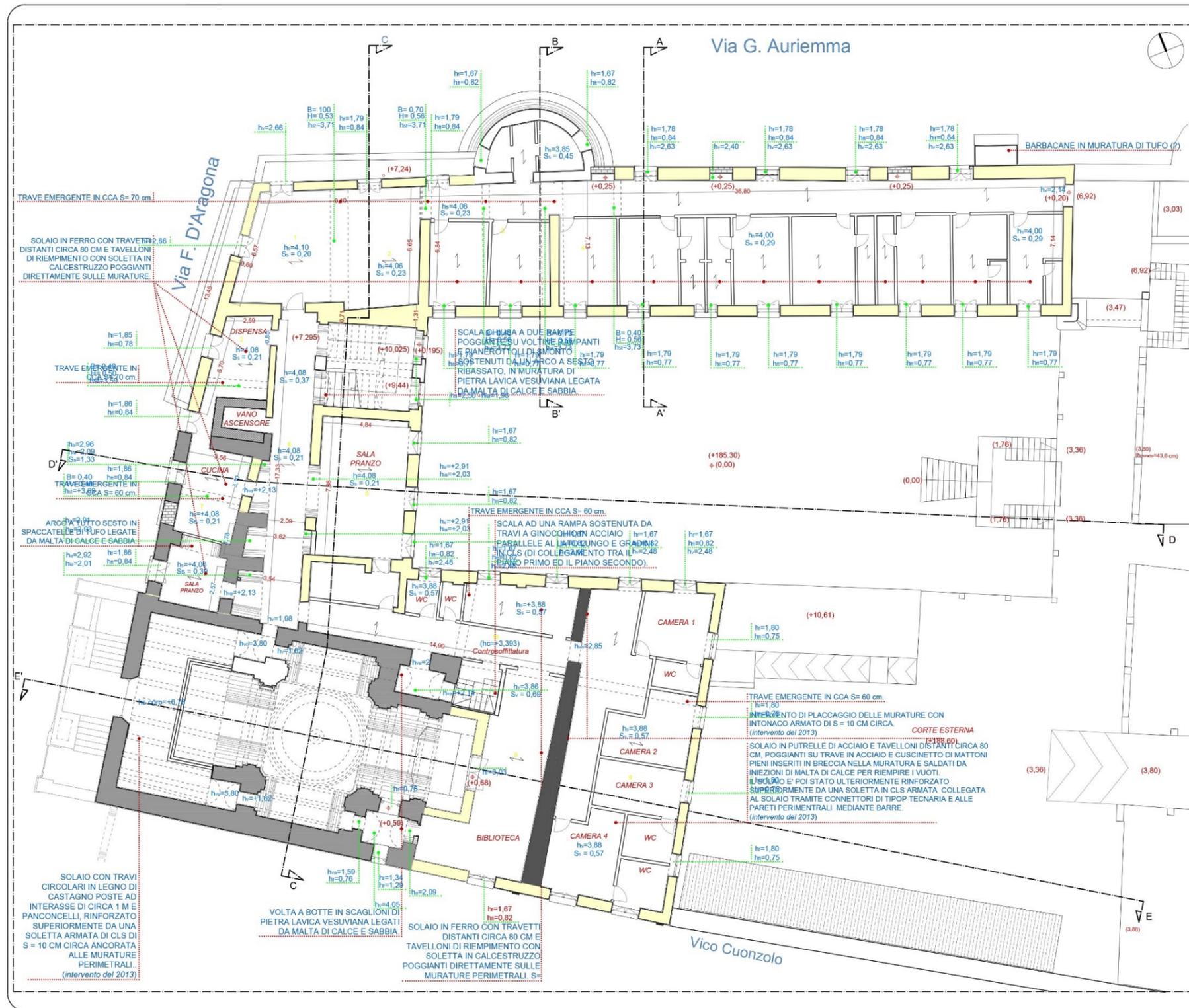


MATERIALI E TECNICHE COSTRUTTIVE	
STRUTTURE VERTICALI PORTANTI	
	Muratura caotica in pietra lavica vesuviana legata da abbondante malta di calce e sabbia.
	Muratura a sacco con paramenti esterni in blocchi di pietra lavica vesuviana non squadrata legati da abbondante malta di calce e sabbia.
	Muratura caotica di tufo giallo legato da malta di calce e sabbia.
	Muratura regolare a due teste in blocchi di tufo giallo legati da malta di calce e sabbia.
	Pilastri in laterizi pieni legati da malta di calce e sabbia.
	Pilastri in conglomerato cementizio armato.
STRUTTURE VERTICALI NON PORTANTI	
	Tamponatura di chiusura vano in blocchi di tufo giallo napoletano.
	Tamponatura di chiusura vano in blocchi di cemento
	Tramezzi in mattoni pieni. S= 17 cm



CONVENTO E CHIESA DEI PADRI TRINITARI IN SOMMA VESUVIANA
 Tav. 10 MATERIALI E TECNICHE COSTRUTTIVE
 PIANTA PIANO TERRA
 1:200

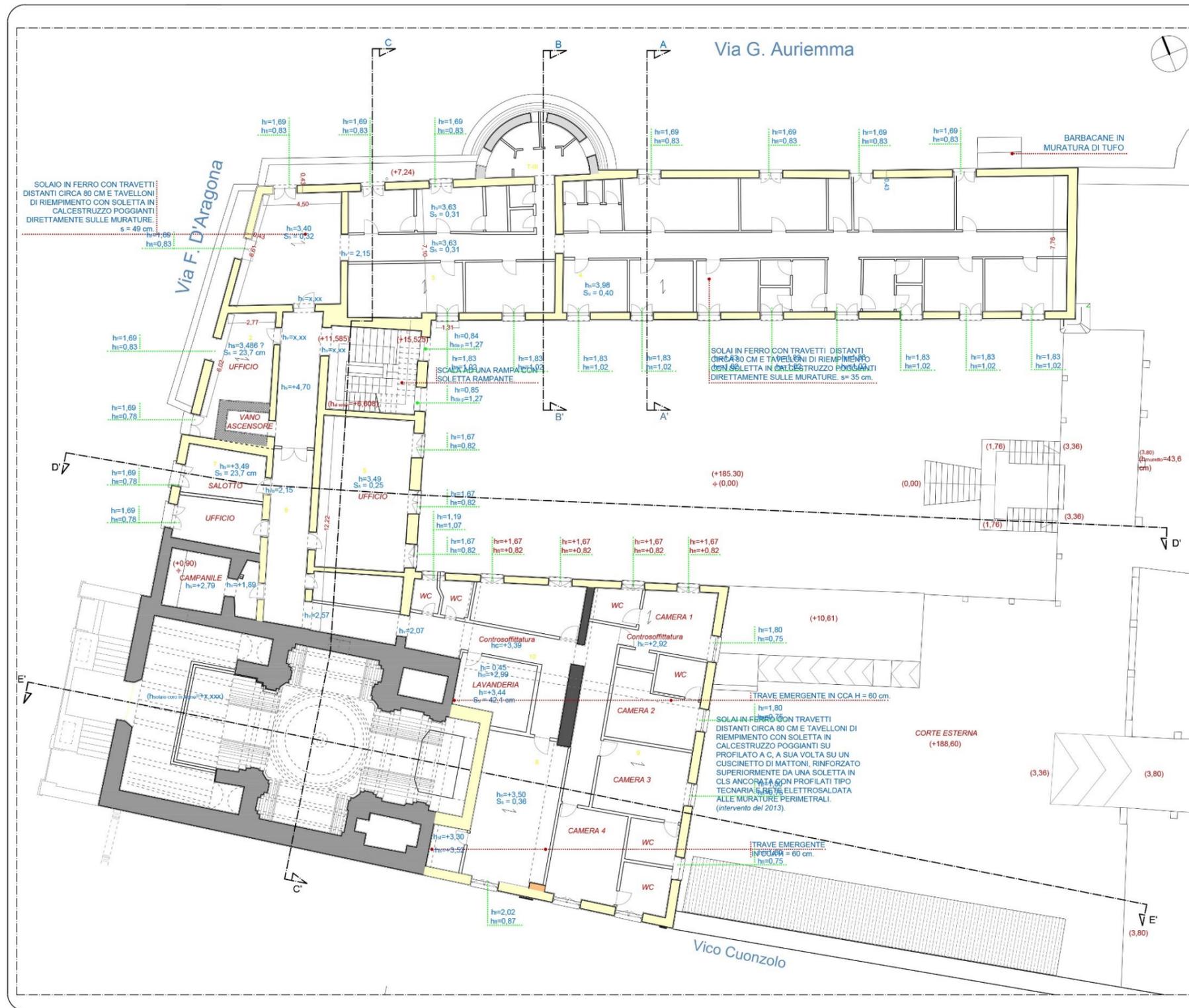
ALL.12 - Rilievo dei Materiali e delle Tecniche Costruttive: pianta piano secondo, 1:200



MATERIALI E TECNICHE COSTRUTTIVE	
STRUTTURE VERTICALI PORTANTI	
	Muratura caotica in pietra lavica vesuviana legata da abbondante malta di calce e sabbia.
	Muratura a sacco con paramenti esterni in blocchi di pietra lavica vesuviana non squadrata legati da abbondante malta di calce e sabbia.
	Muratura caotica di tufo giallo legato da malta di calce e sabbia.
	Muratura regolare a due teste in blocchi di tufo giallo legati da malta di calce e sabbia.
	Pilastri in laterizi pieni legati da malta di calce e sabbia.
	Pilastri in conglomerato cementizio armato.
STRUTTURE VERTICALI NON PORTANTI	
	Tamponatura di chiusura vano in blocchi di tufo giallo napoletano.
	Tamponatura di chiusura vano in blocchi di cemento
	Trazzetti in mattoni pieni. S= 17 cm

CONVENTO E CHIESA DEI PADRI TRINITARI IN SOMMA VESUVIANA
 Tav. 11 MATERIALI E TECNICHE COSTRUTTIVE
 PIANTA PIANO TERRA
 1:200

ALL.13 - Rilievo dei Materiali e delle Tecniche Costruttive: pianta piano terzo, 1:200



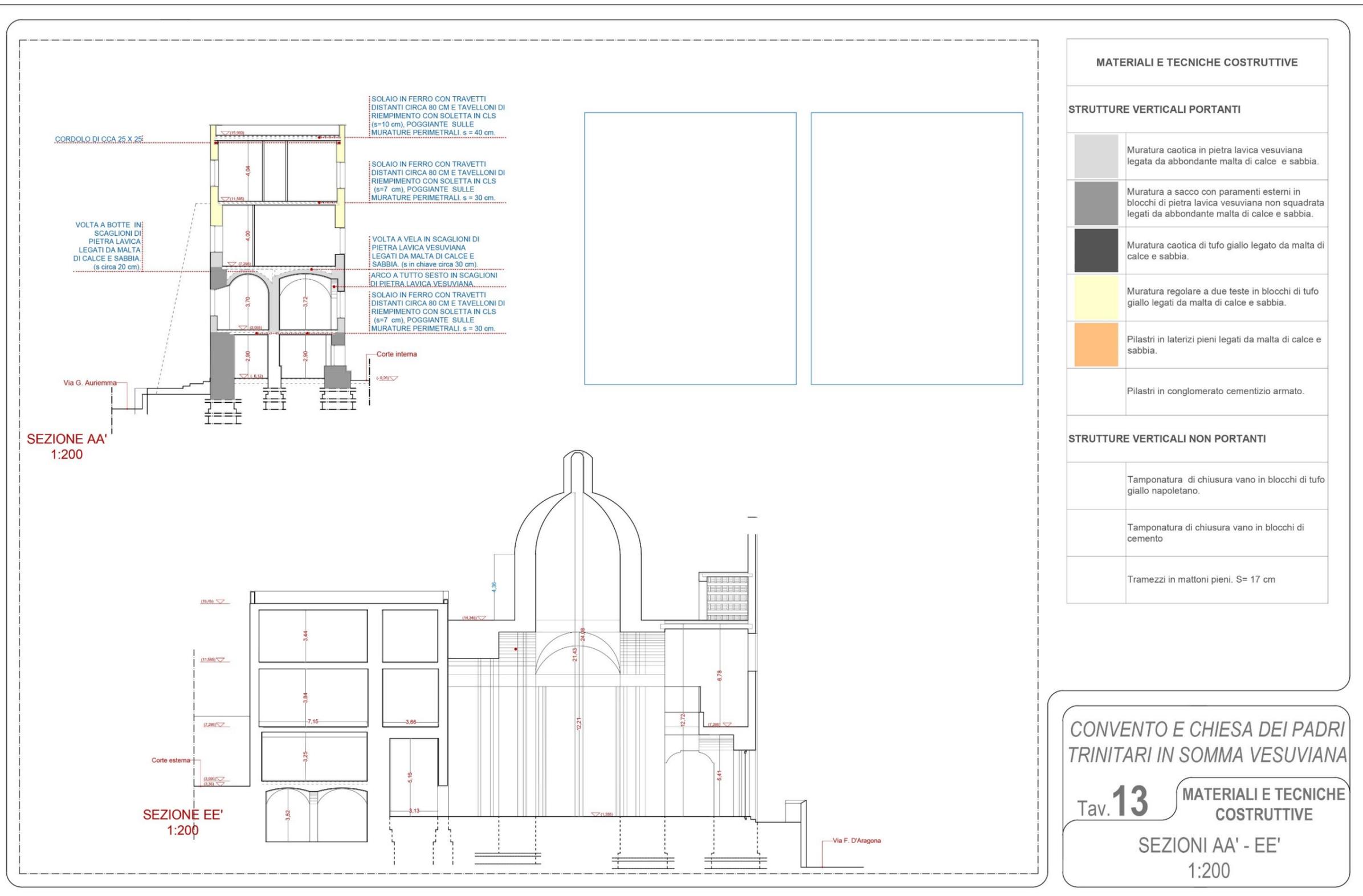
MATERIALI E TECNICHE COSTRUTTIVE	
STRUTTURE VERTICALI PORTANTI	
	Muratura caotica in pietra lavica vesuviana legata da abbondante malta di calce e sabbia.
	Muratura a sacco con paramenti esterni in blocchi di pietra lavica vesuviana non squadrata legati da abbondante malta di calce e sabbia.
	Muratura caotica di tufo giallo legato da malta di calce e sabbia.
	Muratura regolare a due teste in blocchi di tufo giallo legati da malta di calce e sabbia.
	Pilastrini in laterizi pieni legati da malta di calce e sabbia.
	Pilastrini in conglomerato cementizio armato.
STRUTTURE VERTICALI NON PORTANTI	
	Tamponatura di chiusura vano in blocchi di tufo giallo napoletano.
	Tamponatura di chiusura vano in blocchi di cemento
	Tramezzi in mattoni pieni. S= 17 cm

CONVENTO E CHIESA DEI PADRI TRINITARI IN SOMMA VESUVIANA

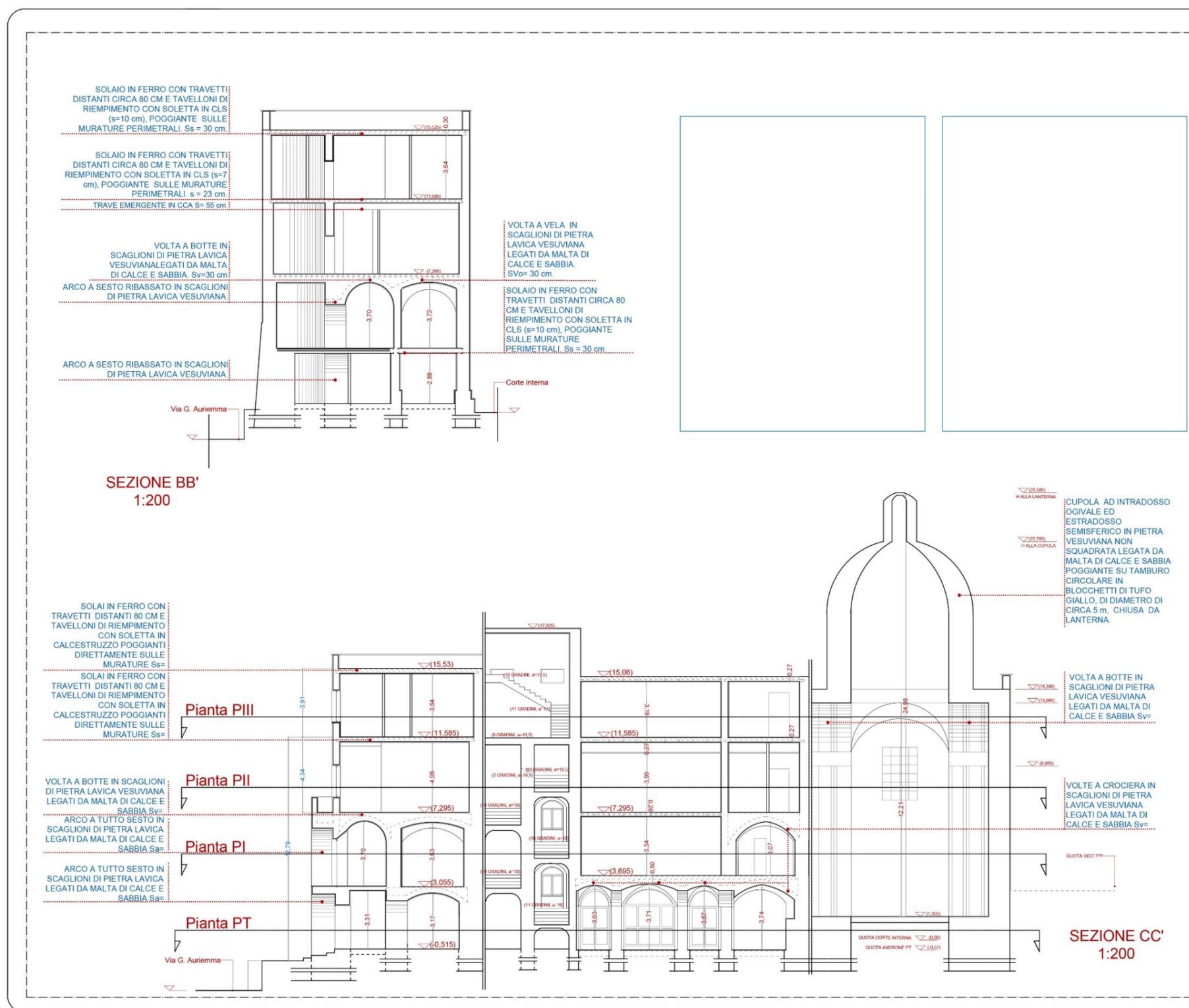
Tav. **12** MATERIALI E TECNICHE COSTRUTTIVE

PIANTA PIANO TERRA
1:200

ALL.14 - Rilievo dei Materiali e delle Tecniche Costruttive: sezioni AA' - EE', 1:200



ALL.15 - Rilievo dei Materiali e delle Tecniche Costruttive: sezioni BB' - CC', 1:200



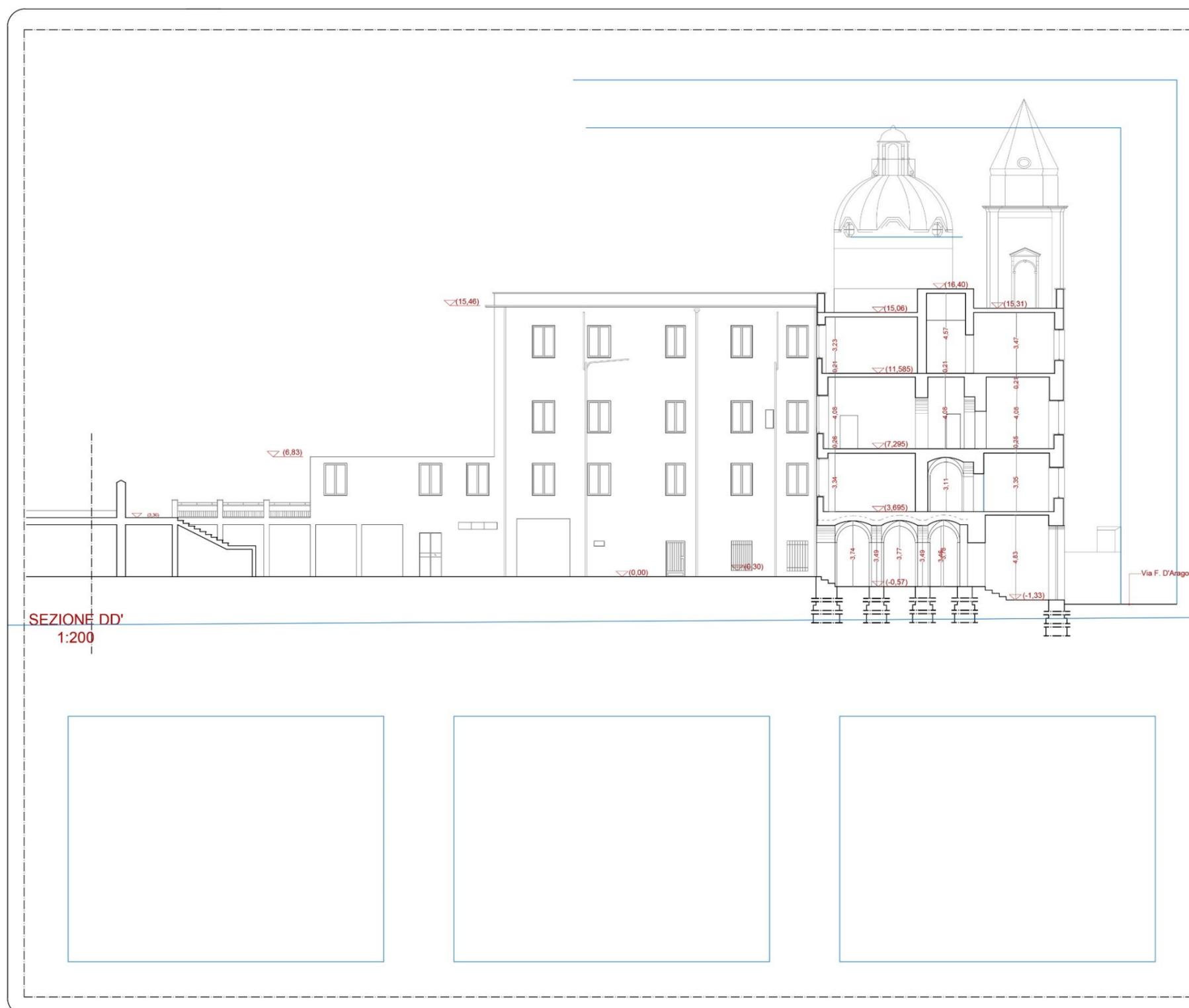
MATERIALI E TECNICHE COSTRUTTIVE	
STRUTTURE VERTICALI PORTANTI	
	Muratura caotica in pietra lavica vesuviana legata da abbondante malta di calce e sabbia.
	Muratura a sacco con paramenti esterni in blocchi di pietra lavica vesuviana non squadrata legati da abbondante malta di calce e sabbia.
	Muratura caotica di tufo giallo legato da malta di calce e sabbia.
	Muratura regolare a due teste in blocchi di tufo giallo legati da malta di calce e sabbia.
	Pilastrini in laterizi pieni legati da malta di calce e sabbia.
	Pilastrini in conglomerato cementizio armato.
STRUTTURE VERTICALI NON PORTANTI	
	Tamponatura di chiusura vano in blocchi di tufo giallo napoletano.
	Tamponatura di chiusura vano in blocchi di cemento
	Tramezzi in mattoni pieni. S= 17 cm

CONVENTO E CHIESA DEI PADRI TRINITARI IN SOMMA VESUVIANA

Tav. **14** MATERIALI E TECNICHE COSTRUTTIVE

SEZIONI BB'-CC' 1:200

ALL.16 - Rilievo dei Materiali e delle Tecniche Costruttive: sezione DD', 1:200



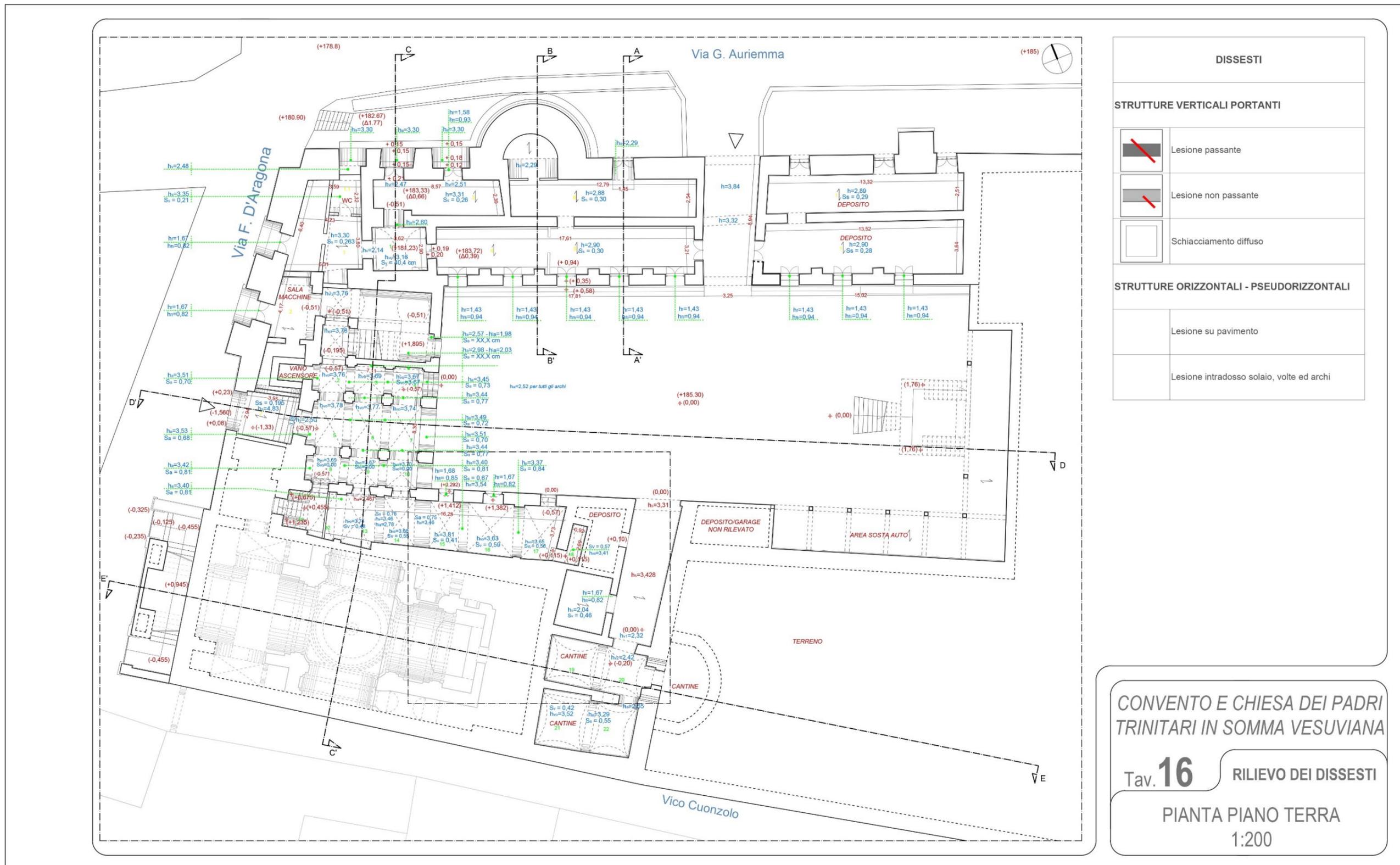
MATERIALI E TECNICHE COSTRUTTIVE	
STRUTTURE VERTICALI PORTANTI	
	Muratura caotica in pietra lavica vesuviana legata da abbondante malta di calce e sabbia.
	Muratura a sacco con paramenti esterni in blocchi di pietra lavica vesuviana non squadrata legati da abbondante malta di calce e sabbia.
	Muratura caotica di tufo giallo legato da malta di calce e sabbia.
	Muratura regolare a due teste in blocchi di tufo giallo legati da malta di calce e sabbia.
	Pilastrini in laterizi pieni legati da malta di calce e sabbia.
	Pilastrini in conglomerato cementizio armato.
STRUTTURE VERTICALI NON PORTANTI	
	Tamponatura di chiusura vano in blocchi di tufo giallo napoletano.
	Tamponatura di chiusura vano in blocchi di cemento
	Tramezzi in mattoni pieni. S= 17 cm

CONVENTO E CHIESA DEI PADRI TRINITARI IN SOMMA VESUVIANA

Tav. **15** MATERIALI E TECNICHE COSTRUTTIVE

SEZIONE DD' 1:200

ALL.17 - Rilievo dei dissesti: pianta piano terra, 1:200

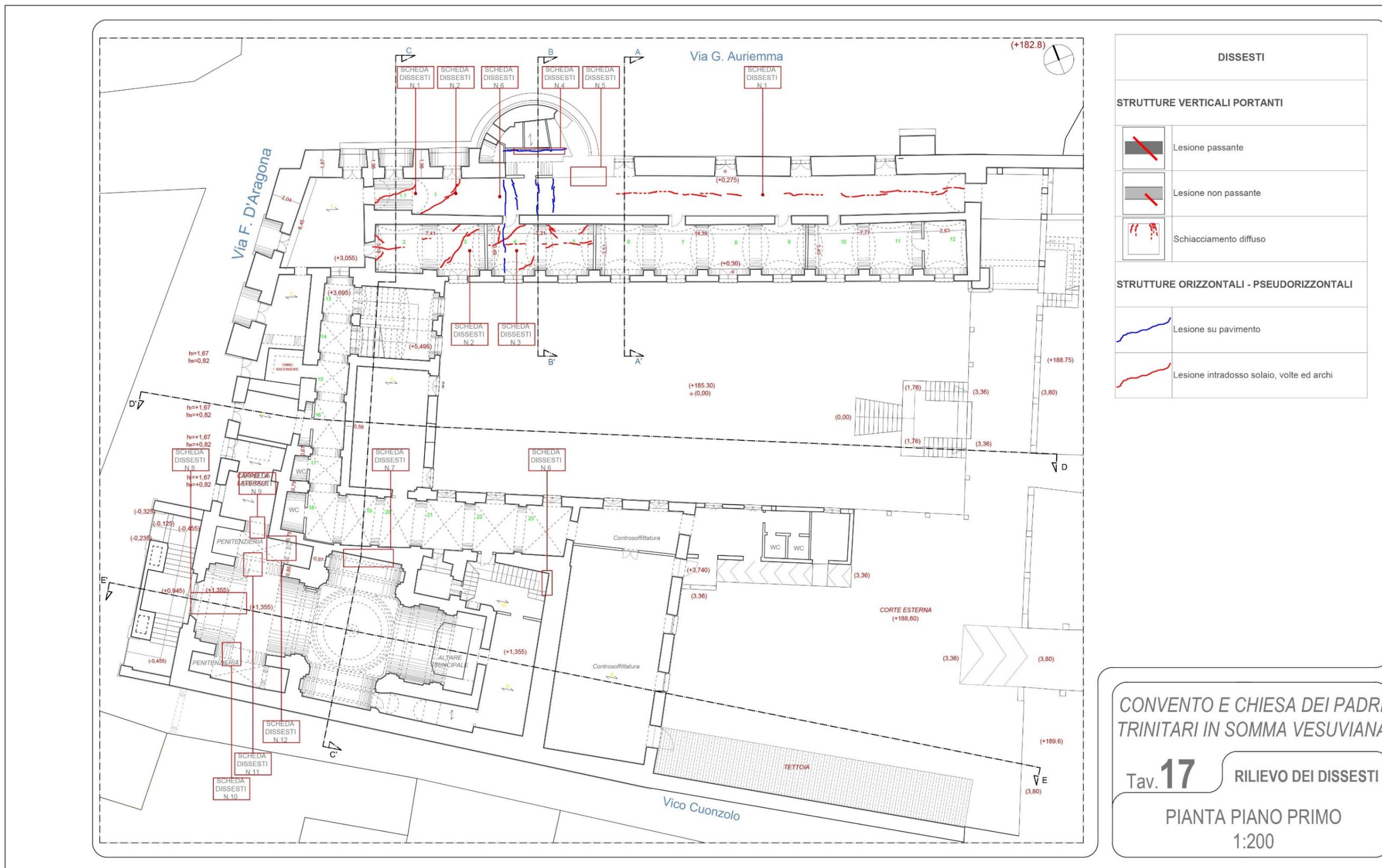


DISSESTI	
STRUTTURE VERTICALI PORTANTI	
	Lesione passante
	Lesione non passante
	Schiacciamento diffuso
STRUTTURE ORIZZONTALI - PSEUDORIZZONTALI	
	Lesione su pavimento
	Lesione intradosso solaio, volte ed archi

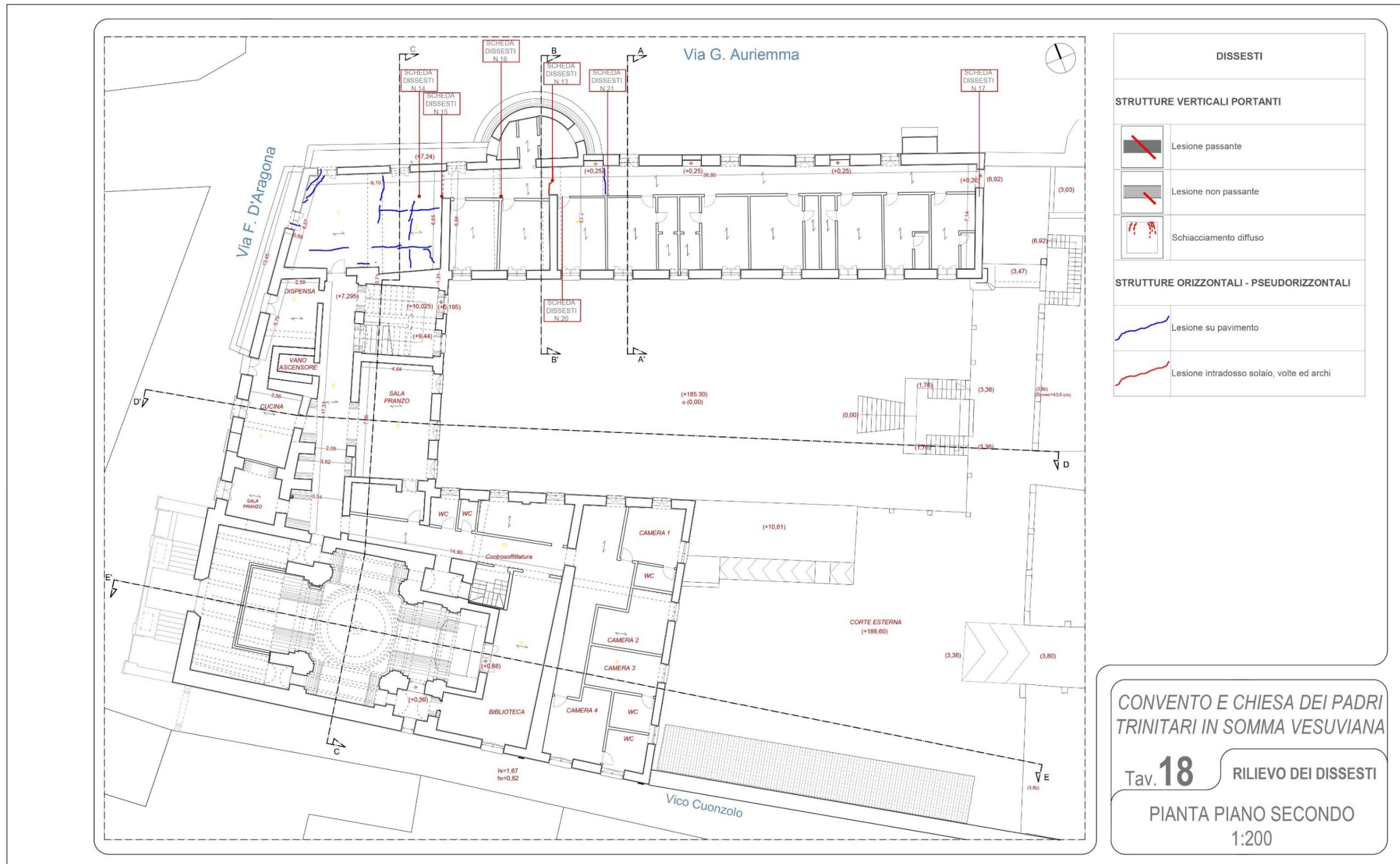
CONVENTO E CHIESA DEI PADRI TRINITARI IN SOMMA VESUVIANA

Tav. **16** RILIEVO DEI DISSESTI
PIANTA PIANO TERRA
1:200

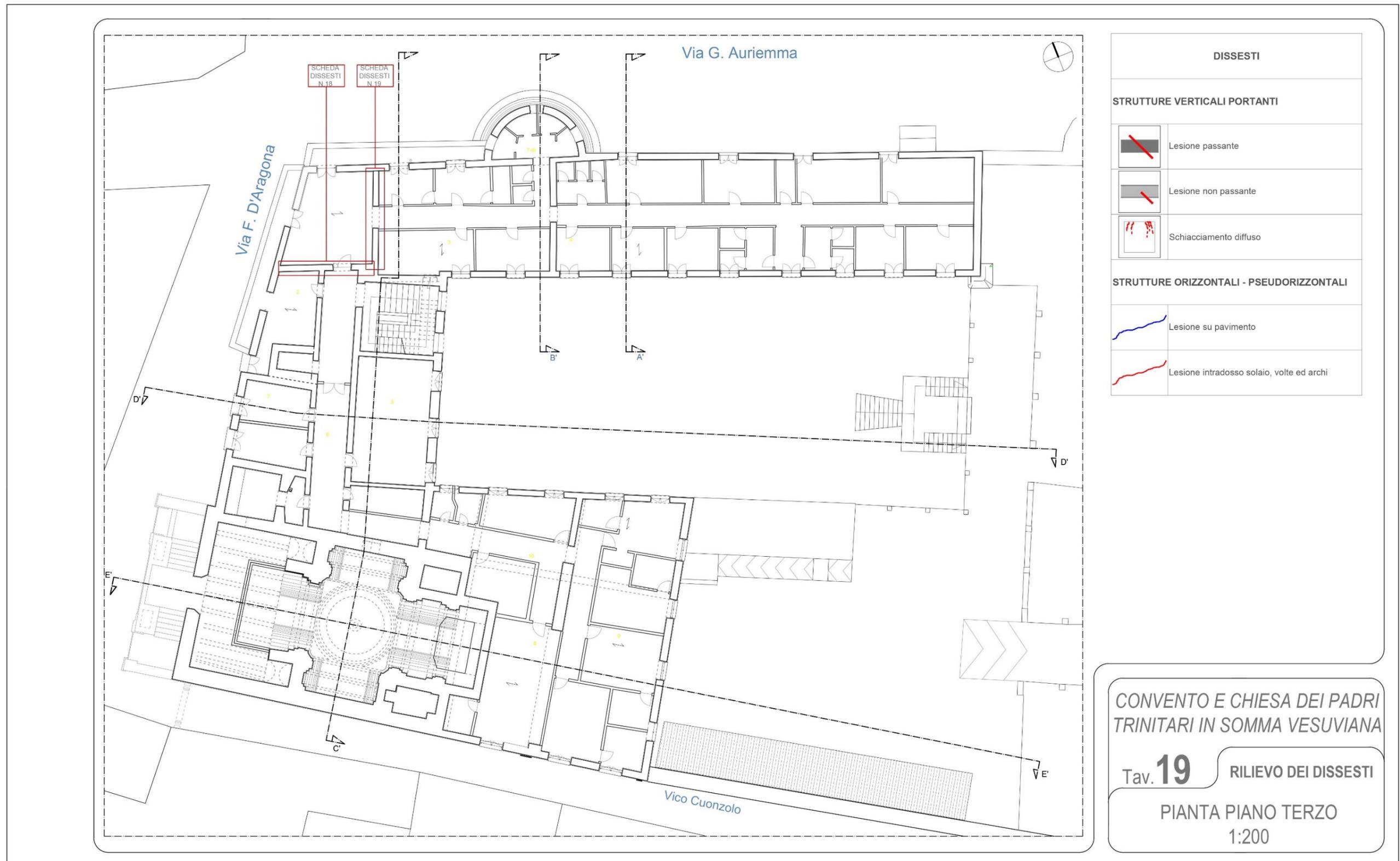
ALL.18 - Rilievo dei dissesti: pianta piano primo, 1:200



ALL.19 - Rilievo dei dissesti: pianta piano secondo, 1:200



ALL.20 - Rilievo dei dissesti: pianta piano terzo, 1:200



Bibliografia

D. MAIONE, *Breve descrizione della regia città di Somma*, Napoli, 1703.

L. FULCI, *Le leggi speciali italiane in conseguenza dei terremoti. Esposizione e commento*, Milano, 1916

A. ANGRISANI, *Brevi notizie storiche e demografiche intorno alla città di Somma Vesuviana*, Barca, 1928.

G. GIOVANNONI, *Questioni di architettura nella storia e nella vita*, Biblioteca d'Arte Editrice, Roma 1925, II ed. 1929, pp. 133-145.

G. GIOVANNONI, *Sull'applicazione del c.a. nel restauro dei monumenti*, in «*Industria Italiana del Cemento*», 12/1931, pp. 363 -367.

G. GIOVANNONI, *Sull'applicazione dei mezzi costruttivi moderni ed in particolare del cemento armato nel restauro dei monumenti*, in «*L'industria italiana delle costruzioni*», n.12, dicembre 1931.

R. MORANDI, *Il rafforzamento dell'ala dell'arena di Verona mediante la precompressione*, in «*Industria Italiana del Cemento*», 1956, pp.39-41.

R. DI STEFANO, G. FIENGO, *Diagnosi dei dissesti e consolidamento degli edifici*, in «*Restauro*», n.2/72, Napoli.

R. DI STEFANO, *Interventi di consolidamento e di restauro di edifici di valore storico-artistico*, in «*Restauro*» n.4/72, Napoli.

P. GAZZOLA, L. FONTANA, *Analisi culturale del territorio: il centro storico urbano*, Marsilio Editore, 1973.

R. SPARACIO, *Progetto di consolidamento di edifici a struttura muraria*, in «*Restauro*», n.10/73, Napoli.

S. CASIELLO, *Tutela e Conservazione di edifici allo stato di rudere*, in «*Restauro*», n.12/1974.

- R. DI STEFANO, *La Cattedrale di Napoli: storia, restauro, scoperte, ritrovamenti con documenti per la storia dei restauri*, a cura di F. Strazzullo, Napoli, Editoriale scientifica, 1974.
- R. DI STEFANO, *La problematica del restauro architettonico*, Editoriale Scientifica, Napoli 1976, p. 44.
- F. BRANCALEONI, A. PARDUCCI, *Edifici monumentali e centri storici*, in «L'industria italiana del cemento», n.7-8, luglio agosto 1976, fascicolo monografico sul terremoto del Friuli, pp.549-558
- S. DI PASQUALE, *Strutture murarie: il metodo degli elementi finiti*, in «Restauro» n°35/78, Napoli.
- R. DI STEFANO, *La cupola di San Pietro*, Edizioni Scientifiche Italiane, Napoli 1980, pp.1-22
- G. CARBONARA, *Il cemento nel restauro dei monumenti*, in «Industria Italiana del Cemento», n.11/1980, pp. 1097 -1122.
- A. AVETA, *Il restauro delle costruzioni in muratura: problemi metodologici e tecniche di consolidamento*, in «Restauro», n.53-54/81, Napoli.
- E. BENVENUTO, *La scienza delle costruzioni e il suo sviluppo storico*, Sansoni, Firenze, 1981
- L. GRASSI, *Problemi metodologici in relazione alla teoria del restauro*, in *Il restauro delle costruzioni in muratura*, Atti del 2° Corso di informazione ASSIRCCO, direttore Prof. Arch. Paolo Rocchi, Venezia, 21-22-23 maggio 1980, Roma 1981, pp.9-11.
- R. BONELLI, *Aspetti metodologici e progettuali*, relazione generale, in Atti del I convegno nazionale *Consolidamento e Restauro Architettonico*, Verona 30 settembre-3 ottobre 1981, ASSIRCCO, vol II, Roma, 1981, p.12.
- R. DI STEFANO, *Analisi strutturale: Tecniche e Tecnologie*, relazione generale, in Atti del I Congresso Nazionale *Consolidamento e Restauro Architettonico*, Verona 30 settembre – 3 ottobre 1981, ASSIRCCO, II vol., Roma 1981, pp.76-77.
- L. NIZZI GRIFI, *Restauro statico dei monumenti*, Alinea, Firenze 1981.
- S. DI PASQUALE, *Scienza delle costruzioni e restauro dei monumenti*, in «Restauro» n°56-57-58/82, Napoli.
- S. DI PASQUALE, *Architettura e terremoti*, in «Restauro», n.59-60-61/82, Napoli.

Regione Campania, Assessorato pubblica istruzione e beni culturali, *Campania oltre il terremoto. Verso il recupero dei valori architettonici*, 1982.

L. ADRIANI, Atti del seminario sul tema «Attuazione delle norme di legge per il restauro statico in zona sismica di edifici in muratura» Scuola di Perfezionamento in Restauro dei Monumenti, Università di Napoli, 10 novembre 1983, in «Restauro» 71-72/84, Edizioni Scientifiche Italiane, Napoli, pp.23-33.

S. DI PASQUALE, *Riflessioni e note marginali sul rapporto struttura – restauro*, in I confini perduti: inventario dei centri storici: terza fase: analisi e metodo, 1983, pp.133-142.

R. DI STEFANO, *Il restauro statico dei monumenti: normativa per le zone sismiche. Atti del seminario, Napoli 10 novembre 1983*, in «Restauro», n.71/84, Napoli

R. BONELLI, Considerazioni finali, in *Restauro e Cemento in architettura 2*, a cura di G. Carbonara, AITEC, Roma 1984, p.438.

R. D'AVINO, *La prima citazione scritta del nome 'Somma'*, in «Summana», n.1, settembre 1984, pp.2-3.

R. D'AVINO, *Somma perduta*, in «Summana», 1984, n.1, p.8.

R. DI STEFANO, *Il restauro statico dei monumenti: normativa per le zone sismiche. Atti del seminario, Napoli 10 novembre 1983*, in «Restauro» n°71/84, Napoli.

M. AUTORINO, *La Chiesa in via Ferrante D'Aragona*, in «Summana», n.3, aprile 1985, pp.13-14.

R. D'AVINO, *La zona di Somma al tempo di Roma*, in «Summana», n.3, aprile 1985, pp2-5.

G. ROCCHI, *Istituzioni di restauro dei beni architettonici e ambientali. Cause - accertamenti - diagnosi*, Milano 1985, p.325 e nella seconda edizione, Milano 1990, p.503.

R. DI STEFANO, *Architetture e città antiche: aspetti tecnici del restauro*, in «Restauro», n.86/86, Napoli.

R. DI STEFANO, *I limiti degli interventi di stabilità sui monumenti in rapporto ai problemi di tutela*, in «Restauro», 1986, n.86, p.80.

R. D'AVINO, *Le mura aragonesi*, in «Summana», n.9, aprile 1987, pp.2-5

- D. RUSSO, *Evoluzione degli insediamenti agricoli romani sul Somma-Vesuvio*, in «Summana», n.6, aprile 1986, pp.24-27.
- A. AVETA, *Il 'millantato credito' nel restauro tecnico*, in (a cura di) G. SPAGNESI, *Esperienze di storia dell'architettura e di restauro*, Istituto della Enciclopedia Italiana, 1987, p.256-258
- R. D'AVINO, *Le mura aragonesi*, in «Summana», n.9, aprile 1987, pp.2-5.
- F. RUSSO, *Cronaca del parossismo del 1867. Il terremoto nella zona di Marigliano*, in «Summana», n.10, settembre 1987, pp.9-11.
- T. CARUNCHIO, V. CERADINI, A. PUGLIANO, *La conservazione del patrimonio architettonico*, in: *Conoscere per intervenire. Il Consolidamento degli edifici storici*, atti III Congresso Ass.IR.C.CO., Catania 1988.
- A. GIUFFRÈ, *Monumenti e terremoti: aspetti statici del restauro*, Multigrafica, Roma, 1988.
- A. GIUFFRÈ, 1988, *Valutazione della vulnerabilità sismica dei monumenti antichi: metodi di verifica e tecniche di intervento*, pp. 39-45.
- B.P.TORSELLO, *La materia del restauro. Tecniche e teorie analitiche*, Marisilio, Venezia, 1988, p.56.
- J. P. ADAM, *L'arte di costruire presso i romani: materiali e tecniche*, Longanesi & C., Milano, 1989, pp.
- A. AVETA, *Restauro architettonico e conoscenza strutturale*, Arte Tipografica, Napoli 1989.
- S. BOSCARINO, *Conoscenza delle strutture architettoniche: metodi e tecniche di approccio*, relazione generale al III Congresso Nazionale 'Conoscere per intervenire: il consolidamento degli edifici storici', Catania, 10-12 novembre 1988, ASSIRCO, in «L'industria delle costruzioni», 1989, 215, pp.76-79.
- G. COCOZZA, *I torrenti del Somma*, in «Summana», n.16, settembre 1989, pp.5-10.
- C. PICCIRILLI, *Consolidamento Critico e sue premesse storico-strutturali*, Scuola di specializzazione per lo studio ed il restauro dei monumenti, Università degli studi di Roma 'La Sapienza', Roma 1989.
- P. ROCCHI, *Progettare il Consolidamento: impostazione del progetto di consolidamento di costruzione in muratura soggette a rischio sismico*, Edizioni Kappa, Roma 1989.
- C. BARUCCI, *La casa antisismica: prototipi e brevetti. Materiali per una storia delle tecniche e del cantiere*, Gangemi, 1990

A. GIUFFRÈ, *Gli aspetti strutturali dell'architettura muraria* (1990), in *Leggendo il libro delle antiche architetture. Aspetti statici del restauro. Saggi 1985 – 1997*, a cura di Caterina F. Carocci e Cesare Tocci, Gangemi Editore, luglio 2010, pp. 163 – 202.

R. DI STEFANO, *Il consolidamento strutturale nel restauro architettonico*, in «Restauro», XV, Napoli, 1990, p.7-28.

R. DI STEFANO, *Il consolidamento strutturale nel restauro architettonico*, edizioni scientifiche italiane, Napoli 1990.

A. GIUFFRÈ, *Lecture sulla meccanica delle murature storiche*, Ed. Kappa, Roma, 1991.

ASSIRCO, Congresso nazionale: consolidamento e recupero dell'architettura tradizionale: dagli interventi singoli agli interventi d'insieme urbano, Prato, 3-4-5 giugno 1992, presidente del Congresso Paolo Rocchi, a cura dell'arch. Federica Galloni.

A. AVETA, *Monitoraggio delle prove non distruttive per il restauro architettonico*, in «Restauro» n.121/92, Napoli.

A. GIUFFRÈ, *Statica e dinamica delle costruzioni murarie storiche* (1992), in *Leggendo il libro delle antiche architetture. Aspetti statici del restauro. Saggi 1985 – 1997*, a cura di Caterina F. Carocci e Cesare Tocci, Gangemi Editore, luglio 2010, pp. 43 – 74.

A. CORSANEGO S. D'AGOSTINO, *Italian Guidelines for interventions on ancient architectonic complexes of great value in seismic areas*, Europ. J. Of Earthquake Engineering, 1992, vol.3, pp.50-55.

R. D'Avino, *Domenico Maione e la sua opera Breve descrizione della regia città di Somma*, in «Summana», n.45, aprile 1992, pp.2-4.

E. BENVENUTO S. D'AGOSTINO, *La ricerca di una continuità perduta nella scienza del costruire*, in *Manutenzione e Recupero della Città Storica – Analisi e Interpretazione Storica*, Atti del I convegno Nazionale ARCo, Roma 1993, pp.15-30.

F. GIOVANNETTI (a cura di), *Manuale del recupero del comune di Roma*, Roma 1989; F. GIOVANNETTI (a cura di), *Manuale del Recupero di città di Castello*, Roma 1992

L.M. MONACO, *Considerazioni sull'intervento di consolidamento*, in «Restauro», n.122, 1992, pp. 147-150.

G. COCOZZA, *Notizie d'archivio (sec. XVIII)*, in «Summana», n.28settembre 1993, pp.8-1

R. D'AVINO, *Scheda – Chiesa e convento delle Alcantarine*, in «Summana», sett. 1993, n.28, p.2

A. GALLO CURCIO, *Il consolidamento tra innovazione e tradizione*, in «Materiali e strutture. Problemi di conservazione» III, 1993, 2.

A. GIUFFRÈ, *Efficacia delle tecnologie storiche in area sismica* (1993), in *Leggendo il libro delle antiche architetture. Aspetti statici del restauro. Saggi 1985 – 1997*, a cura di Caterina F. Carocci e Cesare Tocci, Gangemi Editore, luglio 2010, pp. 29 – 42

A. GIUFFRÈ, *Guida al progetto di restauro antisismico* (1993), in *Leggendo il libro delle antiche architetture. Aspetti statici del restauro. Saggi 1985 – 1997*, a cura di Caterina F. Carocci e Cesare Tocci, Gangemi Editore, luglio 2010, pp. 75 – 126.

A. GIUFFRÈ, *Sicurezza e conservazione dei centri storici: il caso Ortigia*, Edizioni Laterza, Bari 1993.

P. MARCONI, *Il restauro e l'architetto. Teoria e pratica in due secoli di dibattito*, Saggi Marsilio, 1993, pp. 66-84-173-188.

A. MASULLI, *L'ordine dei Trinitari a Somma*, in «Summana», 1993, n.29, pp.28-29.

A. PUGLIANO, *La ricerca storica sul rischio sismico e i manuali di prevenzione premoderni*, in *Manutenzione e recupero nella città storica*, atti del I Convegno Nazionale dell'ARCo, Roma, 27-28 aprile 1993.

I. CREMONINI, *Rischio sismico e pianificazione nei centri storici. Metodologie ed esperienze in Emilia Romagna*, Alinea, 1994.

R. DI STEFANO, *L'autenticità dei valori*, in «Restauro», n.129, 1994, p.126.

F. DOGLIONI, A. MORETTI, V. PETRINI (A CURA DI), *Le chiese e il terremoto – Dalla vulnerabilità constatata nel terremoto del Friuli al miglioramento antisismico nel restauro, verso una politica di prevenzione*, Lint, Trieste 1994.

A. GIUFFRÈ, *L'intervento strutturale quale atto conclusivo di un approccio multidisciplinare* (1994), in *Leggendo il libro delle antiche architetture. Aspetti statici del restauro. Saggi 1985 – 1997*, a cura di Caterina F. Carocci e Cesare Tocci, Gangemi Editore, luglio 2010, pp. 13 – 28.

A. PUGLIANO, *La ricerca storica sul rischio sismico e i manuali di prevenzione premoderni*,

in Manutenzione e recupero nella città storica, atti del I Convegno Nazionale dell'ARCo, Roma, 27-28 Aprile 1993

MINISTERO PER I BENI CULTURALI E AMBIENTALI, *Dopo la polvere. Rilevazione degli interventi di recupero (1985-1989) del patrimonio artistico – monumentale danneggiato dal terremoto del 1980-1981*, Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato, Roma, 1994.

G. PROIETTI, *Dopo la polvere: rilevazione degli interventi di recupero post-sismico del patrimonio archeologico, architettonico ed artistico delle Regioni Campania e Basilicata danneggiato dal terremoto del 23 novembre 1980 e del 14 febbraio 1981; (anni 1985 - 1989)*, Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato, 1994

E. VASSALLO, *Il progetto di Viollet-le-Duc per il restauro della Madeleine di Vézelay*, in G. FIENGO., A. BELLINI., S. DELLA TORRE, *la parabola del restauro stilistico*, milano, guerini editore, 1994, pp49-80.

A. BELLINI, *L'intervento strutturale nel restauro come stratificazione di rilevante interesse storico*, in *Il consolidamento strutturale dell'edilizia storica*, Quaderni dei seminari di restauro architettonico, n°1, 1995, Centro Internazionale di studi di Architettura Andrea Palladio, Vicenza 1995, pp. 1-7.

R. DI STEFANO, *Introduzione ai lavori della sessione La cooperazione internazionale per la conservazione dei monumenti, Attualità della conservazione dei monumenti*, Atti dell'Incontro internazionale di studio su *La Carta di Venezia, trent'anni dopo*, in «Restauro», nn.133-134, 1995, p.101.

A. GIUFFRÈ, *L'intervento strutturale quale atto conclusivo di un approccio multidisciplinare*, in «Quaderni ARCo - Restauro, Storia e Tecnica», n°, 1995.

F. LA REGINA, *Sicurezza e conservazione del patrimonio architettonico*, Liguori editore, Napoli 1995

D. RUSSO, *La datazione delle mura di Somma attraverso le fonti*, in «Summana», n.34, settembre 1995, pp. 18-21.

C.M. AMICI, *L'uso del ferro nelle strutture romane*, in «Materiali e Strutture», 2-3, 1997, pp.85-95.

S. DI PASQUALE, *L'arte del costruire. Tra conoscenza e scienza*, Marsilio, Venezia 1996 (ed. consultata X, 2002).

R. DI STEFANO, *Prefazione a Monumenti e Valori*, Edizioni Scientifiche Italiane, Napoli, 1996.

- R. DI STEFANO, *Monumenti e Valori*, Edizioni Scientifiche Italiane, Napoli, 1996, p.88
- G. FIENGO, *La chiesa e il convento di S. Maria del Pozzo a Somma Vesuviana*, Icomos, 1996.
- L. PAREYSON, *Estetica. Teoria della formatività*, Bompiani, maggio 1996, p.11
- G. VALADIER, *L'architettura pratica*, Sapere 2000, Roma, 1996, (1 ed. 1828-1839)
- C.M. AMICI, *L'uso del ferro nelle strutture romane*, in «Materiali e Strutture», 2-3, 1997, pp. 85-95
- Atti del II seminario Nazionale di studi del Comitato Nazionale per la Prevenzione del Patrimonio Culturale. La questione sismica, Roma, 1997
- A. BOVE, *Somma nell'età barocca*; in «Summana», n.40settembre 1997, pp.23-24
- G. CARONARA, *Avvicinamento al restauro*, Liguori editore, 1997, pp.443-452
- M. CARLUCCI, *Consolidamento e restauro della chiesa della SS: Annunziata in Lioni*, Officine grafiche Pannisco, Calitri 1997
- G. COCOZZA, *Le vicende feudali della terra di Somma tra il XVI e il XVII secolo*, in «Summana», n.40settembre 1997, pp.6-13
- M. CORDARO, *La conoscenza del patrimonio storico a rischio*, in D. BENETTI, M. GUCCIONE, O. SEGNALINI (a cura di), *Primo repertorio dei centri storici in Umbria. Il terremoto del 26 settembre 1997*, Gangemi editore, pp.11-12
- M. DEZZI BARDESCHI, *Il restauro al tempo dei "tremuoti" (e dei mass media)*, in «Ananke», Alinea, Firenze, settembre 1997, n.19, pp.2-3
- M. DEZZI BARDESCHI, *Miseria delle ri-costruzioni*, in «Ananke», Alinea, Firenze, marzo-giugno 1997, n°17-18, pp.2-3
- R. DE MARCO, *Le politiche di prevenzione sismica*, in D. BENETTI, M. GUCCIONE, O. SEGNALINI (a cura di), *Primo repertorio dei centri storici in Umbria. Il terremoto del 26 settembre 1997*, Gangemi editore, pp.13-14.
- A. DI MAURO, *Le mura del Casamale*, in «Summana», n.41, dicembre 1997, pp.22-23.
- A. DI MAURO, *I capitoli*, Edizioni Ripostes, Salerno, dicembre 1997, pp.116-118, p.122.
- A. GIUFFRÈ, C. CAROCCI, *Codice di pratica per la sicurezza e la conservazione dei Sassi di Matera*, La Bauta, 1997

C.F. GIULIANI, *L'opus caementicium nell'edilizia romana*, in «Materiali e Strutture», 2-3, 1997, pp. 49-62

P. GIANCALEONE, *Murature faccia a vista: patologie e rimedi*, 1997.

F. DOGLIONI, *Stratigrafia e Restauro – Tra conoscenza e conservazione dell'architettura*, Lint, Trieste 1997, p.312

CIAVATTANI, *L'aspetto strutturale nel restauro*, in *La reintegrazione nel restauro dell'antico: la protezione del patrimonio dal rischio sismico* a cura di Maria Margarita Segara Lagunes , atti del seminario di studi di Paestum 11-12 aprile 1997, Gangemi, Roma 1997, pp.239 – 246.

M. CORRADI, *Il ruolo della scienza del costruire nella 'integrazione delle lacune'*, in *La reintegrazione nel restauro dell'antico: la protezione del patrimonio dal rischio sismico* a cura di Maria Margarita Segara Lagunes , atti del seminario di studi di Paestum 11-12 aprile 1997, Gangemi, Roma 1997, pp.257-264

S. D'AGOSTINO, *La reintegrazione nel restauro dell'antico: conservazione strutturale tra tradizione costruttiva e innovazione tecnologica*, in *La reintegrazione nel restauro dell'antico: la protezione del patrimonio dal rischio sismico* a cura di Maria Margarita Segara Lagunes , atti del seminario di studi di Paestum 11-12 aprile 1997, Gangemi, Roma 1997, pp.23-32

C. GALLI, F. ROPA, F. SELVA, *Materiali, tecniche, reintegrazione*, in *La reintegrazione nel restauro dell'antico: la protezione del patrimonio dal rischio sismico* a cura di Maria Margarita Segara Lagunes , atti del seminario di studi di Paestum 11-12 aprile 1997, Gangemi, Roma 1997, pp.287-296

A. MARCIANO, *Giardini storici a Somma Vesuviana*, in «Summana», n.40, settembre 1997, pp.14-19.

P. MARCONI, *Problemi metodologici e restauro architettonico*, in *La reintegrazione nel restauro dell'antico: la protezione del patrimonio dal rischio sismico* a cura di Maria Margarita Segara Lagunes , atti del seminario di studi di Paestum 11-12 aprile 1997, Gangemi, Roma 1997, pp.81-95

E. PALLOTTINO, *I nodi ricostruttivi nel restauro dell'antico: criteri di valutazione e procedimenti nell'area romana*, in *La reintegrazione nel restauro dell'antico: la protezione del patrimonio dal rischio sismico* a cura di Maria Margarita Segara Lagunes , atti del seminario di studi di Paestum 11-12 aprile 1997, Gangemi, Roma 1997, pp.155-168

A. PUGLIANO, *Criteri per il restauro strutturale e antisismico nell'edilizia storica*, in P. MARCONI, *Manuale del Recupero del centro storico di Palermo*, Flaccovio, Palermo 1997

V. RUSSO, *Adolfo Avena e il campanile di Sant'Agostino alla Zecca in Napoli: "integrità artistica" e progetti di "robustamento" (1911-1919)*, in «Ananke», Alinea, Firenze, dicembre 1997, n.20, pp.4-11

SASSU, *Sulla riconoscibilità statica nello studio e nel restauro di antiche costruzioni*, in *La reintegrazione nel restauro dell'antico: la protezione del patrimonio dal rischio sismico* a cura di Maria Margarita Segara Lagunes, atti del seminario di studi di Paestum 11-12 aprile 1997, Gangemi, Roma 1997, pp.323-330

A. SAVINIO, *Falsi di città (1945)*, in «Ananke», Alinea, Firenze, marzo-giugno 1997, n.17-18, pp.36-37.

O. SEGNALINI, *Patrimonio storico e territorio*, in D. BENETTI, M. GUCCIONE, O. SEGNALINI (a cura di), *Primo repertorio dei centri storici in Umbria. Il terremoto del 26 settembre 1997*, Gangemi editore, pp.124-126

La reintegrazione nel restauro dell'antico: la protezione del patrimonio dal rischio sismico a cura di Maria Margarita Segara Lagunes, in atti del seminario di studi di Paestum 11-12 aprile 1997, Gangemi, Roma 1997

P. VERDUCHI, *Esempi di consolidamento in età romana*, in «Materiali e Strutture», 2-3, 1997, pp. 96-108.

G. ACCARDO, A. BIANCHI, *La "Carta del rischio" sul terremoto*, in D. BENETTI, M. GUCCIONE, O. SEGNALINI (a cura di), *Primo repertorio dei centri storici in Umbria. Il terremoto del 26 settembre 1997*, Gangemi editore, pp.16-19

F. BARBERI, *Presentazione al volume Primo repertorio dei centri storici in Umbria. Il terremoto del 26 settembre 1997*, (a cura di) D. BENETTI, M. GUCCIONE, O. SEGNALINI, Gangemi editore, dicembre 1998, p.5.

D. BENETTI, M. GUCCIONE, O. SEGNALINI (a cura di), *Primo repertorio dei centri storici in Umbria. Il terremoto del 26 e 27 settembre 1997*, Gangemi editore, dicembre 1998

D. BENETTI, M. GUCCIONE, C. MERCURI, O. SEGNALINI, *Novanta schede per la lettura del territorio*, in *Primo repertorio dei centri storici in Umbria. Il terremoto del 26 settembre*

1997, (a cura di) D. BENETTI, M. GUCCIONE, O. SEGNALINI, Gangemi editore, dicembre 1998, p.27-28.

F. BRAMERINI, C. MERCURI, *Centri storici e sistema territoriale*, in D. BENETTI, M. GUCCIONE, O. SEGNALINI (a cura di), *Primo repertorio dei centri storici in Umbria. Il terremoto del 26 settembre 1997*, Gangemi editore, pp.127-128

D. BENETTI, M. GUCCIONE, O. SEGNALINI (a cura di), *Primo repertorio dei centri storici in Umbria. Il terremoto del 26 e 27 settembre 1997*, Gangemi editore, dicembre 1998

A. DI MAURO, *Università e corte di Somma. I Magnifici*, Edizioni Ripostes, giugno 1998, p. 125, pp.202-203.

M. GUCCIONE, M. R. NAPPI, A.P. RECCHIA, *Patrimonio culturale e disastri. L'impatto del sisma sui beni monumentali. Prospettive di prevenzione*, Gangemi Editore, febbraio 1998, p.12.

R. IENTILE, *La conoscenza per la conservazione strutturale*, in *Tracce di un percorso medievale: chiese romaniche nella diocesi di Ivrea*, Celid, Torino 1998

G. MANIERI ELIA, *Intervento di "miglioramento" statico e di adeguamento funzionale della Torre Campanaria del Museo Civico di Nocera Umbra*, in «QUADERNI ARCo - Restauro, Storia e Tecnica», n°, 1998

MINISTERO PER I BENI CULTURALI E AMBIENTALI, *Oltre il terremoto. Primo repertorio dei monumenti danneggiati dal sisma. Umbria 1997*, Gangemi editore, 1998

F. POLVERINO, *Ischia: architettura e terremoto*, CLEAN, Napoli, 1998

A. PUGLIANO, (a cura) «Architettura e terremoto» numero monografico di "Ricerche di Storia dell'Arte", n. 65 N.I.S., Roma 1998

AA VV, *Manuale per la riabilitazione e la ricostruzione post sismica degli edifici*, Regione Umbria, Dei, Roma, 1999

G. COCOZZA, *Somma nell'eruzione del Vesuvio del 1794. Conseguenze economiche e sociali*, in «Summana», n.46, settembre 1999, pp.9-14.

Conservazione e sicurezza, atti del III convegno nazionale manutenzione e recupero nella città storica, a cura di Maria Margarita Segarra Lagunes, 1999.

A. GIUFFRÈ, C. CAROCCI, *Codice di pratica per la sicurezza e la conservazione del centro storico di Palermo*, Edizioni Laterza, Bari 1999.

M. GUCCIONE, M. R. NAPPI, A. P. RECCHIA, *Patrimonio culturale e disastri: l'impatto del sisma sui beni monumentali, prospettive di prevenzione*, Gangemi 1999

Ministero del Lavoro e della Previdenza Sociale, Dipartimento della Protezione Civile, Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti, *Censimento di vulnerabilità degli edifici pubblici strategici e speciali nelle regioni Abruzzo, Basilicata, Calabria, Campania, Molise, Puglia e Sicilia Orientale*, Dipartimento della Protezione Civile, 1999 ed in particolare il cap. 4.2 *Vulnerabilità degli edifici in muratura*, a cura di A. CHERUBINI, L. CORAZZA, G. DI PASQUALE, M. DOLCE, A. MARTINELLI, V. PETRINI.

R. SPARACIO, *La scienza e i tempi del costruire*, UTET università, 1999, (ed. consultata 2004).

C. BAGGIO, C. CAROCCI, *Valutazione della qualità meccanica delle murature*, in A. BERNARDINI (a cura di), *La vulnerabilità degli edifici. Valutazione a scala nazionale della vulnerabilità sismica degli edifici ordinari*, CNR – Gruppo nazionale per la Difesa dei Terremoti, Roma 2000, p.51

C. BRANDI, *Teoria del Restauro*, Einaudi, 2000, p.53

GRUPPO NAZIONALE PER LA DIFESA DAI TERREMOTI, *Progetto Catania. Indagine sulla risposta sismica di due edifici in muratura*, a cura di D. Liberatore, 2000, p.273

L.M. MONACO, *Il consolidamento strutturale dei beni architettonici: cenno storico dall'antichità al XIX secolo*, Edizioni Scientifiche italiane, Napoli 2000.

A. AVETA, *Tutela, restauro e gestione dei beni architettonici e ambientali*, Casoria 2001

M. CANDELA, *Il restauro strutturale in zona sismica: l'evoluzione del consolidamento negli ultimi 20 anni*, Gangemi, Roma 2001

G. CROCI, *Conservazione e restauro strutturale dei beni storici*, UTET, Torino 2001

S. D'AGOSTNO, *Criteri guida per la conservazione strutturale*, Rapporti di Ricerca Il Progetto di Conservazione. Linee guida per analisi preliminari, l'intervento, il controllo di efficienza, Alinea, Firenze 2001, pp.224-227

- A. CASALE, R. D'AVINO, *I D'Alagno*, in «Summana», n.2, settembre 2001, pp.19-22.
- S. GIOVINAZZI, S. LAGOMARSINO, *Una metodologia per l'analisi di vulnerabilità del costruito*, X congresso Nazionale 'L'ingegneria sismica in Italia', Potenza-Matera 9-13 settembre 2001
- R. IENTILE, *Osservazioni sulle murature storiche ai fini dell'intervento di consolidamento*, in Conservazione dei materiali nell'edilizia storica / Stafferi L. Celid, Torino 2001
- R. IENTILE, *Per un consolidamento attento ai problemi della conservazione*, in Conservazione dei materiali nell'edilizia storica / Stafferi L. Celid, Torino 2001
- R. IENTILE, *Per un consolidamento consapevole dei beni architettonici*. Celid, Torino 2001
- R. ANTONUCCI, *Restauro e recupero degli edifici a struttura muraria: analisi e interventi sul contesto storico*, Maggioli, 2002
- C. CAROCCI, V. CERADINI, M. PANZETTA, I. CREMONINI, P. MAZZOTTI, M. SMARGIASSO, *Rassegna ragionata dei Programmi di Recupero Post sisma*, Attività di ricerca promossa dal Comitato Tecnico Scientifico della regione Marche, Bollettino Ufficiale della regione Marche, anno XXXIII n.3 Ed. S., 21 marzo 2002.
- A. DEFEZ, *Il consolidamento degli edifici* a cura di Luciano Maria Monaco e Alberto Defez, Liguori, Napoli 2002, 4 edizione
- S. DI PASQUALE, *L'arte del costruire. Tra conoscenza e scienza*, Marsilio, Venezia 1996 X edizione 2002.
- R. IENTILE, *"Et è fabbrica antica, et è tutta rovinata": Dal consolidamento al monitoraggio, in Un test per il romanico piemontese: Santa Fede a Cavagnolo (Torino)*, in «ANANKE» n° , 2002
- R. IENTILE, *Normative per il consolidamento ed esigenze di tutela del manufatto storico*, in Giornate di studio: Riconversione di manufatti storici in musei, maggio 2001, 2002
- F. MAZZOLANI, *Seismic protection of historical construction by means of passive control techniques*, 2002
- F. MAZZOLANI, *Steelwork for the structural restoration of architectural buildings*, 2002
- F. MAZZOLANI, *Principles and design criteria for consolidation and rehabilitation*, in refurbishment of buildings and bridges?, cism courses and lectures no. 435, 2002
- D. RUSSO, *La città di Somma nel secolo XVI*, in «Summana», n.54, aprile 2002, pp.11-15.

D. RUSSO, *La città di Somma nei secoli XVII e XVIII*, in «Summana», n.55, settembre 2002, pp.8-12.

C. BAGGIO, *Restauri strutturali nel Tempio Rotondo a Roma*, in « QUADERNI ARCo - Restauro, Storia e Tecnica», n°, 2003

O. CIRILLI, *A nord del Vesuvio: i casali di Somma nelle piante di Luigi Marchese, insediamenti rurali e monastici*, A. GAMBARDELLA (a cura di), *Napoli-Spagna: architettura e città nel XVIII Secolo*, Edizioni Scientifiche Italiane, 2003, pp. 293-315.

F. CUCCO, *Strutture in muratura: le catene nel consolidamento*, Graffil, Palermo 2003

F. DOGLIONI, *Connessioni tra stratificazione costruttiva, progressione del danno e processi di riparazione. Conseguenze sul comportamento attuale e problemi di restauro*, in L. Binda (a cura di), *Danneggiamento, conservazione e manutenzione di strutture murarie e lignee: diagnosi e modellazione con riferimento alle tipologie costruttive ed edilizie*, Politecnico di Milano – Dipartimento di Ingegneria Strutturale, Milano 2003, pp.1-10

M CANDELA., V. CERADINI, *La normativa sismica nel restauro: le esperienze del passato, le proposte per il futuro*, in atti del V convegno nazionale ARCo, *Manutenzione e Recupero nella città storica*, Castello di Baia, 4-5 giugno 2004, Gangemi, Roma 2004, pp.245-250.

S.DI PASQUALE, *Evoluzione storica degli studi e della tipologia degli interventi*, in P. ROCCHI (a cura di), *Trattato sul consolidamento*, introduzione alla sezione B, Mancosu Editore, 2004 (II edizione).

C. REALE, B. SCHEIBEL, F. VIGNOLI, L.D. DECANINI, L. SORRENTINO, *Il Regolamento Edilizio di Norcia del 1860: fra storia sismica e storia urbanistica*, in Atti del XI Congresso Nazione *L'ingegneria sismica in Italia*, ANIDIS, Associazione Nazionale Italiana di Ingegneria Sismica, Genova, 25-29 Gennaio 2004

P. FANCELLI, *Struttura e aspetto fra teoria e pratica*, in Atti del Convegno Restauro e consolidamento dei beni architettonici e ambientali. Problematiche attuali, Napoli, 31 marzo -1 aprile 2003, a cura di A. AVETA, S. CASIELLO, F. LA REGINA, R. PICONE, Mancosu Editore, Roma 2005, pp. 13-18.

P. FANCELLI, *La struttura...presente. Introduzione allo studio della storia del consolidamento*, in P. ROCCHI (a cura di), *Trattato sul consolidamento*, Mancosu Editore, Roma, 2003, pp.A6-A7

R. IENTILE, C. DEVOTI; M. GOMEZ SERITO; C. ROMEO; L. STAFFERI, *La connaissance de l'Architecture historique pour une réhabilitation structurelle qui respecte et préserve la conception statique d'origine: une possible méthodologie*, in Forum Unesco, VI Seminario Internacional, Valencia, 10-15 settembre 2001, 2003 pp. 487-511

TUBI NORBERTO, *Gli edifici in pietre:recupero e costruzione:murature solai e coperture*, 2003

M. IOANNIDOU,*Il restauro strutturale*, in «QUADERNI ARCo - Restauro, Storia e Tecnica», 2003

M. G. PIZONE, *I casali di Pollena e di Trocchia nelle piante di Luigi Marchese e gli interventi borbonici per la 'lava di Pollena'*, A. GAMBARDELLA (a cura di), *Napoli-Spagna: architettura e città nel XVIII Secolo*, Edizioni Scientifiche Italiane, 2003, pp..

A. ANTONUCCI, R. ANTONUCCI, M. MICOZZI, *La pratica del restauro degli edifici a struttura muraria*, Sistemi Editoriali, Napoli 2004

BORRI, *Consolidamento contemporaneo. Edilizia storica*, in Trattato sul consolidamento a cura di PAOLO ROCCHI, Mancosu Editore, 2004 (II edizione), pp.

G. CANGI, *Miglioramento sismico quantificato e criteri di analisi strutturale*, in atti del V convegno nazionale ARCo, Manutenzione e Recupero nella città storica, Castello di Baia, 4-5 giugno 2004, Gangemi, Roma 2004, pp.49-62

T. COLETTA, *La conservazione dei centri storici minori abbandonati. Il caso della Campania*, tesi di dottorato, Università degli studi di Napoli Federico II, Dottorato in Conservazione dei Beni Architettonici e del Paesaggio XVIII ciclo, anno accademico 2004-2005, Coordinatore e Tutor prof. Stella Casiello, pp. 5-13.

S. D'AGOSTNO, *Conservazione e manutenzione strutturale dell'architettura del Novecento*, Atti XX Convegno Scienza e Beni Culturali, Bressanone 2004

S. D'AGOSTNO, *Conservazione strutturale e normativa*, in atti del V convegno nazionale ARCo, Manutenzione e Recupero nella città storica, Castello di Baia, 4-5 giugno 2004, Gangemi, Roma 2004, pp.29-37

S. DI PASQUALE, *Evoluzione storica degli studi e della tipologia degli interventi*, introduzione alla sezione B in Trattato sul consolidamento a cura di PAOLO ROCCHI, Mancosu Editore, 2004 (II edizione), pp

F. GURRIERI, *Introduzione alla sezione*, in Trattato sul consolidamento a cura di PAOLO ROCCHI, Mancosu Editore, 2004 (II edizione), pp.

S. LAGOMARSINO, S. PODESTÀ (2004). *Seismic vulnerability of ancient churches. Part 1: damage assessment and emergency planning*, Earthquake Spectra. Vol. 20, pp. 377-394

S. LAGOMARSINO, S. PODESTÀ (2004). *Seismic vulnerability of ancient churches. Part 2: statistical analysis of surveyed data and methods for risk analysis*, Earthquake Spectra. Vol. 20, pp. 395-412

F. MARINO, A. MORETTI, *Norme e attività tecnico scientifica a sostegno del recupero e miglioramento sismico nella regione Marche*, in atti del V convegno nazionale ARCo, *Manutenzione e Recupero nella città storica*, Castello di Baia, 4-5 giugno 2004, Gangemi, Roma 2004, pp.401-408.

P. UGOLINI, *Rischio sismico, tutela e valorizzazione del territorio e del centro storico*, Franco Angeli, Milano 2004

A. AVETA, *Le tecniche tradizionali per la conservazione dell'architettura: applicabilità e limiti*, in atti del convegno *Restauro e consolidamento dei beni architettonici e ambientali. Problematiche attuali*, Napoli, 31 marzo -1 aprile 2003 / a cura di Aldo Aveta, Stella Casiello, Francesco La Regina, Renata Picone, Mancosu Editore, Roma 2005, pp. 27-36.

A. BELLINI, *L'intervento strutturale nel restauro come stratificazione di "rilevante interesse storico"*, in atti del convegno *Restauro e consolidamento dei beni architettonici e ambientali. Problematiche attuali*, Napoli, 31 marzo -1 aprile 2003 / a cura di Aldo Aveta, Stella Casiello, Francesco La Regina, Renata Picone, Mancosu Editore, Roma 2005, pp. 13-18.

C. BLASI, *Il "miglioramento è (talvolta) il maggior nemico del bene. Note sulla normativa tecnica e sulla recente ordinanza per le zone sismiche*, in atti del convegno *Restauro e consolidamento dei beni architettonici e ambientali. Problematiche attuali*, Napoli, 31 marzo -1 aprile 2003 / a cura di Aldo Aveta, Stella Casiello, Francesco La Regina, Renata Picone, Mancosu Editore, Roma 2005, pp. 147-152.

S. CASIELLO, *Il consolidamento come operazione culturale*, in atti del convegno *Restauro e consolidamento dei beni architettonici e ambientali. Problematiche attuali*, Napoli, 31 marzo -1 aprile 2003 / a cura di Aldo Aveta, Stella Casiello, Francesco La Regina, Renata Picone, Mancosu Editore, Roma 2005, pp. 9-11.

P. FANCELLI, *Struttura e aspetto fra teoria e tecnica*, in atti del convegno *Restauro e consolidamento dei beni architettonici e ambientali. Problematiche attuali*, Napoli, 31 marzo -1 aprile 2003 / a cura di Aldo Aveta, Stella Casiello, Francesco La Regina, Renata Picone, Mancosu Editore, Roma 2005, pp. 71- 80.

A. GALLO CURCIO, *Il consolidamento nel restauro: considerazioni a margine*, in atti del convegno *Restauro e consolidamento dei beni architettonici e ambientali. Problematiche attuali*, Napoli, 31 marzo -1 aprile 2003 / a cura di Aldo Aveta, Stella Casiello, Francesco La Regina, Renata Picone, Mancosu Editore, Roma 2005, pp. 51-52.

R. IENTILE, *Il consolidamento come strategia di connessione tra sicurezza strutturale e conservazione: analisi critica di un intervento "nascosto"*, in A. AVETA, S. CASIELLO, F. LA

REGINA, R. PICONE (a cura di), atti del convegno *Restauro e consolidamento dei beni architettonici e ambientali. Problematiche attuali*, Napoli, 31 marzo-1 aprile 2003, Mancosu Editore, 2005, pp.107-112

R. IENTILE, *I problemi della struttura come pretesto per la demolizione: il caso della Cascina Roccafranca a Torino*, in «ANANKE», vol. 46, 2005, pp. 90-97

S. LAGOMARSINO, C. CALDERINI (2005). *The dynamical identification of the tensile force in ancient tie-rods*, Engineering Structures. Vol. 27, pp. 846-856

E. RUGGERONE, *Diagnostica strutturale*, Flaccovio Dario, 2005

Quale consolidamento? In Memoria e restauro dell'Architettura. Saggi in onore di Salvatore Boscarino/ Mario dalla Costa, G. Carbonara, Milano 2005, pp. 59-70

Istituto nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti, Dipartimento della Protezione Civile, Università degli studi di Genova, Progetto SAVE – Strumenti Aggiornati per la Vulnerabilità sismica del Patrimonio Edilizio e dei sistemi urbani; Task 3 Itinerario e vulnerabilità del patrimonio monumentale dei parchi dell'Italia centro – meridionale e meridionale, Volume III – *Analisi di vulnerabilità e rischio sismico degli edifici monumentali*, febbraio 2005

AA.VV., *La salvaguardia dei valori storici, culturali e paesistici nelle zone sismiche italiane. Proposte per un manuale*, a cura di Scira Menoni, gangemi editore, ottobre 2006.

ICOMOS, *Raccomandazioni per l'analisi, conservazione e restauro strutturale dei beni architettonici*, in atti del VI convegno nazionale ARCo Quale sicurezza per il patrimonio architettonico?, Mantova, Palazzo Ducale 30 novembre – 2 dicembre 2006 Nuova Argos, pp.269-292.

M. CENNAMO, *Le masserie circumvesuviane. Tradizione e innovazione nell'architettura rurale*, Fiorentino Art & Books, Benevento, dicembre 2006.

R. D'AVINO, Per il centenario dell'eruzione vesuviana del 1906. Il terremoto svegliò Somma Vesuviana, in «Summana», n.66, dicembre 2006, pp.2-5.

C. ROSTAGNO, Rassegna ragionata di definizioni di centro storico, in *La salvaguardia dei valori storici, culturali e paesistici nelle zone sismiche italiane. Proposte per un manuale*, a cura di Scira Menoni, gangemi editore, ottobre 2006, pp. 32-38.

M. MARIANI, *Trattato sul consolidamento e restauro degli edifici in muratura*, DEI, Roma 2006

C. BAGGIO, *La valutazione della sicurezza (strutturale): analitica o qualitativa?*, in atti del VI convegno nazionale ARCo Quale sicurezza per il patrimonio architettonico?, Mantova, Palazzo Ducale 30 novembre – 2 dicembre 2006 Nuova Argos, pp.132-142

G. CANGI, *Analisi sismica per parti: dall'elemento costruttivo all'aggregato edilizio, per una verifica globale significativa*, in atti del VI convegno nazionale ARCo Quale sicurezza per il patrimonio architettonico?, Mantova, Palazzo Ducale 30 novembre – 2 dicembre 2006 Nuova Argos, pp.104-117

S. D'AGOSTINO, *Il concetto di "miglioramento" e la sua evoluzione nella valutazione della sicurezza del patrimonio architettonico*, in atti del VI convegno nazionale ARCo Quale sicurezza per il patrimonio architettonico?, Mantova, Palazzo Ducale 30 novembre – 2 dicembre 2006 Nuova Argos, pp.56-69

R. D'AVINO, *Analisi sull'origine delle fortificazioni del borgo medioevle di Somma attraverso le fonti letterarie*, in «Summana», n.66 set 2006, pp.27-28.

A. GALLO CURCIO, *Il consolidamento come recupero di una negletta logica costruttiva, pur da rivivere nell'attualità tecnologica*, in atti del VI convegno nazionale ARCo Quale sicurezza per il patrimonio architettonico?, Mantova, Palazzo Ducale 30 novembre – 2 dicembre 2006 Nuova Argos, pp.29-33

J. JOKILEHTO, *La prevenzione dei rischi nell'ambito internazionale*, in atti del VI convegno nazionale ARCo Quale sicurezza per il patrimonio architettonico?, Mantova, Palazzo Ducale 30 novembre – 2 dicembre 2006 Nuova Argos, pp.269-292.

S. LAGOMARSINO, *Linee guida per la protezione del patrimonio culturale dal rischio sismico*, in (a cura di) A. CENTRONI, atti del Convegno ARCo, *Quale sicurezza per il patrimonio architettonico?*, Mantova, Palazzo Ducale, 30 nov. – 2 dic. 2006, Nuova Argos, 2006, p.70-89.

S. LAGOMARSINO (2006). *On the vulnerability assessment of monumental buildings*, Bulletin of Earthquake Engineering, Vol. 4.4, ISSN 1570-761X, Springer Netherlands, pp. 445-463

S. LO SAPIO, *Ristrutturazione e restauro della facciata e dell'annesso campanile della chiesa delle Alcantarine*, "Summana", 2006, 65, p.25.

C. CAROCCI, C. TOCCI, *Considerazioni per la sicurezza degli aggregati*, Ricerca Nazionale della Rete dei Laboratori Universitari di Ingegneria Sismica – Reluis - Protezione Civile Nazionale. Progetto esecutivo 2005–2007, Progetto di ricerca 1 *Valutazione e riduzione della vulnerabilità di edifici in muratura*, Coordinatori S. Lagomarsino e G. Magenes, Unità di Ricerca n. 16 (Siracusa), allegato 1.1 - UR16-3, 2006

S. MENONI (a cura di), *La salvaguardia dei valori storici, culturali e paesistici nelle zone sismiche italiane. Proposte per un manuale*, Gangemi editore, 2006, pp. 81-100

C. ROSTAGNO, *Rassegna ragionata di definizioni di centro storico*, in S. MENONI (a cura di), *La salvaguardia dei valori storici, culturali e paesistici nelle zone sismiche italiane. Proposte per un manuale*, Gangemi Editore, 2006, pp. 33-38

P. VITTI, *Restauri moderni su archi e volte antichi: recenti annotazioni di cantiere nella Domus Tiberiana e nel Colosseo*, in «Palladio», N.38 luglio-dicembre 2006, p.71-84

L.BINDA, G.CARDANI, C.MODENA, M.R. VALLUZZI, *Indagini conoscitive per lo studio degli aggregati storici: il caso di Castelluccio di Norcia (PG)*, XII Convegno ANIDIS L'Ingegneria Sismica in Italia, 10-14 giugno 2007, Pisa

L. BINDA, G. CARDANI, M. MUNARI, C. MODENA, M.R. VALLUZZI, *Analisi di vulnerabilità sismica degli aggregati storici: il caso di Castelluccio di Norcia*, XII Convegno ANIDIS L'Ingegneria Sismica in Italia, 10-14 giugno 2007, Pisa.

S. BOSCARINO, *Sul Restauro Architettonico. Saggi e note*, Ex Fabrica Franco Angeli, 2007, pp.35-38

C. F. CAROCCI, C. TOCCI, *Sicurezza sismica degli aggregati edilizi storici: alcuni casi studio*, XII convegno ANIDIS L'Ingegneria Sismica in Italia, 10-14 giugno 2007, Pisa.

F. DOGLIONI, P. MAZZOTTI (A CURA DI), *Codice di pratica per gli interventi di miglioramento sismico nel restauro del patrimonio architettonico. Integrazioni alla luce delle esperienze nella Regione Marche*, ed. Regione Marche, Ancona, 2007, pp. 356

R. IENTILE, *La "qualità" nel progetto di consolidamento per la conservazione*, in «ANANKE» vol. 50-51, pp. 72-79, 2007.

F. LA GRECA, *I terremoti in Campania in età romana e medioevale. Sismologia e sismografia storica*, in «Annali storici di principato citra», V. n.1, gennaio-giugno 2007, pp.5-6.

F. MARMO, *L'innovazione nel consolidamento: indagini e verifiche per la conservazione del patrimonio architettonico*, Gangemi, Roma 2007.

S. MASTRODICASA, *Dissesti statici delle strutture edilizie: diagnosi, consolidamento, istituzioni teoriche, applicazioni pratiche*, IX edizione riveduta e ampliata, Hoepli, Milano 2007.

- L. SANTORO, *Rischio sismico e patrimonio monumentale. Linee guida*, Dario Flaccovio editore, settembre 2007
- A. AVETA, *Diagnostica e conservazione. L'insula 14 del Rione Terra*, Edizioni Scientifiche Italiane, settembre 2008, p.20.
- A. AVETA, *Interazioni materiche fra teorie e prassi nel restauro strutturale*, in *Antico e Nuovo: Architetture e Architettura*, a cura di ALBERTO FARLENGA, EUGENIO VASSALLO, FRANCESCA SCHELLINI; Il Poligrafo, Padova 2008, pp. 635-654
- A. AVETA, *La diagnostica integrata per il progetto di restauro*, in A. AVETA (a cura di), *Diagnostica e conservazione. L'insula 14 del Rione Terra*, Edizioni Scientifiche Italiane, settembre 2008, pp.78-79.
- R. IENTILE, *L'intervento di consolidamento come incontro tra innovazione e tradizione*, In *Antico e Nuovo: Architetture e Architettura*, a cura di Alberto Farlenga, Eugenio Vassallo, Francesca Schellini; Il Poligrafo, Padova 2008, pp. 675-688
- G.C. BEOLCHINI, L. MILANO, A. MANNELLA, A. MARTINELLI, *Meccanismi di collasso locali: analisi cinematica lineare*, in A. LEMME, S. PODESTÀ, G. CIFANI (a cura di), *Sisma Molise 2002. Dall'emergenza alla ricostruzione. Edifici in muratura*, DEI, 2008, pp.128-133.
- L. BINDA, A. ANZANI, A. SAISI, M.R. VALLUZZI, *Conoscenza degli edifici ed accurata diagnosi: passi essenziali per la conservazione in zona sismica*, in *Antico e Nuovo: Architetture e Architettura*, a cura di Alberto Farlenga, Eugenio Vassallo, Francesca Schellini; Il Poligrafo, Padova 2008, pp. 635-654
- M. COMO, *Problematiche nell'uso delle nuove tecnologie nel consolidamento dell'Antico*, in *Antico e Nuovo: Architetture e Architettura*, a cura di Alberto Farlenga, Eugenio Vassallo, Francesca Schellini; Il Poligrafo, Padova 2008, pp. 655-668.
- A. AVETA, *Interazioni materiche fra teoria e prassi nel restauro strutturale*, in *Antico e Nuovo: Architetture e Architettura*, a cura di Alberto Farlenga, Eugenio Vassallo, Francesca Schellini; Il Poligrafo, Padova 2008, pp. 669-680
- A. BERNARDINI, S. LAGOMARSINO, *The seismic vulnerability of architectural heritage*, Proceedings of the Institution of Civil Engineers – Structures & Buildings, 2008, Vol. 161, No. SB4, pp. 171–181

A. DI TOMMASO, D. BUFO, *I materiali compositi nel rinforzo strutturale delle strutture in muratura*, in *Antico e Nuovo: Architetture e Architettura*, a cura di Alberto Farlenga, Eugenio Vassallo, Francesca Schellini; Il Poligrafo, Padova 2008, pp. 711-718

P. FORABOSCHI, *Consolidamento statico ed adeguamento sismico di edifici storici mediante tecniche innovative*, in *Antico e Nuovo: Architetture e Architettura*, a cura di Alberto Farlenga, Eugenio Vassallo, Francesca Schellini; Il Poligrafo, Padova 2008, pp. 719-732

G. DE MATTEIS, F.M. MAZZOLANI, L. KRSTEVSKA, L. TASHKOV, *Seismic analysis and Strengthening intervention of the Fossanova Gothic church: numerical and experimental activity*, *Urban Habitat Construction Under Catastrophic Events*, 2008

A. FORMISANO, G. FLORIO, R. LANDOLFO, F.M. MAZZOLANI, *The Vesuvius risk scenario: the seismic vulnerability of the Palazzo di Città in Torre del Greco (NA)*, *Urban Habitat Construction Under Catastrophic Events*, 2008

L.M. MONACO, *Dissesti e vulnerabilità statica*, in A. AVETA (a cura di), *Diagnostica e conservazione. L'insula 14 del Rione Terra*, Edizioni Scientifiche Italiane, settembre 2008, pp.147-149

L.M. MONACO, *La conoscenza della struttura tra esigenze di conservazione e di innovazione*, in *Antico e Nuovo: Architetture e Architettura*, a cura di Alberto Farlenga, Eugenio Vassallo, Francesca Schellini; Il Poligrafo, Padova 2008, pp. 733-740

E. ROMEO, *L'architettura del XX secolo: problemi di restauro e sicurezza*, in *Antico e Nuovo: Architetture e Architettura*, a cura di Alberto Farlenga, Eugenio Vassallo, Francesca Schellini; Il Poligrafo, Padova 2008, pp. 675-688

R. IENTILE, M. NARETTO, *La qualità nel progetto di consolidamento per la conservazione*, in *Terza mostra internazionale del restauro monumentale. Dal Restauro alla Conservazione*, a cura di Marco Dezzi Bardeschi, Alinea, Firenze 2008, pp. 24-29

C. TOCCI, *Valutazione della sicurezza strutturale di aggregazioni complesse di edifici storici*, in Colajanni P., Muscolino G., Ricciardi G., a cura di, *Crolli e affidabilità delle strutture civili. Criteri e metodi per l'analisi dei crolli: studi ed esperienze*, Palermo, Flaccovio, 2007

AA. VV., *L'Università e la Ricerca per l'Abruzzo. Il patrimonio culturale dopo il terremoto del 6 aprile 2009*, Textus Edizioni, L'Aquila, pp. 375-380.

A. AVETA, *Restauro e rinnovamento del centro storico di Napoli*, Edizioni Scientifiche Italiane, Napoli, 2009, pp. 11-20

A. BORRI, M. CORRADI, *Rinforzo di pilastri con materiali compositi: sperimentazioni con SRG/SRP*, in XIII Convegno ANIDIS L'Ingegneria Sismica in Italia, Bologna 2009, SM 5.8.

D. AGOSTINELLI, C. FRIGERIO, F. MAROLDI, C. MOLINA, *Strumenti per il progetto di mitigazione del rischio: il caso della ricostruzione post – sisma in Umbria*, in «Ananke», gennaio 2009, Alinea, Firenze, n.56, pp. 24-35.

D. AGOSTINELLI, C. FRIGERIO, F. MAROLDI, C. MOLINA, *Una torre colombaia a Colle di Nocera Umbra*, in «Ananke», gennaio 2009, Alinea, Firenze, n.56, pp. 42-51.

L. BINDA, A. ANZANI, G. CARDANI, A. MARTINELLI, *Valutazione della vulnerabilità sismica di edifici complessi in muratura: casi di studio nei centri storici di Sulmona (AQ)*, XIII Convegno ANIDIS L'Ingegneria Sismica in Italia, Bologna 2009.

C. F. CAROCCI, M. MARINO, *Gli aggregati murari della città storica: conoscenza e interpretazione per la valutazione della vulnerabilità sismica*, XIII convegno ANIDIS L'Ingegneria Sismica in Italia, 28 giugno – 2 luglio 2009, Bologna

C. DONÀ, *Sicurezza strutturale e conservazione del costruito storico: alla ricerca di una reciproca conciliabilità*, in Atti del XIII convegno ANIDIS – L'ingegneria sismica in Italia, Bologna, Palazzo Re Enzo 28 giugno – 2 luglio 2009

C. FAELLA, E. MARTINELLI, S. PACIELLO, G. CAMORANI, M. A. AIELLO, F. MICELLI, L. VALENTE, E. NIGRO, *Validazione sperimentale di modelli teorici per il confinamento di colonne murare con materiali compositi*, in XIII Convegno ANIDIS L'Ingegneria Sismica in Italia, Bologna 2009, SM5.13.

D. Fiorani, *Edifici storici, stratificazioni e danni nell'Aquilano, una panoramica*, in ARKOS 2009, pp.8-17. Per approfondimenti sul tema S. Lagomarsino, *Vulnerabilità sismica delle chiese aquilane: interpretazione del danno e considerazioni sul miglioramento strutturale*, in ARKOS 2009, pp. 30-37; L. Sorrentino et al, *La chiesa di San Biagio a L'Aquila*, in ARKOS, 2009, pp.30-37.

G. J. FRISCH, *L'Aquila. Non si uccide così anche una città?*, Clean Edizioni, dicembre 2009.

M. IACCARINO, *Gli insediamenti dell'entroterra vesuviano*, in C. DE SETA, A. BUCCARO (a cura di), *I centri storici della provincia di Napoli. Struttura, forma, identità urbana*, Edizioni Scientifiche Italiane, 2009, pp. 307-314.

R. IENTILE, E. ROMEO, *La conservazione dell'architettura e del suo contesto. Protocollo per una valutazione integrata del patrimonio di Pinerolo*, 2009

R. IENTILE, *Ascoltare l'edificio. La conoscenza attraverso l'archivio materiale*, in R. IENTILE, E. ROMEO (a cura di), *La conservazione dell'architettura e del suo contesto. Protocollo per la valutazione integrata del patrimonio di Pinerolo*, Celid, Torino 2009, pp. 15-28

FRISCH GJ, *L'Aquila: non si uccide così anche una città?*, 2009

B. G. MARINO, *Una diagnostica per i valori materiali ed immateriali: la conservazione della chiesa rupestre di S. Maria di Piedigrotta a Pizzo Calabro*, in Atti del Convegno DIACOMAST 2008, *Diagnostica per la tutela e la conservazione dei materiali nel costruito*, 21-22 febbraio 2008, Belvedere di S. Leucio, Caserta, Cuzzolin, dicembre 2009, pp. 285-294.

M. MUNARI, (tesi PhD) *Sviluppo di procedure per valutazioni sistematiche di vulnerabilità sismica di edifici esistenti in muratura*, Prof. Giovanni Leonardi e Maria rosa Valluzzi, 2009

F. NERI E M. MARINO, *Gli aggregati murari della città storica: modellazione e analisi strutturale per la valutazione della sicurezza sismica*, XIII convegno ANIDIS L'Ingegneria Sismica in Italia, 28 giugno – 2 luglio 2009, Bologna.

AA. VV., *Muri parlanti. Prospettive per l'analisi e la conoscenza dell'edilizia storica*, atti del convegno a cura di Claudio Varagnoli, Pescara 26-27 settembre 2008, Alinea Editrice, Firenze 2009

E. ANTONACCI, A. CECI, L. FANALE, D. GALEOTA, V. GATTULLI, M. LEPIDI, F. POTENZA, R. Quaresima, *Il ruolo della conoscenza e dell'analisi dei materiali e delle strutture nei progetti di intervento sui palazzi storici dell'Università dell'Aquila*, in atti del convegno nazionale Sicurezza e Conservazione, Venezia 2010

E. ANTONACCI, V. GATTULLI, A. MARTINELLI, F. VESTRONI, *Il crollo del transetto della Basilica di Collemaggio: analisi di vulnerabilità e meccanismo di collasso*, in Atti del convegno nazionale Sicurezza e Conservazione, Venezia, 2010

A. AVETA, *Note a margine della sessione IV “intervento edilizio, qualità abitativa e sicurezza sociale”*, in *Terremoto '80. Ricostruzione e sviluppo*, Convegno di Studi urbanistici per il trentennale degli eventi sismici in Campania, Basilicata e Puglia, 23-24 novembre 2010 – Fisciano (SA).

G. BRANDONISIO, A. DE LUCA, G. LUCIBELLO, E. MELE, *L'efficacia delle catene nel caso di studio di Palazzo Centi*, in atti del convegno nazionale Sicurezza e Conservazione, Venezia 2010.

G. CAPPONI, *Presentazione al volume di A. DONATELLI, Terremoto e architettura storica. Prevenire l'emergenza*, Gangemi Editore, ottobre 2010, pp.7-8.

CAROCCHI, *Metodologie di analisi sul costruito storico in EAD*. (a cura di), *Sicurezza e conservazione dei centri storici in area sismica, il caso Ortigia*, Laterza, Roma-Bari 1993; ID., *Leggendo il libro delle antiche architetture- Aspetti statici del restauro Saggi 1985 – 1997*, a cura di C.TOCCI, C.F. CAROCCHI, Gangemi, Roma 2010.

G. CIFANI, A. CASTELLUCCI, A. LEMME, *Sisma Abruzzo 2009 – Teatro S. Filippo Neri a L'Aquila. Letture del danno e della vulnerabilità sismica, messa in sicurezza e prime considerazioni per il miglioramento sismico*, in *Atti del convegno Sicurezza e Conservazione*, Venezia 2010.

C. DEVOTI, *Il “progetto di Conoscenza”, un passo indispensabile in ogni intervento di restauro*, in R. IENTILE (a cura di) *Il consolidamento dei manufatti storici. Indagini preliminari per la conoscenza dei materiali*, Celid, dicembre 2010, pp.13-30

A. DONATELLI, *Terremoto e architettura storica. Prevenire l'emergenza*, gangemi editore, ottobre 2010

A. GIUFFRÈ, *L'intervento strutturale quale atto conclusivo di un approccio multidisciplinare* (1994), in C. F. CAROCCHI, C. TOCCI(a cura di), *Leggendo il libro delle antiche architetture. Aspetti statici del restauro. Saggi 1985 – 1997*, Gangemi Editore, luglio 2010, pp.13-28.

A. GIUFFRÈ, *Guida al progetto di restauro antisismico* (1993), in C. F. CAROCCHI, C. TOCCI(a cura di), *Leggendo il libro delle antiche architetture. Aspetti statici del restauro. Saggi 1985 – 1997*, Gangemi Editore, luglio 2010, pp.75-126.

A. GIUFFRÈ, *Gli aspetti strutturali dell'architettura muraria* (1990), in C. F. CAROCCI, C. TOCCI (a cura di), *Leggendo il libro delle antiche architetture. Aspetti statici del restauro. Saggi 1985 – 1997*, Gangemi Editore, luglio 2010, pp.163-202.

A. Giuffrè, *Restaurare le case dei Sassi*, in *Leggendo il libro delle antiche architetture. Aspetti statici del restauro, saggi 1985-1997*, a cura di C.F. Carocci e C. Tocci, Gangemi editore, 2010, p.127.

A.GIUFFRÈ, *Statica e dinamica delle costruzioni murarie storiche* (1992), in C. F. CAROCCI, C. TOCCI (a cura di), *Leggendo il libro delle antiche architetture. Aspetti statici del restauro. Saggi 1985 – 1997*, Gangemi Editore, luglio 2010, pp.43-74.

A.GIUFFRÈ, *Efficacia delle tecnologie storiche in area sismica* (1993), in C. F. CAROCCI, C. TOCCI (a cura di), *Leggendo il libro delle antiche architetture. Aspetti statici del restauro. Saggi 1985 – 1997*, Gangemi Editore, luglio 2010, pp.29-42.

A. Giuffrè, *Una breve (e problematica) visita alle murature del Colosseo*, in C.F. Carocci e C. Tocci (a cura di), *Leggendo il libro delle antiche architetture. Aspetti statici del restauro, saggi 1985-1997*, Gangemi editore, 2010, p.203.

A.GIUFFRÈ *Una proposta di restauro per la Colonna di Marco Aurelio*, in *Leggendo il libro delle antiche architetture. Aspetti statici del restauro, saggi 1985-1997*, a cura di C.F. CAROCCI E C. TOCCI, Gangemi editore, 2010, p.321

A. GIUFFRÈ, *Leggendo il libro delle antiche architetture. Aspetti statici del restauro. Saggi 1985-1997*, a cura di CAROCCI C.F., TOCCI C., Gangemi Editore, luglio 2010, Roma

D. INDELICATO, *Valutazione e riduzione della vulnerabilità sismica degli aggregati edilizi nei centri storici. Il caso di Villa Sant'Angelo*, Tesi di Dottorato, Università degli studi di Catania - Dottorato di ricerca in Progetto e Recupero Architettonico, Urbano e Ambientale, XXIII ciclo, 2010.

S. LAGOMARSINO, *La nuova normativa sismica è buona per il restauro?*, in *Atti del Convegno Responsabilità nella conservazione del costruito storico*, A. CENTRONI E M.G. FILETICI (a cura di), ARCo Associazione per il recupero del costruito, Roma, Villa Medici 29-30 Novembre 2010, Gangemi editore, p.105

N. LOMBARDINI, *Il consolidamento strutturale: nuova normativa e "livello di confidenza"*, in «Ananke», maggio-giugno 2010, pp. 144-153.

L. JURINA, *Tecniche di cerchiatura nel consolidamento di archi e colonne in muratura*, Atti del Seminario *Evoluzione nella sperimentazione per le costruzioni*, Madrid, 8-15 maggio 2010

L. JURINA, *Cerchiatura di strutture murarie: tecniche tradizionali e innovative*, in «Ingenio», n.16, ottobre 2013

C.TOCCI, *Le radici antiche della scienza del costruire*, in *Leggendo il libro delle antiche architetture. Aspetti statici del restauro, saggi 1985-1997*, a cura di C.F. CAROCCI E C. TOCCI, Gangemi editore, 2010, p.3-10.

A. LEMME, *Sisma Abruzzo 2009 – messa in sicurezza di alcuni beni monumentali a l’aquila. palazzo del governo, chiesa di S. Giusta e Palazzo Centi*, in *Atti del Convegno Sicurezza e Conservazione*, Venezia 2010.

L. SORRENTINO, *Oratorio di San Giuseppe dei Minimi a L’aquila: analisi dinamica dei meccanismi locali di collasso*, in *Atti del Convegno Sicurezza e Conservazione*, Venezia 2010.

Pugliano, "Il terremoto e la città" , in: "Ricerche di Storia dell'Arte", n. 99, Carocci, Roma 2010.

G. ALBANO, *Interventi di recupero strutturale degli edifici in muratura*, Maggioli Editori, Rimini

A. BORRI, M. CANDELA, R. FONTI, *Sperimentazioni al vero nel centro storico de L’Aquila – pannelli murari diversamente consolidati e sollecitati fuori dal piano: prime note*, atti del XV convegno ANIDIS - L’ingegneria sismica in Italia, 19-22 settembre 2011, bBari.

G. BOSCATO, M. PIZZOLATO, S. RUSSO, A. TRALLI, *Sulla risposta sismica della chiesa di s. Pietro di Coppito a L’Aquila al sisma del 6 aprile 2009*, in XIV convegno ANIDIS, L’ingegneria sismica in Italia, 18-22 settembre 2011, Bari

G. BRANDONISIO, A. DE LUCA, G. LUCIBELLO, E. MELE, *Comportamento sismico di edifici monumentali a pianta basilicale in seguito al sisma Abruzzo '09: quattro casi studio*, in XIV convegno ANIDIS, L’ingegneria sismica in Italia, 18-22 settembre 2011, Bari.

F. CAIROLI GIULIANI, *Provvedimenti antisismici nell’antichità*, in «Journal of Ancient Topography», *Atti del VII congresso di Tipografia Antica “Ricerche di Topografia Antica: bilanci critici e prospettive”*, XXI 2011, Mario Congedo Editore, pp. 25-52.

A. M. CECI, L. FANALE, V. GATTULLI, *Analisi del comportamento sismico di palazzo camponeschi: modelli rappresentativi dello scenario di danno*, in XIV convegno ANIDIS, L'ingegneria sismica in Italia, 18-22 settembre 2011, Bari

A. CLEMENTI, P. FUSERO, *Progettare dopo il terremoto. Esperienze per l'Abruzzo*, List Lab Laboratorio Internazionale Editoriale, Giugno 2011

D'AMBRA, *Vulnerabilità e miglioramento sismico di edifici in aggregato: il caso studio di Piazza delle Prefettura a L'Aquila*, Università degli studi di Napoli Federico II - Dottorato di ricerca in Ingegneria dei Materiali e delle Strutture, XXIV ciclo, 2011.

C. DEVOTI, *Per un rilievo storico critico della struttura. San Giovanni Battista a Volterra*, in (a cura di) R. IENTILE, *Per un consolidamento consapevole dei beni architettonici*, Celid, agosto 2011, p.22..

R. FONTI, A. FORMISANO, F. M. MAZZOLANI, *L'edificato storico di Poggio Picenze (AQ): il caso studio di un aggregato su pendio*, XIV Convegno ANIDIS L'Ingegneria Sismica in Italia, 18-22 settembre 2011, Bari.

A. FORMISANO, F.M. MAZZOLANI, *Vulnerabilità sismica di edifici scolastici in muratura di Torre del Greco. Parte seconda Analisi e confronto dei risultati*, in «Ingegneri», 2011

R. IENTILE, *Per un consolidamento consapevole dei beni architettonici*, Celid, agosto 2011, pp.9-11

P. LENZA, A. GHERSI, *Edifici in muratura alla luce della nuova normativa sismica*, Flaccovio, 2011

L. MAGGI, LE ATTIVITÀ DELLA SOPRINTENDENZA PER I BENI ARCHITETTONICI E IL PAESAGGIO, IN «ANANKE», MAGGIO 2011, N.63 PP.36-37.

E. MONACO, [*Dentes e Structurae diagoniae: note sul sistema costruttivo*](#), in M.A. Tomei, M.G. Filetici, *Domus Tiberiana: Scavi e restauri, 1990-2011*, Milano 2011, pp. 148-150

M. MUNARI, F. DA PORTO, A. BARTOLOZZI, M. MOCELLINI, A. VALDESOLO, C. MODENA, *Analisi di vulnerabilità sismica e interventi di miglioramento strutturale di un aggregato nel centro storico di L'Aquila*, XIV Convegno ANIDIS L'Ingegneria Sismica in Italia, 18-22 settembre 2011, Bari.

L.SORRENTINO, T. FERRACUTI, D. LIBERATORE, L. DECANINI, Alcune criticità nella modellazione di risposta globale e meccanismi locali in edifici sacri. L'Oratorio di San Giuseppe a L'Aquila, in XIV Convegno ANIDIS, L'Ingegneria Sismica in Italia, 18-22 settembre 2011, Bari.

P. THEODOSIOS, *Problemi assiologici nel Restauro strutturale dei monumenti*, Liguori, 2011

AA. VV., *Comportamento degli edifici in muratura nella sequenza sismica del 2012 in Emilia*, in «Progettazione Sismica» n.3/2012

AA.VV., *Dopo l'emergenza. Restauro e ricostruzione*, in «Materiali e strutture. Problemi di Conservazione», nuova serie anno I, numero 1-2, 2012.

C. BARTOLOMUCCI, G. BOTTI, A. DONATELLI, A. PLACIDI, M. ZUPPIROLI, *Dopo la catastrofe: una casistica rappresentativa dello stato dei monumenti danneggiati dai terremoti aquilano ed emiliano*, in «Materiali e strutture. Problemi di Conservazione», *Dopo l'emergenza. Restauro e ricostruzione*, nuova serie anno I, numero 1-2, 2012

G. BOSCATO, M. PIZZOLATO, S. RUSSO, A. TRALLI, *Sulla risposta sismica della chiesa di S. Pietro di Coppito a L'Aquila al sisma del 6 aprile 2009*, in XIV Convegno ANIDIS, L'Ingegneria Sismica in Italia, 18-22 settembre 2011, Bari

S. CASIELLO, *Conservazione e restauro nei primi decenni dell'ottocento a Roma*, in *Verso una storia del restauro. Dall'età classica al primo Ottocento*, a cura di S. CASIELLO, Alinea Editrice, marzo 2012, (1ed aprile 2008), p.298, pp. 267-310.

G. CENICCOLA, *Architettura del teatro e consolidamento post-terremoto*, in A. AVETA E M. DI STEFANO (a cura di), *Roberto Di Stefano. Filosofia della conservazione e prassi del restauro*, Napoli, Arte Tipografica Editrice, pp.332 – 338.

R. DELLA NEGRA, *Eventi eccezionali e principi conservativi: il terremoto emiliano*, in «Materiali e strutture. Problemi di Conservazione», nuova serie anno I, numero 1-2, 2012, p.31.

G. DE MARTINO, *Aspetti della cultura del restauro nel secondo settecento nell'opera di Luigi Vanvitelli*, in S. CASIELLO (a cura di), *Verso una storia del restauro. Dall'età classica al primo Ottocento*, Alinea Editrice, marzo 2012 (1ed. aprile 2008), pp.239-246.

G. MEZZANOTTE, *La trasmissione delle architetture antiche in Italia*, in *Consolidamento degli edifici storici* di E. GIURIANI, collana a cura di G. CARBONARA, UTET scienze tecniche, 2012, pp.4.

R. DE CADILHAC, *Questioni di consolidamento nel dibattito contemporaneo*, in A. AVETA E M. DI STEFANO (a cura di), *Roberto Di Stefano. Filosofia della conservazione e prassi del restauro*, Napoli, Arte Tipografica Editrice, pp.315 – 316.

ReLuis, *Linee guida per riparazione e rafforzamento di elementi strutturali, tamponature e partizioni*, a cura di Mauro Dolce e Gaetano Manfredi, DoppiaVoce, maggio 2012, pp.80-83

CONSIGLIO SUPERIORE DEI LAVORI PUBBLICI, Gruppo di lavoro istituito con nota del Presidente del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici n°7547 del 06.09.2010, *Studio propedeutico all'elaborazione di strumenti di indirizzo per l'applicazione della normativa sismica agli insediamenti storici*, 20.04.2012

B.G. MARINO, *Cupole e restauro. Il Panthéon di Parigi tre scienza, architettura e conservazione*, Edizioni scientifiche italiane, 2012, pp.72-92.

M.C. RAPALO, *Roberto Di Stefano e gli aspetti tecnici nel restauro*, in A. AVETA E M. DI STEFANO (a cura di), *Roberto Di Stefano. Filosofia della conservazione e prassi del restauro*, Napoli, Arte Tipografica Editrice, pp.339- 344.

E. ROMEO, *Interventi sulle fabbriche antiche dall'età classica alla tarda età imperiale*, in S. CASIELLO (a cura di), *Verso una storia del restauro. Dall'età classica al primo Ottocento*, Alinea Editrice, marzo 2012 (prima ristampa), pp. 25-28.

L. SERAFINI, *Alla ricerca dell'identità perduta. La ricostruzione in Abruzzo dopo il sisma del 2009 e il caso di Ofena (AQ)*, in A. AVETA E M. DI STEFANO (a cura di), *Roberto Di Stefano. Filosofia della conservazione e prassi del restauro*, Napoli, Arte Tipografica Editrice, pp.268-275.

C. VARAGNOLI, *I piani di ricostruzione dopo il sisma del 2009 in Abruzzo e le istanze del restauro*, in A. AVETA E M. DI STEFANO (a cura di), *Roberto Di Stefano. Filosofia della conservazione e prassi del restauro*, Napoli, Arte Tipografica Editrice, pp.257-262.

M.G. VENARDI, *Il restauro del campanile della cattedrale di Novara: conservazione e consolidamenti*, in A. AVETA E M. DI STEFANO (a cura di), *Roberto Di Stefano. Filosofia della conservazione e prassi del restauro*, Napoli, Arte Tipografica Editrice, pp.222-228.

C. VERAZZO, *La ricostruzione in Abruzzo: tecniche costruttive tradizionali e metodi di intervento*, in

A. AVETA E M. DI STEFANO (a cura di), *Roberto Di Stefano. Filosofia della conservazione e prassi del restauro*, Napoli, Arte Tipografica Editrice, pp.263-267.

A. AVETA, *Roberto Di Stefano: un protagonista nello sviluppo del restauro e della conservazione*, in (a cura di) A. AVETA, M. DI STEFANO, *Roberto Di Stefano. Filosofia della conservazione e prassi del restauro*, Arte Tipografica Editrice, dicembre 2013, pp.55-62.

Aveta A., *Consolidamento e restauro delle strutture in legno*, Dario Flaccovio Editore, 2013.

BLASI C., *Architettura Storica e Terremoti*, Wolters Kruwer Italia, novembre 2013.

C. BLASI, *Conoscenza empirica e analisi delle strutture*, in C. BLASI (a cura di), *Architettura storica e terremoti. Protocolli operativi per la conoscenza e la tutela*, Wolters Kluwer Italia, 2013, pp.13-14

G.P. BROGIOLO, P. FACCIO, *Apsat12. Carta del rischio e conservazione dei paesaggi e delle architetture*, SAP Società Archeologica, marzo 2013, p.111

C.F. CAROCCI, C. CIRCO, *Le debolezze della città storica. effetti sismici sul tessuto edilizio murario*, in C. BLASI (a cura di), *Architettura storica e terremoti. Protocolli operativi per la conoscenza e la tutela*, WoltersKluwer Italia, 2013, pp.153-175.

C.F. CAROCCI, C. TOCCI, C. CIRCO, L.A. SCUDERI, A. SCUDERO, *Osservazione e interpretazione del danneggiamento sismico negli aggregati urbani di edifici in muratura*, in C. BLASI (a cura di), *Architettura storica e terremoti. Protocolli operativi per la conoscenza e la tutela*, WoltersKluwer Italia, 2013, pp.175-192

M. COSTA, *Analisi di un aggregato del centro storico di Casentino, L'Aquila*, in C. BLASI (a cura di), *Architettura storica e terremoti. Protocolli operativi per la conoscenza e la tutela*, WoltersKluwer Italia, 2013, pp.193-200.

F. GABRIELLI, in «Materia», numero 75-76, giugno 2013, pp.60-61.

C. GALLI, *Precedenti storici e orientamenti della normativa sismica dei beni culturali. Regole dell'arte, intuizione e calcolo numerico*, in Atti del convegno ANIDIS 2013, L'ingegneria sismica in Italia, Padova, centro culturale Altinate/San Gaetano, 30 giugno – 4

luglio 2013, sessione P, P7.

M. GIAMBRUNO, R. SIMONELLI, *La conoscenza dei centri storici in zona sismica: un approccio metodologico*, in C. BLASI (a cura di), *Architettura storica e terremoti. Protocolli operativi per la conoscenza e la tutela*, Wolters Kluwer Italia, 2013, pp.131-132.

M. GIBERTI, *Il terremoto in Emilia*, in «Materia», n75-76, giugno 2013, p. 51-55.

R. IENTILE, *Le Raccomandazioni e la riduzione del rischio sismico nel patrimonio culturale*, in *Patrimonio architettonico e rischio sismico. Un percorso tra conoscenza e obiettivi di conservazione*, Celid, luglio 2013, p. 151.

IENTILE R., NARETTO M., , Celid, Torino, luglio 2013.

INDIRLI M., KOURIS L.A.S., FORMISANO A., BORG R.P., MAZZOLANI F.M, *Seismic damage assessment of unreinforced masonry structures after the Abruzzo 2009 earthquake: the case study of the historical centres of L'Aquila and Castelvechio Subequo*, in *Architectural Heritage 1350-7524*, 2013.

B. G. MARINO, *Attualità di un percorso per la conservazione: l'immanenza dei valori nella ricerca di Roberto Di Stefano*, in A. AVETA E M. DI STEFANO (a cura di), *Roberto Di Stefano. Filosofia della conservazione e prassi del restauro*, Arte Tipografica Editrice, Napoli 2013, p.85.

M. NARETTO, *Conoscenza e valutazione dell'architettura: materiali, sistemi costruttivi, patologie*, in *Patrimonio architettonico e rischio sismico. Un percorso tra conoscenza e obiettivi di conservazione*, a cura di R. IENTILE, Celid, luglio 2013, p. 23.

A. PINTO, *R. Di Stefano: note e ricordi di una lunga collaborazione*, in AVETA, M. DI STEFANO, *Roberto Di Stefano. Filosofia della conservazione e prassi del restauro*, Arte Tipografica Editrice, dicembre 2013, pp.321-325.

S. PODESTÀ, S. PARODI, L. SCANDOLO, L. MORO, *La (perduta) memoria del terremoto. un confronto tra i danni prodotti dal sisma del 1987 e del 2012 su alcune chiese dell'emilia Romagna*, in «Progettazione Sismica», 2013.

S. PODESTÀ, L. SCANDOLO, L. MORO, *Sulla vulnerabilità sismica. Quando l'uomo non ricorda, ci (ri)pena il terremoto*, in «Ananke», gennaio 2013, n.68, p.49.

PORTOGHESI, editoriale, in «MATERIA», n75-76, giugno 2013, pp.24-30.

C. VARAGNOLI, *I piani di ricostruzione dopo il sisma del 2009 in Abruzzo e le istanze del restauro*, in A. AVETA, M. DI STEFANO (a cura di), *Roberto Di Stefano. Filosofia della conservazione e prassi del restauro*, Napoli, Arte Tipografica Editrice, 2013, pp.257-262.

C. VERAZZO, *La ricostruzione in Abruzzo: tecniche costruttive tradizionali e metodi di intervento*, in A. AVETA, M. DI STEFANO (a cura di), *Roberto Di Stefano. Filosofia della conservazione e prassi del restauro*, Napoli, Arte Tipografica Editrice, 2013, pp.263-267.

L. Serafini, *Alla ricerca dell'identità perduta. La ricostruzione in Abruzzo dopo il sisma del 2009 e il caso di Ofena (AQ)*, in A. Aveta, M. Di Stefano (a cura di), *Roberto Di Stefano. Filosofia della conservazione e prassi del restauro*, Napoli, Arte Tipografica Editrice, 2013, pp.268-275.

MINISTERO DEI BENI E DELLE ATTIVITÀ CULTURALI E DEL TURISMO – DIREZIONE REGIONALE PER I BENI CULTURALI E PAESAGGISTICI DELL'EMILIA-ROMAGNA, *A sei mesi dal sisma. Rapporto sui beni culturali in Emilia-Romagna*, Carpi – Palazzo dei Pio, 20-21 Novembre 2012, Minerva Edizioni, marzo 2014.

C. BLASI, *Il consolidamento dei campanili danneggiati dal sisma: riflessioni su conservazione e sicurezza*, in *A sei mesi dal sisma. Rapporto sui beni culturali in Emilia-Romagna*, Carpi – Palazzo dei Pio, 20-21 novembre 2012, Minerva Edizioni, marzo 2014, pp.225-237.

S. CATTARI, S. DEGLI ABBATI, D. FERRETTI, S. LAGOMARSINO, D. OTTANELLI, A. TRALLI, *Vulnerabilità delle rocche e dei castelli emiliani danneggiati dal sisma del maggio 2012: abaco dei principali meccanismi di danno*, in «Castellum», Cierre Grafica, Roma, Castel S. Angelo, 55/2014, pp.41-52.

C. DI FRANCESCO, *A sei mesi dal sisma*, in *A sei mesi dal sisma. Rapporto sui beni culturali in Emilia-Romagna*, Carpi – Palazzo dei Pio, 20-21 novembre 2012, Minerva Edizioni, marzo 2014, pp.17-50.

I. DI ROCCO, *Dalla lista dei danni alla mappa del tesoro. La creazione del database e dell'archivio cartografico GIS come opportunità per conoscere, organizzare, gestire il patrimonio culturale dei territori colpiti dal sisma*, in *A sei mesi dal sisma. Rapporto sui*

beni culturali in Emilia-Romagna, Carpi – Palazzo dei Pio, 20-21 novembre 2012, Minerva Edizioni, marzo 2014, pp.117-134.

P. GRIFONI, *Tradizione e territorio: l'architettura religiosa come testimonianza diffusa dei paesi colpiti dal sisma*, in C. DI FRANCESCO (a cura di), *A sei mesi dal sisma. Rapporto sui beni culturali in Emilia-Romagna*, Carpi – Palazzo dei Pio, 20-21 novembre 2012, Minerva Edizioni, marzo 2014, p.51-56.

L. MARINELLI, *Ville e palazzi storici della pianura bolognese colpiti dal sisma. Primi interventi messi in atto dai proprietari privati per fronteggiare l'emergenza e organizzare i restauri*, in *A sei mesi dal sisma. Rapporto sui beni culturali in Emilia-Romagna*, Carpi – Palazzo dei Pio, 20-21 novembre 2012, Minerva Edizioni, marzo 2014, pp. 143-151.

L. DI MAURO, *Roberto Di Stefano e i restauri nel Duomo di Napoli: novità e approfondimenti per la storia dell'architettura*, in (a cura di) A. AVETA, M. DI STEFANO, *Roberto Di Stefano. Filosofia della conservazione e prassi del restauro*, Arte Tipografica Editrice, dicembre 2013, pp.149-154. Pp. 309-314.

T. MONTANARI, *Le pietre e il popolo*, minimum fax, 2014, ed. consultata 2016, pp.120-122, pp.151-152.

L. Ornaghi, in C. Di Francesco (a cura di), *A sei mesi dal sisma. Rapporto sui beni culturali in Emilia Romagna*, Carpi – Palazzo dei Pio, 20-21 Novembre 2012, Minerva Edizioni, marzo 2014, p.14

E. PEPE, *Interventi di miglioramento antisismico alla Rocca di Reggiolo: la scelta di un intervento non mimetico*, in *A sei mesi dal sisma. Rapporto sui beni culturali in Emilia-Romagna*, Carpi – Palazzo dei Pio, 20-21 novembre 2012, Minerva Edizioni, marzo 2014, pp.159-166.

A. PERI, *contributo introduttivo* in *A sei mesi dal sisma. Rapporto sui beni culturali in Emilia-Romagna*, Carpi – Palazzo dei Pio, 20-21 novembre 2012, minerva edizioni, marzo 2014, p.9.

G. POLIDORI, *La chiesa di San Francesco in Mirandola*, in *A sei mesi dal sisma. Rapporto sui beni culturali in Emilia-Romagna*, Carpi – Palazzo dei Pio, 20-21 novembre 2012,

Minerva Edizioni, marzo 2014, pp. 135-142.

A. Ranaldi, I danni del sisma nel ferrarese. Memorie 2012 e 1570, in C. DI FRANCESCO (a cura di), *A sei mesi dal sisma. Rapporto sui beni culturali in Emilia Romagna*, Carpi – Palazzo dei Pio, 20-21 Novembre 2012, Minerva Edizioni, marzo 2014, p.57-60.

M. RIGHINI, *Le rocche e le fortificazioni di Finale Emilia e San Felice sul Panaro nel XV secolo*, in «Castellum», Cierre Grafica, Roma, Castel S. Angelo, 55/2014, pp.17-26.

A. SAISI, S. TEREZONI, *Architetture fortificate nel mantovano: gli effetti del terremoto del 2012*, in «Castellum», Cierre Grafica, Roma, Castel S. Angelo, 55/2014, p.61

A. SAISI, S. TEREZONI, *Architetture fortificate nel mantovano: gli effetti del terremoto del 2012*, in «Castellum», Cierre Grafica, Roma, Castel S. Angelo, 55/2014, p. 61

VALLUCCI S., QUAGLIARINI E., LENCI S., *Costruzioni storiche in muratura. Vulnerabilità sismica e progettazione degli interventi*, Wolters Kluwer It

A. AVETA, *Conservazione integrata e centro storico, tra restauro e rinnovamento urbano*, in A. AVETA, A. CASTAGNARO, *Rigenerazione e riqualificazione urbana*, artstudiopaparo, novembre 2015, pp.55-63.

G. BRANDONISIO, G. LUCIBELLO, A. MAZZIOTTI, E. MELE, A. DE LUCA, *Modellazione non lineare e software commerciali*, in atti del XVI Convegno ANIDIS *L'Ingegneria Sismica in Italia*, 13-17 settembre 2015, L'Aquila

B. CALDERONI, E.A. CORDASCO, A. SANDOLI, V. ONOTRI, G. TORTORIELLO, *Problematiche di modellazione strutturale di edifici in muratura esistenti soggetti ad azioni sismiche in relazione all'utilizzo di software commerciali*, in atti del XVI Convegno ANIDIS *L'Ingegneria Sismica in Italia*, 13-17 settembre 2015, L'Aquila.

M. CENACCHI, Responsabile Ufficio Progettazione e Sviluppo Acer, *Interventi di ripristino sul patrimonio di edilizia residenziale pubblica del Comune di Ferrara*, Salone del Restauro di Ferrara 7 maggio 2015.

B. COLASACCO, F. DE VITIS, A. LEMME, A. MIGNEMI, C. MIOZZI, *Sisma Abruzzo 2009 – Beni architettonici, storico-artistici e miglioramento sismico: approccio innovativo per la ricostruzione critica di architetture crollate – il caso della loggia di Palazzo Ardinghelli*, in XVI Convegno ANIDIS - L'Ingegneria Sismica in Italia, 13-17 settembre 2015, L'Aquila.

N. FRASSON, Responsabile U.O. Beni Monumentali, Centro storico Comune di Ferrara, *Una visione d'insieme sulla progettazione post-sisma*, Salone del Restauro, Ferrara, 7 maggio 2015.

D. GALEOTTA, L. FANALE, D. TOHME, A. ROMAGNOLI, A. PAONE, *Il progetto di miglioramento sismico dell'ex convento di San Basilio danneggiato dal sisma del 2009*, in XVI Convegno ANIDIS - L'Ingegneria Sismica in Italia, 13-17 settembre 2015, L'Aquila.

C. GALLI, L. BECIANI, S. BERGAMI, F. LUGLI, *Restauro e miglioramento sismico: ricerca di modelli di comportamento aderenti alla realtà storico-costruttiva*, in atti del XVI Convegno ANIDIS L'Ingegneria Sismica in Italia, 13-17 settembre 2015, L'Aquila.

M. MARINUCCI, *Palazzo Centi, via al recupero*, in «Il Centro. Edizione L'Aquila», 14 aprile 2015.

R. QUARESIMA, E. ANTONACCI, F. FUSCO, D. GALEOTA, *I pilastri della Basilica di Collemaggio a L'Aquila: limiti della modellazione vs stato di conservazione e materiali costitutivi*, in XVI Convegno ANIDIS - L'Ingegneria Sismica in Italia, 13-17 settembre 2015, L'Aquila.

A. SALVATORI, *Miglioramento sismico di edifici storici in muratura danneggiati da eventi sismici. Il caso di due aggregati storici in L'Aquila*, XVI Convegno ANIDIS - L'Ingegneria Sismica in Italia, 13-17 settembre 2015, L'Aquila.

G. COCOZZA, *I torrenti del Somma*, G. RUSSO, *Le misteriose acque del Monte Somma* Dipartimento Protezione Civile, ReLUIS, *Linee guida per il rilievo, l'analisi ed il progetto di interventi di riparazione e consolidamento sismico di edifici in muratura in aggregato*, ottobre 2010, testo in bozza

E. GIURIANI, *Consolidamento degli edifici storici*, UTET scieze tecniche, p.24

Bibliografia