

# COMUNE DI CALDAROLA

Provincia di Macerata

COMMITTENTE:

Comune di Calderola

GRUPPO DI PROGETTAZIONE:

Ing. Giorgio Del Brutto  
Ing. Michele Colocci  
Ing. Alex Grassi  
Arch. Deborah Re

TAVOLA N.

OGGETTO:

RIF. CATASTALI

RT

Restauro e recupero funzionale con  
miglioramento sismico Palazzo Pallotta.

Foglio

7

Particella

93

UBICAZIONE: Piazza Vittorio Emanuele n.13

## PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

ELABORATI: - Relazione tecnica

DATA: Giugno 2020

EDIZ.: 00

REV.: 00

## 1. Premessa

A seguito dei recenti eventi sismici che hanno colpito le regioni delle Marche, Umbria, Abruzzo e Lazio del 24 agosto 2016, il Palazzo Comunale di Calderola denominato Palazzo Pallotta, ha subito una serie di danni che hanno comportato la dichiarazione di inagibilità dell'immobile.

Il diffuso quadro fessurativo con rischi di crolli parziali ha evidenziato una serie di criticità elevate comportato l'inagibilità dell'immobile con l'emanazione dell'ordinanza n. 29 del 17/01/2017 del Comune di Calderola, a seguito dei sopralluoghi del 07/11/2016 relativo all'ID 32561, oggetto di scheda Aedes 001 e del secondo sopralluogo e del 02/01/2017 relativo all'ID 68508, oggetto di scheda Aedes 002.

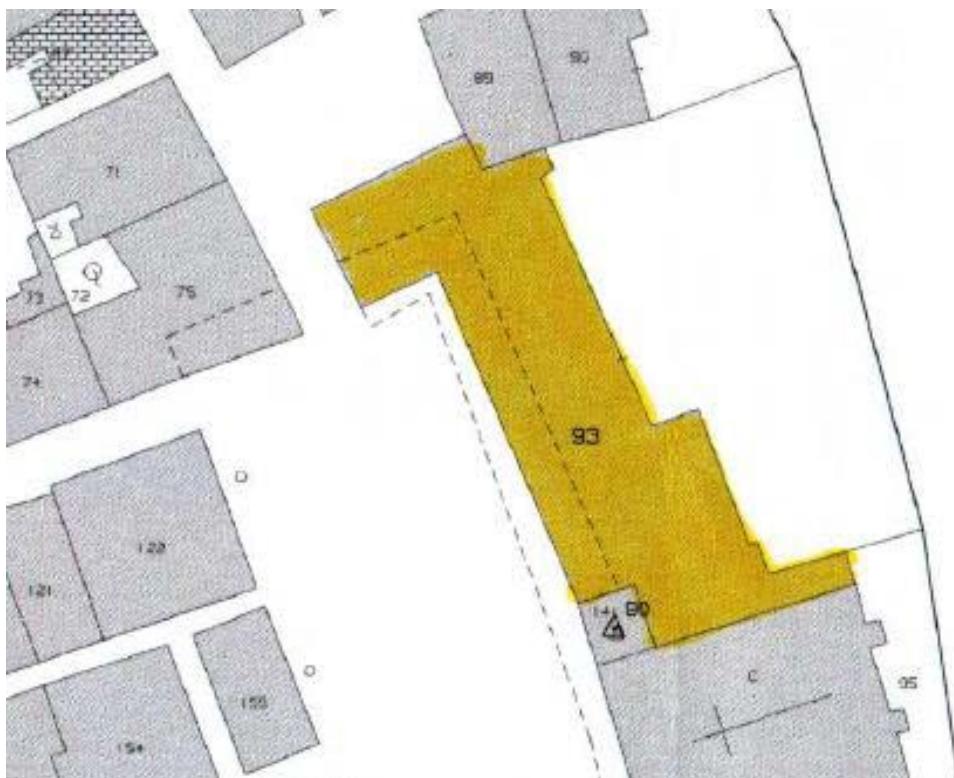
Sono stati redatti inoltre documenti relativi alla scheda GTS del 29/02/2017, CCR 1992 relativo alla messa in sicurezza dell'immobile che verrà allegato al verbale GTS del 22/02/2017 relativo al Ministero per i beni e le attività culturali.

Il complesso monumentale del Municipio è tutelato con decreto di vincolo della Soprintendenza per i Beni Ambientali e Architettonici delle Marche al protocollo 9527 del 25/11/1975.

Il fabbricato risulta cartograficamente individuato come di seguito illustrato:



Figura 1- Inquadramento generale Piazza Vittorio Emanuele, 13



Consiglio (detta Salone dei Cardinali Pallotta). L'importanza storica del Palazzo dei cardinali Pallotta sta anche nella sua architettura rigorosamente aderente ai principi della Controriforma.

Concepito e realizzato in tempi brevi ed in modo estremamente unitario, ha subito nel tempo pochissime aggiunte e trasformazioni, per cui può essere considerato un chiaro esempio di uno degli sviluppi manieristici dell'architettura del Rinascimento.

L'intera vicenda edilizia del palazzo, e tutto il suo valore storico, sono improntati intorno ai due personaggi caldarolesi: Il card. Evangelista Pallotta e il pittore Simone De Magistris. Gli affreschi del piano nobile ed i soffitti a cassettoni costituiscono un complesso di grande rilievo non solo per la loro mole ma anche per la qualità delle pitture, ogni anno infatti il Palazzo Pallotta ospita importanti mostre sull'arte marchigiana. Inoltre vi si trovano tavoli d'epoca, i ritratti dei quattro cardinali Pallotta e una cartina della terra di Calderola del 1744.

Agli inizi del 1900 l'immobile è stato oggetto di sopraelevazione dove sono stati ricavati dei locali utilizzati alla data del sisma come uffici comunali.

#### **4. Descrizione dello stato attuale dell'immobile esistente**

L'edificio presenta una superficie di ingombro in pianta pari a 1.259,20 mq e si sviluppa su n° 6 piani per una superficie complessiva lorda pari a 5.864,55mq.

Il volume urbanistico fuori terra pari a 15.362,31 mc e volume interrato pari a 3.943,71 mc determinato al 50 %, sulla base della vigente normativa del calcolo urbanistico.

L'immobile nel suo complesso presenta una forma ad "L", con il lato lungo di circa 50m e il lato corto di circa 25m, in altezza è sviluppato su due piani seminterrati e quattro piani fuori terra, presentando una struttura portante molto complessa e una distribuzione articolata e discontinua degli elementi resistenti.

L'edificio funzionalmente di rappresentanza e d'aspetto monumentale, è articolato in pianta secondo l'asse di simmetria e organizzato attorno ai grandi ambienti centrali dai quali si diramano ampi corridoi. L'intero organismo architettonico abbraccia la grande piazza centrale sulla quale al piano terreno si aprono i portici poggianti su robusti pilastri, al di sopra di questi si eleva il piano nobile di notevole altezza, all'ultimo piano oggetto di sopraelevazione agli inizi del 1900, sono presenti i locali adibiti ad uffici della sede comunale.

I paramenti esterni sono rifiniti in laterizio a faccia vista con modanature e cornici in laterizio, sul lato posteriore in corrispondenza del prospetto lungo Via Lungara del Rio e le pareti sono realizzate in laterizio e pietra, senza particolari cornici o elementi di decoro.

Nei due lati, est e ovest, l'edificio confina con la piazza Vittorio Emanuele e il cortile prospiciente Via Lungara del Rio, nello spigolo a nord-est il fabbricato è costruito per una porzione limitata, in adiacenza ad

altro edificio di proprietà comunale avente destinazione albergo e Piazza XXV Maggio, lungo tutta la facciata a sud, invece è in adiacenza con la chiesa collegiata San Martino e la torre civica.

Di seguito viene riportata la documentazione fotografica dall'esterno:



Figura 3 – Facciata del Palazzo Pallotta prospetto frontale



Figura 4 – Facciata del Palazzo Pallotta prospetto retrostante

## 5. La struttura

Le strutture verticali sono costituite da muratura di tipo a sacco e/o piene, di due tipologie:

- per la facciata ad est e il piano seminterrato sono state utilizzate principalmente pietre semi squadrati, e in minima parte mattoni in laterizio;
- per la facciata a ovest e nord, e per i restanti piani è prevalente l'utilizzo di mattoni pieni.

Il solaio del piano seminterrato e il solaio del porticato sono realizzati con volte a crociera in muratura, con mattoni posti per taglio; tali elementi scaricano il loro peso principalmente su pilastri in muratura che sono realizzati sia con mattoni pieni sia con elementi in pietra semi squadrati.

I restanti orizzontamenti sono stati costruiti con orditura portante in legno e sovrastante pianellato in laterizio.

Da rilevare inoltre che in corrispondenza del secondo piano fuori terra non risultano presenti nel corpo centrale elementi trasversali sismoresistenti, invece presenti ai piani inferiori per la presenza di murature portanti.

Con i precedenti interventi di rifacimento della copertura, sono inoltre state realizzate capriate in legno e in acciaio, poste su luci che arrivano sino a circa 13 m.

Le fondazioni dell'edificio, vista l'epoca costruttiva, risultano superficiali e realizzate con muri in mattoni pieni leggermente più larghi dei muri soprastanti, nel tempo si sono manifestati cedimenti fondali evidenziati dalla conformazione dei marcapiani della facciata principale e dall'inclinazione delle colonne del loggiato che hanno portato nel tempo ad un intervento di adeguamento delle fondazioni mediante micropali intestati nella muratura, visibili ai piani seminterrati.

Dal rilievo effettuato è stato possibile notare anche ampliamenti dei muri sul progetto est al piano terra, attraverso contrafforti, probabilmente per limitare o eliminare i cedimenti di fondazione, evidenziatisi già dopo l'epoca di costruzione.

## 6. Interventi eseguiti intorno agli anni 1980

I più importanti interventi realizzati in tempi recenti, sono stati effettuati sull'immobile intorno agli anni 1980, sulle murature portanti.

Dai documenti reperiti in archivio è stato possibile desumere le opere realizzate come di seguito elencato:

- “*iniezioni di boiacca cementizia*” al piano interrato per garantire la rigenerazione murature portanti;
- “*perforazioni*” Ø90 ÷ 100 mm per l'esecuzione di iniezioni di boiacca cementizia attraverso tubo in acciaio Ø2” - sp. 2,90 mm opportunamente finestrato e valvolato;
- “*intonaco spruzzato*” con interposta rete elettrosaldata con filo Ø2,2 mm - maglia 7,5 x 7,5 cm;

- “*tirante in acciaio speciale*” per cemento armato precompresso Ø26,5;
- “*cuciture*” con barre in acciaio Ø20;
- “*iniezioni a sezioni e pressioni controllate*” di boiacca cementizia attraverso le tubazioni in acciaio delle perforazioni;

## 7. Interventi previsti a seguito degli eventi sismici del 1997

Dalle documentazioni agli atti si rileva che ulteriori interventi sono stati effettuati sull’immobile successivamente al sisma del 1997, che ha comportato la totale inagibilità dell’edificio a seguito dell’evento sismico.

Gli interventi previsti nel progetto di ripristino dei danneggiamenti dell’immobile in oggetto, possono essere così elencati:

- “cuci e scuci” sulle murature portanti per il ripristino della continuità dei maschi murari lesionati o di incroci distaccati;
- Riancoraggio o miglioramento delle ammorsature dei contrafforti costruiti sulla facciata est, attraverso interventi di “cuci e scuci”, o il posizionamento di barre metalliche (diatoni) di collegamento, appositamente resinate e inserite nei giunti di malta;
- Interventi di consolidamento delle murature a sacco attraverso metodo classico, tipo iniezioni di malta, o con il metodo del “cuci e scuci” approfondito per tutto il paramento;
- Verifica dei tiranti esistenti e aggiunta di nuovi tiranti o cerchiature metalliche per contrastare le spinte orizzontali di archi e volte ed inoltre per migliorare la distribuzione della forzante sismica nei maschi murari;
- Intervento di consolidamento delle volte eseguito in due fasi: all’intradosso, ponendo in opera dei cunei lignei nelle lesioni per aumentare il contrasto dei conci e ristilatura dei giunti di malta; ove necessario intervenire all’estradosso, svuotando le volte e rinforzandole con fibre di carbonio, calottina superiore e riempimento con inerte di peso specifico definito così da ricostituire l’originale contro spinta;
- Posizionamento di nuovi tiranti metallici per poter contrastare i meccanismi locali di collasso delle murature;
- Rinforzo con cerchiatura metallica dei pilastri del piano seminterrato per conferire maggiore resistenza alla compressione e scongiurare un nuovo schiacciamento;
- Inserimento al piano secondo di telai metallici controventati e ancorati alla muratura esistente, per garantire un miglior collegamento tra le facciate esterne dell’edificio in cui si è attivato il cinematismo di ribaltamento, e assorbire le spinte sismiche fuori dal piano;

- Inserimento di piatti metallici per rinforzare la muratura che presenta fenomeni di punzonamento delle travi del solaio sfalsato, incollati al supporto e ancorati attraverso barre metalliche resinate alla muratura;
- Consolidamento dei solai lignei fortemente danneggiati attraverso lo smontaggio, la valutazione delle caratteristiche meccaniche dei vari elementi, eventuale restauro o sostituzione, e riposizionamento in opera eseguendo un'apposita cerchiatura metallica, affinchè venga garantito un adeguato collegamento tra orizzontamento e elementi portanti verticali;
- Consolidamento del solaio di copertura, il quale ha riportato importanti dissesti, visto anche il movimento delle pareti portanti su cui appoggiano, e inserimento di cerchiatura metallica per un miglior collegamento con le murature;
- Intervento in fondazione, esteso a tutte le strutture, per scongiurare ulteriori fenomeni di cedimento con particolare attenzione a quelli differenziali. Tale consolidamento è stato eseguito attraverso la realizzazione di ulteriori fondazioni profonde in micropali, adeguatamente ancorati alla struttura esistente, nelle seguenti fasi:
  - Smontaggio della pavimentazione interna;
  - Scavo sino alla profondità delle fondazioni sia interno che esterno;
  - Realizzazione dei micropali;
  - Reinterro;
  - Rimontaggio della pavimentazione interna e finitura esterna.
- Ripristino dei divisorii interni attraverso i seguenti interventi:
  - Nel caso di divisorii in mattoni pieni, con lievi danni, o rivestiti con intonaci di pregio o affrescati, verrà realizzato un adeguato “cuci e scuci” per risanare gli strappi presenti e ristabilire la continuità strutturale;
  - Nel caso di tramezzi in mattoni pieni, presenti nei vari piani con elevato valore artistico, ma completamente danneggiati, si potrà valutare il completo smontaggio e rimontaggio con la medesima tipologia di mattoni, previo distacco dell'intonaco da parte di restauratore specializzato;
  - Nel caso di tramezzi realizzati in elemento forato, di nessun valore storico artistico come ad esempio quelli presenti al secondo piano, e fortemente vulnerabili per la presenza di solai molto deformabili, saranno demoliti e ricostruiti con idoneo materiale;
- Consolidamento delle volte in camorcanna presenti in alcuni locali e fortemente danneggiate, attraverso il rinforzo dell'ossatura lignea portante e il ripristino degli stucchi;
- Recupero degli intonaci affrescati attraverso i seguenti interventi:
  - Per gli intonaci distaccati dal supporto, nel quale non si deve intervenire per consolidare la muratura, si effettuerà il riancoraggio attraverso iniezioni di resine epossidiche altamente specializzate per i restauri;

- Per gli intonaci dove si deve intervenire sul supporto murario per raggiungere un adeguato miglioramento sismico, si provvederà al distacco, effettuato da un restauratore abilitato. Terminato il consolidamento delle murature si riposizionerà l'affresco sulla struttura portante;
- Per gli intonaci fessurati e in cui non si deve intervenire sul supporto murario, si provvederà al ripristino degli strappi attraverso apposita stuccatura con malta di calce e successivo ripristino pittorico.

## 8. Analisi dei dissesti a seguito degli eventi sismici del 2016

In seguito alle scosse sismiche iniziate il 24 agosto 2016, l'edificio ha riportato i seguenti danni:

- Lesioni sia leggere, sia medio-gravi ai maschi murari e alle fasce di piano estese a tutto l'edificio; la maggior concentrazione sia per estensione sia per spessore, sono al piano seminterrato e al piano secondo della porzione di edificio disposta lungo l'asse nord-sud, e su tutte le fasce di piano della porzione minore disposta lungo l'asse est-ovest;
- Cedimento di fondazione leggibile sulla facciata disposta ad est: nella porzione centrale del prospetto è possibile leggere una fessura ad arco, tipica del cedimento fondale, che ha interessato circa 15 m di muratura, con ampiezza che oscilla tra 1 e 2 cm; inoltre anche nella porzione sinistra del prospetto est, si può leggere dalle lesioni sull'angolata e in prossimità delle aperture, che segnano un netto distacco della parete che ha ceduto verso valle;
- Cedimento di fondazione della facciata disposta ad ovest: nel solaio del porticato, in prossimità della base dei pilastri e nel punto corrispondente al solaio del seminterrato sono stati notati forti distacchi e visibili abbassamenti;
- Crolli di alcune porzioni di paramenti murari al piano interrato;
- Al piano seminterrato, la maggior parte dei pilastri delle volte a crociera, evidenziano lesioni verticali che partono dal basamento e salgono verticalmente verso la volta: esse identificano un probabile problema di schiacciamento, dovuto presumibilmente al superamento del carico massimo supportabile. Tali lesioni sono principalmente presenti nella prima fila di pilastri paralleli alla facciata ovest, e dallo studio dei movimenti che ha subito l'edificio in presenza del sisma, sono correlati con il cedimento fondale sopra descritto;
- Lesioni nella parte centrale dei solai del piano seminterrato con fessurazione disposta prevalentemente in direzione circa parallela al lato lungo dell'edificio;
- Lesioni sul solaio al piano terra in corrispondenza degli appoggi dei pilastri del porticato;
- Lesioni sulle volte e sugli archi in muratura, principalmente concentrati al piano seminterrato;

- Distacco della maggior parte degli incroci murari (in corrispondenza dei martelli delle murature) presenti al piano secondo e evidenti lesioni e distacchi dalle pareti esterne di tutte le tramezzature interne;
- Gravi lesioni all'orizzontamento del piano secondo, con evidente fessurazione della pavimentazione disposta parallelamente al lato lungo dell'edificio;
- Lesioni della camorcanna affrescata presente al piano nobile (1° piano);
- Lesioni degli affreschi presenti al piano primo che in alcuni casi, in prossimità dei maschi murari maggiormente lesionati, presentano distaccamenti dal supporto ed in alcuni casi crolli dai paramenti.

In seguito al sopralluogo effettuato, e alla raccolta dell'intero quadro fessurativo, è stato possibile analizzare nel complesso come l'edificio ha reagito alle scosse sismiche, individuando i cinematismi che si sono attivati; dai dissesti sopra descritti si può ipotizzare l'attivazione di cedimenti fondali in aggiunta ad una qualità della tessitura muraria scadente ed alla mancanza di elementi sismo-resistenti al piano secondo.

La presenza dei contrafforti costruiti lungo il prospetto ad est in una fase successiva alla costruzione originale, potrebbero far supporre che i problemi legati ai cedimenti in fondazione hanno sempre interessato l'immobile.

Allo stato attuale, i distacchi di alcuni elementi murari e l'inclinazione delle fessure sulle murature della parete est, si può supporre che la facciata abbia ceduto spostandosi verso valle.

Inoltre sono stati rilevati dei distacchi e abbassamenti lungo la facciata ovest, visibili all'attacco tra l'orizzontamento del piano seminterrato e la parete esterna e sul primo orizzontamento (cioè il pavimento del porticato); in questo caso è più difficile dedurre con certezza il movimento attivatosi perché potrebbe essere duplice: o la facciata a ovest ha ceduto cercando di spostarsi verso monte, o l'intero edificio è sceso verso valle, cioè verso la parete ad est dove le lesioni sono più visibili.

Strettamente collegato al fenomeno di cedimento, è lo schiacciamento della linea centrale dei pilastri in muratura; tale deduzione deriva dall'analisi dei nuovi equilibri e scarichi dei pesi dopo il cedimento.

Si notano in maniera globale, cedimenti differenziali tra l'interno dell'edificio e la parte esterna creando lesioni all'intero orizzontamento.

Tale cinematismo è evidente nella maggior parte degli elementi portanti al piano seminterrato ed estremamente pericoloso.

Al secondo piano le azioni sismiche hanno indotto importanti deformazioni alle murature portanti in quanto la scatola muraria risulta particolarmente carente di elementi trasversali "sismo-resistenti" capaci di assorbire le sollecitazioni, limitare gli spostamenti trasversali dell'edificio ed evitare l'insorgenza di cinematismi di ribaltamento con conseguenti deformazioni del solaio di copertura.

A tal proposito si evidenzia che, al livello dell'impalcato di copertura, le capriate lignee presentano campate con luci di circa 15 m, che comportano inevitabilmente elevate reazioni verticali concentrati nei punti di appoggio, che in caso di sisma determinano elevate spinte orizzontali sulle murature; inoltre tale struttura

non riesce a garantire un adeguato collegamento tra i maschi murari per una corretta distribuzione della forzante sismica orizzontale di piano.

L'attivazione del cinematismo di ribaltamento è confermata dal quadro fessurativo, in quanto gli incroci murari sono quasi tutti distaccati, i tramezzi interni si sono staccati dalle pareti esterne con fessure di notevole ampiezza, i solai di piano hanno riportato evidenti fessure parallele alle due facciate che tentano di ribaltare, le travi del solaio di copertura e i travicelli sono scorsi rispetto le loro sedi.

## 9. Descrizione delle vulnerabilità

Il Palazzo Pallotta, proprio per la sua conformazione architettonico strutturale, presenta una serie di vulnerabilità tipiche degli edifici storici:

- Muratura portante a sacco e con tessitura muraria di scarsa qualità e/o non apparecchiata a regola d'arte;
- Presenza di archi e volte in muratura senza apposita tirantatura o cerchiatura metallica progettata per assorbire le spinte orizzontali;
- Le colonne in muratura, principalmente quelle poste al piano seminterrato, risultano soggette ad un carico di compressione che probabilmente supera di gran lunga il carico ammissibile della muratura;
- Il secondo piano presenta maschi murari distribuiti solo lungo il perimetro esterno, senza elementi trasversali che collegano le facciate; la mancanza di una struttura di tipo scatolare risulta essere una vulnerabilità molto evidente;
- Il solaio cassettonato di chiusura del salone al primo piano è posto ad una quota maggiore di circa 1,50 m rispetto alla quota del solaio al piano secondo, provocando visibili fessurazioni nei maschi murari causate dal punzonamento delle travi lignee sulla muratura perimetrale;
- Il solaio di copertura è caratterizzato dalla presenza di importanti capriate lignee, con luci di circa 15m, le quali trasferiscono agli elementi portanti sottostanti un carico puntuale molto elevato rispetto lo spessore delle murature che lo sorreggono e che, in caso di sisma, si attivano importanti spinte orizzontali dovute alle forze di inerzia di piano. Inoltre le capriate non garantiscono un adeguato collegamento tra gli elementi portanti verticali.

Il solaio di copertura è stato oggetto di intervento di rinforzo mediante capriate sia in legno che in acciaio. Tali elementi, insieme così come le catene, risultano essere inefficaci ed in alcuni casi addirittura spingenti. Alcuni elementi come i travetti risultano essere sottodimensionati.

## 10. Livello di danno

Ai fini della presente il danno è stato rappresentato con i “livelli operativi” per edifici determinati sulla base della condizione rilevata dello “stato di danno” e del “grado di vulnerabilità” stabiliti all’Ordinanza commissariale n. 19/2017 e ss.mm.ii.

La condizione di danno dell’edificio, risulta essere superiore al gravissimo, presentando:

- Distacchi localizzati fra pareti portanti ortogonali, di ampiezza fino a 10 millimetri che, in corrispondenza di almeno un piano, interessino, in pianta, una percentuale superiore al 25% degli “incroci” tra murature portanti ortogonali del medesimo piano. Tale condizione di danno è stata valutata per il secondo piano dell’edificio.
- Il secondo piano presenta elementi portanti principalmente lungo il perimetro, e con pochissimi muri trasversali. Questa caratteristica ha generato una forte vulnerabilità e in seguito al sisma, le pareti esterne hanno iniziato a ribaltare verso l’esterno, generando distacchi agli incroci murari, il completo distacco dei tramezzi, e il visibile sfilamento delle travi del solaio di copertura. Inoltre sul solaio di calpestio sono ben visibili le lesioni correlate all’attivazione del meccanismo di ribaltamento; esse sono riscontrabili sia in prossimità dell’attacco orizzontamento - parete verticale, sia nella parte centrale del corridoio. Tale cinematismo ha generato gravi lesioni di distacco tra gli incroci murari, che dal rilievo effettuato, risultano essere n. 12, con percentuale sul totale degli elementi è pari a 50% e quindi con danno superiore al gravissimo.

Per ciò che concerne il grado di vulnerabilità con riferimento all’Ordinanza 19/2017 e ss.mm.ii, si presenta:

- Assenza diffusa o irregolarità di connessioni della muratura alle angolate ed ai martelli;
- Colonne in muratura soggette a tensioni medie di compressione, nella combinazione SLU, superiori al 40% della resistenza a compressione media  $f_m$  per oltre il 30% degli elementi resistenti;
- Rapporto distanza tra pareti portanti successive/spessore muratura  $\geq 14$  (con esclusione del caso di pareti in laterizio semipieno) o distanza tra pareti successive  $> 7$  metri;
- Collegamenti degli orizzontamenti alle strutture verticali portanti inesistenti o inefficaci in modo diffuso;
- Presenza di volte od archi con spinta non contrastata;
- Presenza di muratura e/o colonne portanti insistenti in falso su solai o volte, che interessi almeno 15% della superficie delle murature portanti allo stesso piano;

Sulla base delle valutazioni espresse per lo “stato di danno” ed i “gradi di vulnerabilità”, si identifica:

- 1. Stato di danno 4**
- 2. Grado di Vulnerabilità alto**
- 3. Livello operativo L4**

## 11. Obiettivi di progetto

I possibili scenari proposti fanno riferimento alla conservazione del bene oggetto di studio, con interventi di miglioramento sismico ed interventi locali atti a sanare tutte le vulnerabilità più grandi e rilevanti precedentemente descritte.

L'immobile alla data del sisma era sede degli uffici comunali; nell'ambito della ricostruzione post sisma è stato previsto un finanziamento di importo pari a circa € 500.000 per la delocalizzazione degli uffici strategici comunali.

Pertanto l'intervento nell'edificio sarà limitato alla riduzione delle vulnerabilità e miglioramento sismico nel rispetto dell'immobile secondo i criteri della vigente normativa sismica.

La fattibilità dell'intervento di miglioramento sismico rispetto all'adeguamento risulta attestato dalla nota acquisita al protocollo comunale n° 7013 del 25/5/2018, inerente la tipologia degli interventi nei beni monumentali.

I suddetti interventi avranno entrambi la finalità di eliminare le vulnerabilità riscontrate e necessariamente accrescere la capacità di resistenza delle strutture esistenti. Il progetto e la valutazione della sicurezza dovranno pertanto essere estesi a tutte le parti della struttura potenzialmente interessate, nonché alla struttura nel suo insieme.

Quindi il complesso degli interventi consentirà di incrementare il livello di sicurezza dell'intera costruzione, realizzando un miglioramento sismico, seppur non raggiungendo i livelli previsti per le nuove costruzioni. Sarà necessario quindi eseguire un'analisi globale e locale della struttura prima e dopo l'intervento al fine di valutare come varia il rapporto tra l'azione sismica massima sopportabile dalla costruzione e l'azione sismica massima che si utilizzerebbe nel progetto di un nuovo edificio, valutando l'opportuno coefficiente di misura raggiungibile compatibilmente con i caratteri storico monumentali dell'immobile.

A tal fine risulteranno importanti anche gli interventi locali che riguarderanno singole parti della struttura ed elementi isolati contribuendo comunque a garantire migliori condizioni di sicurezza.

Gli interventi che interessano singole parti e/o elementi della struttura cambiano significativamente il comportamento globale della costruzione e sono volti a conseguire una o più delle seguenti finalità:

- ripristinare, rispetto alla configurazione precedente al danno, le caratteristiche iniziali di elementi o parti danneggiate;
- migliorare le caratteristiche di resistenza e/o di duttilità di elementi o parti, anche non danneggiati;
- impedire meccanismi di collasso locale;
- modificare un elemento o una porzione limitata della costruzione.

Per questi interventi il progetto e la valutazione della sicurezza potranno essere riferiti alle sole parti e/o elementi interessati e si dovrà documentare che non siano prodotte sostanziali modifiche al comportamento

delle altre parti e dell'edificio nel suo insieme e che gli interventi comportino un miglioramento delle condizioni di sicurezza pre-esistenti.

## **12. Indagini necessarie per l'intervento**

Si vuole sottolineare che ai fini di una adeguata e corretta progettazione risulta necessaria una importante campagna di indagine anche oltre i livelli minimi previsti da D.M. 17/01/2018.

Si ritiene necessario una verifica generale degli interventi precedentemente eseguiti come sopra descritti ed in particolare in riferimento all'effettiva efficacia degli interventi sulle fondazioni, dato atto della presenza di numerosi micropali e da continui fenomeni di cedimento fondale rilevati ancora nell'immobile.

Alla luce di quanto sopra, dovranno essere svolte indagini sullo stato tensionale e fessurativo atte alla determinazione della tipologia di tutte le murature in opera e della loro consistenza.

Andranno realizzate indagini sull'efficacia delle catene e dei collegamenti fra solaio e murature portanti; saranno determinanti i sistemi di collegamento tra maschi murari ortogonali, nonché la presenza e l'efficacia di quest'ultimi.

Si dovrà procedere alla verifica con opportuna campionatura dei materiali e con prove distruttive e non al fine di controllare l'efficacia e l'esistenza di opportuni collegamenti tra i singoli micropali ed eventualmente trai micropali ed eventuale presenza di cordolatura.

Sarà comunque compito dal tecnico responsabile della progettazione definitiva ed esecutiva di progettare una adeguata campagna di indagini atta a reperire tutte le necessarie informazioni per la redazione di un adeguato intervento che risolva in via definitiva i problemi fondali che hanno interessato l'immobile fin dalla sua realizzazione e risolvere le principali vulnerabilità dell'edificio.

## **13. Interventi di progetto proposti**

Sulla base delle indagini svolte al fine di garantire l'omogeneità delle resistenze eliminando la presenza degli elementi portanti deboli, gli interventi saranno volti a sanare tutte le vulnerabilità riscontrate e rilevanti precedentemente descritte, nonché al miglioramento sismico del fabbricato.

Dato atto che dalla tavola A1, si evidenziano aree non accessibili sulla zona centrale del fabbricato, si dovrà rilevare se l'immobile si protrae anche in quella o solo nelle zone adiacenti e di conseguenza si dovranno uniformare le fondazioni anche nella zona centrale in accordo con il D.M. 17/01/2018.

Dato atto che il fabbricato ha manifestato cedimenti differenziali, si ritengono necessari ulteriori interventi in fondazione sia per uniformare l'intervento di realizzazione di micropali distribuiti uniformemente su tutto il perimetro dell'edificio, sia per testare l'efficacia di quelli esistenti.

Di seguito si elencheranno gli interventi proposti volti alla conservazione del bene oggetto di studio dal piano di fondazione fino al solaio di copertura:

- Interventi di consolidamento delle grotte e di tutti i paramenti murari portanti;
- Interventi di consolidamento delle fondazioni rendendole sicure e stabili nel tempo con collegamenti fra i micropali e di conseguenza fra i micropali con la muratura;
- Indagini su diffusione dei micropali;
- Indagini volte a stabilire le portate effettive dei micropali;

Al piano seminterrato, al piano terra e ammezzato si andrà a ripristinare e consolidare tutti gli elementi murari portanti principali aumentando e garantendo una maggiore resistenza applicando:

- Interventi di ripristino di tutte le murature;
- Interventi di rinforzo degli incroci murari;
- Consolidamento elementi portanti principali in muratura, con particolare riferimento ai pilastri dove si evidenziano lesioni di schiacciamento;
- Cerchiatura o sistemi equivalenti volti a garantire una maggiore resistenza degli elementi murari;

Al piano primo e secondo l'intervento dovrà prevedere il consolidamento delle murature con l'inserimento di sistemi di adeguate "controventature" verticali per garantire un comportamento scatolare all'edificio utilizzando:

- Interventi di ripristino e consolidamento di tutte le murature;
- Inserimento di elementi di controventatura verticali volti a rendere l'edificio scatolare;

Nella copertura si ritiene opportuno il rifacimento del solaio in quanto costituito da diversi elementi adottando:

- Rifacimento ed alleggerimento del solaio di copertura per garantire un ottimale collegamento con le pareti, in una zona dove la muratura è meno coesa, migliorando l'interazione;
- Interventi con cordolature perimetrali opportunamente ancorate al fine di garantire un comportamento scatolare dell'edificio.