

COMUNE DI CORREGGIO

PROVINCIA DI REGGIO EMILIA

RELAZIONE TECNICO-DESCRITTIVA-STRUTTURALE

IMMOBILE SITO IN VIA SINISTRA TRESINARO N.21
CORREGGIO (RE) – FOGLIO 57, MAPPALE 386, SUB. 4-5

Proprietario:

FERRETTI GIANNI
DAVOLI PATRIZIA

Via Righi, 12
42015 Correggio (RE)

Sommario

1 – ANALISI STORICA	3
1.a – Morfologia e geometria	3
1.b – Descrizione generale della struttura e dei materiali.....	4
2 – ANALISI DI MASSIMA DELLA STRUTTURA ESISTENTE E DELLE SUE PRINCIPALI VULNERABILITA'	6
3 – PROPOSTA PROGETTUALE.....	13
3.1 – Blocco 1.....	13
3.2 – Blocco 2.....	14

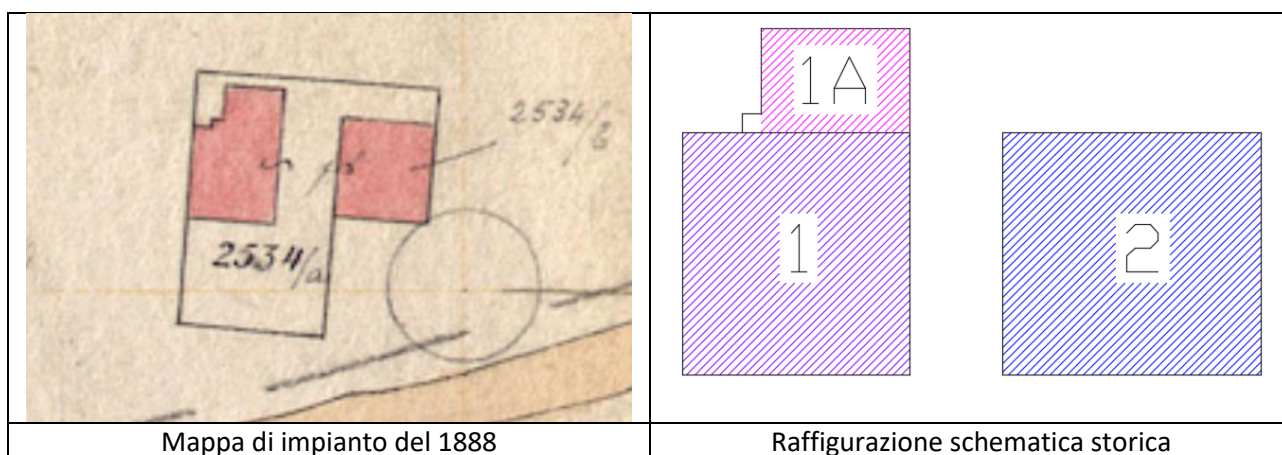
1 – ANALISI STORICA

1.a – Morfologia e geometria.

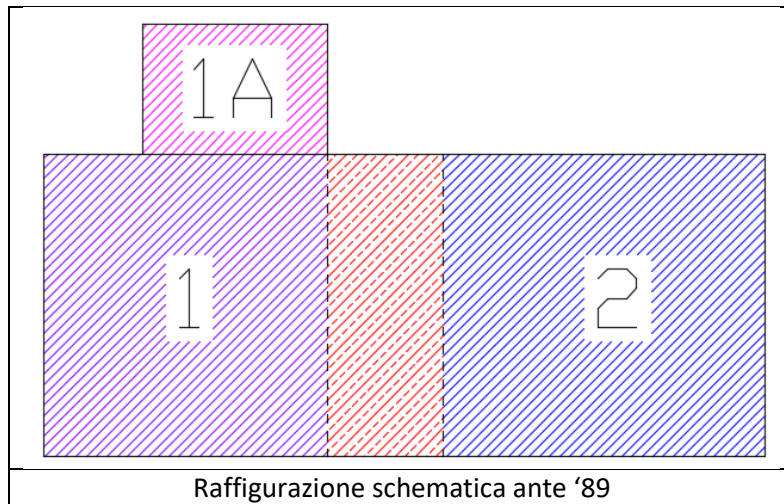
Al fine di una completa, e più esaustiva possibile, conoscenza del fabbricato è stata effettuata una ricerca storica, sia catastale sia urbanistica, raccogliendo anche informazioni specifiche direttamente dai proprietari. L'edificio, oggetto della presente relazione, attualmente si presenta come un parallelepipedo assolutamente regolare sia in pianta sia in elevazione, ma l'attuale forma è un susseguirsi di precedenti lavorazioni che hanno trasformato la situazione iniziale in quella esistente.

Le trasformazioni maggiori, riassumibili sostanzialmente in tre grosse lavorazioni, hanno riguardato la composizione planimetrica, infatti attualmente l'edificio presenta una pianta rettangolare di dimensioni massime di 24.76x10.35 metri per un'altezza in gronda di circa 6.20 metri, ma originariamente era composto da diversi blocchi.

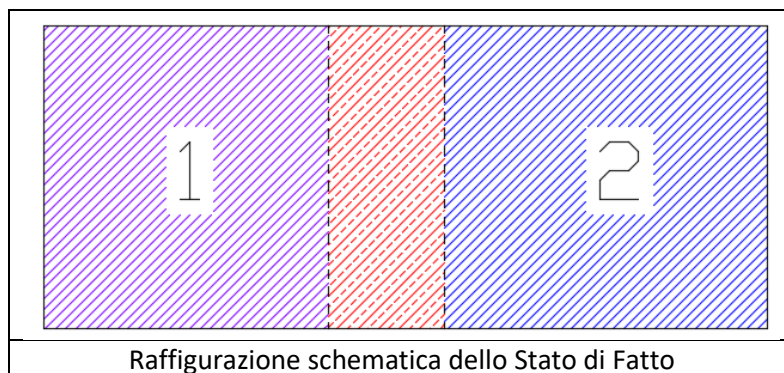
Originariamente l'intera proprietà, come detto, era costituita da due blocchi distinti e separati, uno dei quali organizzato in due sottoblocchi ad altezze diverse, di seguito si inserisce l'immagine ingrandita della mappa di impianto risalente al 1888, in cui si vedono appunto i due blocchi distinti. A fianco si inserisce anche un'ulteriore immagine in cui si evidenziano i due blocchi distinti (numerati 1 e 2) e l'ulteriore sottoblocco (numerato 1 e 1A).



Nel secolo successivo, ante 1989 rilevabile anche dalla CTR, il blocco 1 e il blocco 2 sono stati "uniti" mediante la realizzazione della cosiddetta "PORTA MORTA", che è una tipica zona delle nostre case coloniche. La porta morta non è altro che una zona di passaggio che mette in collegamento la zona residenziale dalla zona prettamente agricola (composta dalla stalla/fienile/ricovero attrezzi). Di seguito si inserisce la raffigurazione schematica della situazione ante '89.



A conclusione delle trasformazioni arriviamo all'anno 2013, in cui si è richiesta una SCIA per la demolizione completa del blocco 1A a causa delle vulnerabilità presenti e dei danni riscontrati a seguito del sisma del maggio 2012, tramite apposita relazione di valutazione presentata dal tecnico Ing. Lucio Iotti nel novembre 2013. Quindi lo stato attuale è quello riportato schematicamente di seguito, mediante raffigurazione grafica.



Nello specifico il blocco 1 ha destinazione d'uso pertinenziale dell'attività, cioè è la zona residenziale, mentre il blocco 2 ha destinazione d'uso prettamente agricola, ospitando appunto i locali di magazzino/ricovero attrezzi a piano terra e il fienile e primo piano. Il blocco rosso svolge funzione di collegamento a piano terra (la cosiddetta porta morta) mentre a primo piano ospita locali adibite all'attività agricola.

1.b – Descrizione generale della struttura e dei materiali.

Innanzitutto, il fabbricato è costituito da differenti numeri di piano fuori terra a seconda del blocco che si va a considerare, difatti il blocco uno (residenziale) è costituito da tre piani fuori terra, mentre il blocco 2 e la porta morta sono costituiti da due piani fuori terra, ma che hanno differenti quote d'interpiano, poiché il solaio della porta morta è tipicamente più alto, nello specifico è più alto di circa 1.00 metro.

Poi, anche per gli elementi strutturali così come per la morfologia, si riscontrano lievi differenze di tipologia materica a seconda del blocco considerato, nonostante da un primo sguardo esterno si possa pensare ad una assoluta ripetibilità dei materiali. Tali differenze non riguardano tanto gli elementi strutturali di elevazioni ma piuttosto quelli orizzontali di piano.

Infatti, la struttura portante in elevazione dell'intero fabbricato, è caratterizzata da muratura portante in mattoni pieni e malta di calce di scadente qualità, come per tutte le case coloniche o meglio come per tutte le case così datate, poiché all'epoca la malta era caratterizzata da una grossa percentuale di sabbia in quanto molto economica e di facile reperimento, di spessore variabile da un minimo di circa 15 cm ad un massimo di 30 cm. Tale diversità è data dalla tecnica costruttiva tipica e storica della zona, soprattutto riscontrabile nelle nostre costruzioni coloniche, in cui si realizzavano pareti a due (o più raramente tre o quattro teste, soprattutto negli edifici monumentali) al piano terra e al primo piano della zona abitativa, mentre per quanto riguarda la zona agricola si limitavano le pareti a due teste al solo piano terra, continuando al primo piano, tipicamente occupato dal fienile, con pareti a una sola testa con ringrossi a due teste localizzati nei soli punti in cui si sarebbero dovuti appoggiare gli elementi principali della copertura.

La suddivisione morfologica iniziale in blocchi, è anche una suddivisione sostanziale dei diversi materiali degli impalcati di piano, esclusa la copertura che è uguale per tutto l'immobile, riassumibili grossolanamente come segue:

- Blocco 1 (residenziale): solai in legno e pianellato in cotto;
- Blocco 2 e porta morta (agricolo): solai misti in ferro e mattoni, legno e latero-cemento.

Nello specifico il blocco 1, a destinazione d'uso residenziale, è composto da solai d'interpiano in legno massello con travi principali, miste tipo uso fiume e squadrate, e travetti a sezione sostanzialmente quadrata, variabile da un minimo di 8x8 cm a un massimo di circa 10x10 cm e interasse 30 cm, su cui poggia un pianellato in cotto a diretto contatto con i travetti senza nessun fissaggio meccanico. Questo sistema strutturale si ripete, a meno di variazione nel senso dell'orditura, per tutti e due gli impalcati di piano.

Per quanto riguarda invece il blocco 2, a destinazione d'uso agricola, come detto, si deve fare un'ulteriore suddivisione, infatti sono presenti tre diverse tipologie di solaio e del numero di impalcati.

Nello specifico il sottoblocco cosiddetto "porta morta" presenta due impalcati d'interpiano mentre il sottoblocco magazzino/ricovero attrezzi/fienile presenta un solo impalcato.

La porzione "porta morta" è costituita da un solaio a putrelle in ferro e voltine in mattoni pieni al primo impalcato, e da un solaio in legno massello al secondo impalcato in cui le travi principali sono a sezione uso fiume e i travetti a sezione quadrata di recente realizzazione, basti vedere il buonissimo grado di conservazione e soprattutto l'interasse tra gli elementi di circa 80 cm e il tavolato in perline soprastante.

Nella porzione più grande del blocco 2, ad un solo impalcato, sono presenti due tipologie di solaio; il primo, nella zona ricovero attrezzi, è realizzato con putrelle in acciaio e voltine in mattoni pieni, il secondo, che occupa la zona ristoro e magazzino, di recente realizzazione in sostituzione del solaio originario dell'epoca, è stato realizzato in latero-cemento a travetti prefabbricati.

La copertura, come detto, è composta per tutto l'immobile da legno massello ed è stata oggetto di recente ristrutturazione.

Strutturalmente ha la classica conformazione utilizzata per le case coloniche della zona, cioè presenta una copertura del tipo a capanna con doppia falda inclinata. La struttura principale è caratterizzata da una serie parallela di capriate a sostegno delle terzere in direzione perpendicolare alla direzione di falda, su cui poggiano i travetti a sezione quadrata 10x10 cm.

La copertura ha subito di recente una ristrutturazione completa che ha riguardato solo gli elementi secondari e il pacchetto di copertura, infatti sono stati sostituiti solo i travetti, ormai degradati e con sezioni non più idonee, e il manto di appoggio soprastante che ora è rappresentato da un tavolato continuo in perline, mentre prima era realizzato tramite elementi minuti in legno a sostegno dei sottocoppi.

2 – ANALISI DI MASSIMA DELLA STRUTTURA ESISTENTE E DELLE SUE PRINCIPALI VULNERABILITA'

Nel seguito, per la valutazione delle vulnerabilità e per le ipotesi progettuali del successivo capitolo 3, non si farà riferimento a tutto l'immobile visto sino ad ora, ma al solo blocco 1 – residenziale – il quale sarà nell'immediato futuro, il primo blocco oggetto di demolizione e successiva ricostruzione.

Il riferimento al solo blocco 1 è dato dal fatto che attualmente è la porzione di fabbricato maggiormente interessata da danni e vulnerabilità, e necessità, in un piano programmatico di lavori, di interventi a breve termine. Il poter rivolgere l'attenzione maggiormente su un singolo blocco, e non alla totalità del fabbricato, è data anche dal fatto che i due blocchi principali, al netto della porta morta edificata in un secondo momento, siano a tutti gli effetti due Unità Strutturali differenti, che presentano caratteristiche costruttive simili, ma che come descritto in seguito hanno una caratteristica fondamentale differente, o meglio più carente nel blocco 1 oggetto di immediato interesse.

Per quanto già detto e descritto nei capitoli precedenti, nel presente capitolo, ci si concentrerà sulle principali vulnerabilità che l'immobile presenta e su quali siano le carenze maggiori riscontrate anche alla luce anche dei danni rilevati.

Al fine di avere una linea guida condivisa e meno soggettiva possibile nell'individuare le vulnerabilità/carenze dell'immobile, un utile riferimento sono le Ordinanze della Regione Emilia Romagna emanate dopo gli eventi sismici del maggio 2012, e nello specifico all'ordinanza n. 86 e s.m.i. dove sono presenti i criteri e le modalità per l'identificazione degli esiti di inagibilità.

Per quanto riguarda le principali vulnerabilità/criticità, si fa riferimento alla tabella 2.1 dell'ordinanza elencando di seguito le criticità presenti nell'immobile oggetto di relazione e i relativi codici α e β , che nello specifico sono:

- **Presenza di muri portanti a 1 testa per più del 30% dello sviluppo dei muri interni o del 30% dello sviluppo di una parete perimetrale**: questa voce è presente sia per i muri perimetrali sia per lo sviluppo di una parete esterna. Internamente gli unici muri portanti a due teste sono quelli presenti a piano terra mentre a primo piano sono quasi tutti a una testa con piccoli ringrossi a due teste in corrispondenza delle colonne in muratura del piano sottotetto che sono gli unici elementi portanti presenti a sostegno della copertura. Per quanto riguarda le pareti esterne si fa notare come i due muri perimetrali longitudinali, di appoggio dei travetti della copertura, siano completamente a una testa, salvo una piccola porzione d'angolo in corrispondenza del vano scala.

Tale carenza è contrassegnata dal codice α .

- **Presenza di muratura con malta incoerente (facilmente rimovibile manualmente, senza l'ausilio di utensili, per almeno 1/3 dello spessore del muro) per uno sviluppo maggiore o uguale al 40% della superficie totale**: la malta presente negli edifici storici della nostra realtà abitativa residenziale e agricola, e che non hanno avuto un'apposita ristrutturazione mirata alla ristilatura dei giunti, proprio per metodologia costruttiva dell'epoca, è costituita da una grossissima percentuale di sabbia rispetto alla calce che sarebbe dovuta essere presente, poiché alla data di esecuzione dell'immobile, a differenza di oggi, a costare molto erano i materiali a fronte di una manodopera molto economica, quindi la malta utilizzata per formare i muri, allo stato attuale dopo più di cent'anni di vita, risulta di scarsa se non pessima consistenza per almeno sicuramente per almeno 1/3 dello spessore e sicuramente per più del 40% della superficie, anche se non direttamente e totalmente visionabile,

ma dalle porzioni prive di intonaco si vede proprio la consistenza della malta che in alcune porzioni di parete è addirittura assente. Questa situazione è sicuramente peggiore per la malta sul fronte esterno delle pareti, più esposte agli agenti atmosferici, infatti a sostegno di quanto detto la proprietà ci riferisce di aver eseguito l'intonacatura esterna di tutte le pareti e per tutta l'altezza dell'immobile, poiché era seriamente preoccupato del degrado della malta che in alcuni punti risultava appunto assente.

Tale carenza è contrassegnata dal codice α .

- **Rapporto distanza tra pareti portanti successive/spessore muratura maggiore o uguale a 14**: tale carenza è presente in maniera sistematica dal primo piano a salire, poiché sono presenti sostanzialmente pareti ad una sola testa con piccoli ringrossi a due, cosa sovrapponibile nel piano sottotetto dove le pareti portanti sono solo quelle perimetrali esterne e internamente sono presenti solo colonne in murature isolate.

Tale carenza è contrassegnata dal codice β .

- **Collegamenti degli orizzontamenti alle strutture verticali portanti inesistenti o inefficaci in modo diffuso**: anche questa carenza è frutto della metodologia costruttiva degli edifici dell'epoca, poiché tutti gli elementi principali, siano essi in travi in legno lamellare o putrelle in ferro, come quelli secondari, travetti in legno, venivano messi in opera in semplice appoggio sia sulle pareti in mattoni sia sugli elementi in legno senza nessun collegamento meccanico sfruttando la sola resistenza attritiva tra i vari materiali. Solo raramente, e nella maggior parte trattasi di edifici di pregio o monumentali, in testa alle travi principali in legno veniva messo un capochiave passante all'esterno ad unire, se pur in modo puntuale ma efficace, la trave stessa con la muratura di appoggio, cosa che nell'immobile in oggetto non è assolutamente presente. Quindi i collegamenti degli orizzontamenti, anche puntuali, sono totalmente inesistenti e per loro natura, come visto nei recenti eventi sismici, assolutamente inefficaci in modo diffuso poiché assenti in tutto il blocco considerato.

Tale carenza è contrassegnata dal codice β .

- **Collegamento delle strutture di copertura alle strutture verticali inesistenti o inefficaci in modo diffuso**: come per gli orizzontamenti sopra citati, anche per quanto riguarda la copertura i collegamenti alle strutture portanti sono totalmente inesistenti e inefficaci, poiché realizzati esattamente come sopra, e cioè in semplice appoggio senza nessun collegamento meccanico. Anche se la copertura è stata oggetto di recente ristrutturazione, le lavorazioni hanno comportato la sola sostituzione degli elementi secondari, che anche se fissati alla struttura portante sottostante mediante fissaggi meccanici, quali viti a legno, tali fissaggi non garantiscono un collegamento efficace con le strutture portanti, poiché gli elementi principali, che poggiano sulla muratura in elevazione, non sono stati oggetto di intervento e sono rimasti in semplice appoggio come in precedenza.

Tale carenza è contrassegnata dal codice β .

- **Solai impostati su piani sfalsati con dislivello maggiore a 1/3 dell'altezza di interpiano, all'interno della u.s.**: tale carenza è presente indirettamente nel blocco 1 considerato, poiché il solaio a livello sfalsato per più di 1/3 dell'altezza di interpiano, è quello adiacente della "porta morta", ma che non si può non considerare tra le carenze del blocco, siccome i due solai di altezza sfalsata poggiano direttamente sulla stessa parete divisoria. Nello specifico l'altezza di interpiano del blocco 1 è di circa

2.95 metri, l'1/3 dell'altezza è 0.98 metri, lo sfalsamento dei due solai è pari alla differenza di quota cioè di $4.15 - 2.95 = 1.20$ metri che risulta maggiore di $1/3H = 0.98$.

Tale carenza è contrassegnata dal codice β .

- **Collegamenti inesistenti o inefficaci, in modo diffuso, fra elementi non strutturali e struttura**: tale carenza è rivolta alla totalità della pavimentazione (non strutturale) con gli elementi strutturali portanti quali i travetti di sostegno, difatti la pavimentazione sia del primo piano sia del sottotetto, è realizzata mediante elementi in laterizio pieno semplicemente appoggiati sui travetti stessi senza nessun collegamento meccanico facendo affidamento sulla forza a compressione di contatto che si sviluppa in maniera sufficiente in campo statico ma che risulta inesistente in condizioni sismiche soprattutto in presenza della componente verticale del sisma.

Tale carenza è contrassegnata dal codice β .

- **Fori irregolarità della maglia muraria in elevazione, con aumento superiore al 100% della rigidità e/o resistenza passando da un livello a quello soprastante**: tale carenza è totalmente presente nelle pareti esterne longitudinali nel passaggio tra il primo piano e quello di sottotetto, infatti la muratura passa da una parete a due teste a una parete a una testa, e dato che la resistenza di una parete, a parità di materiale, è solo funzione dell'area resistente che passa da un valore a esattamente la metà, significa che la resistenza è almeno diminuita del 100%. Condizione un po' meno gravosa si ha nel passaggio tra piano terra a primo piano per le pareti interne, poiché le pareti sono sostanzialmente a una testa ma i ringrossi aumentano di poco la resistenza e la rigidità. Discorso diverso, sempre internamente, è il passaggio da primo piano a sottotetto, in cui si passa da una parete continua a una testa con ringrossi a colonne isolate a sostegno della muratura.

Tale carenza è contrassegnata dal codice α .

Alla luce di quanto detto, secondo la tabella 2.1 dell'ordinanza, le carenze riscontrate sono:

carenze di tipo $\alpha = 3$

carenze di tipo $\beta = 5$

Di conseguenza, dalla tabella 2.4 sempre dell'ordinanza, si arriva ad un **GRADO ALTO** di carenze.

Anche se non presente esplicitamente nella tabella 2.1, un'ulteriore carenza riscontrata su tutto l'immobile, e di conseguenze anche sul blocco 1 considerato, è la presenza, negli orizzontamenti d'interpiano, di elementi secondari, quali travetti, di sezione ridotta e comunque non regolare. Tale carenza è data dal fatto, che come già detto in precedenza, all'epoca di costruzione dell'immobile, i materiali incidevano parecchio a livello di costo, quindi era usanza costruttiva utilizzare elementi lignei di recupero o comunque certamente non proveniente da una filiera realizzativa controllata e di stabilimento. Quindi siamo in presenza di una notevole quantità numerica di elementi secondari visibilmente inflessi e di sezione esigua, che potrebbero anche continuare a svolgere il loro lavoro dal punto di vista statico, ma che in presenza di sisma, anche con accorgimenti di rinforzo strutturale, potrebbero presentare criticità notevoli ed essere la parte debole del cinematismo resistente inficiando altre lavorazioni di rafforzamento diffuso.

La vulnerabilità, nell'ordinanza della regione, non si ferma all'analisi delle sole carenze strutturali e non riscontrate, ma la implementa attraverso lo studio e la definizione del fattore di accelerazione $f_{a,SLV}$.

Questo fattore può essere trovato seguendo il modello LV1 proposto dal D.P.C.M 9 febbraio 2011, che non è altro che una valutazione qualitativa dell'accelerazione studiando i più probabili cinematismi locali che potrebbero instaurarsi nell'edificio a seguito della valutazione strutturale.

In questa fase preliminare il fattore di accelerazione non viene calcolato, si fa comunque presente che anche nelle migliori aspettative del fattore, cioè superiore a 0.5, col grado di carenze rilevato, dalla tabella 2.6 dell'ordinanza, si ricadrebbe in tutti i modi almeno nella VULNERABILITA' MEDIA, nella bassa non si potrebbe mai rientrare.

Questo è indice di come le carenze svolgano un ruolo fondamentale nella valutazione della vulnerabilità.

Un ulteriore approfondimento, che può portare a capire meglio la scelta progettuale di demolizione e ricostruzione del blocco 1, descritta nel capitolo successivo, è sicuramente la stima delle caratteristiche meccaniche della muratura attraverso il metodo IQM (Indice di Qualità Muraria).

Il metodo di valutazione, proposto dal Prof Antonio Borri e dall'ing. Alessandro De Maria, è nato nel 2000 in Umbria e si è perfezionato nel corso degli anni successivi grazie anche alle ricerche condotte in ambito ReLUIS.

In estrema sintesi, il metodo consiste nell'attribuire un giudizio di rispetto (completo o parziale, o mancato rispetto) per alcuni parametri tipici della regola dell'arte muraria. Sulla base dei giudizi espressi si perviene ad un indice numerico, variabile tra zero e dieci, correlato con la qualità muraria e correlabile con i parametri meccanici più significativi per le murature.

Nel seguito si riproporranno solo le tabelle riassuntive dell'indice, rimandando alla letteratura per una più ampia comprensione (ad esempio su ReLUIS 2015), in cui si possono trovare le definizioni più dettagliate dei parametri della regola dell'arte e i criteri di giudizio sul loro rispetto.

Quindi, il metodo conduce ad un indice numerico di qualità muraria (IQM) distinto in base alle tre possibili direzioni dell'azione sollecitante il generico pannello murario; gli indici di qualità muraria di una muratura sono quindi tre:

IQM_V	per azioni verticali
IQM_{FP}	per azioni orizzontali fuori piano
IQM_{NP}	per azioni orizzontali nel piano

In base all'osservazione di un certo numero di parametri osservati e della sezione muraria, si valuta il grado di rispetto di ciascun parametro della regola dell'arte, basandosi su alcune regole definite nell'ambito della procedura e riassunte nelle tabelle sottostanti. I possibili giudizi sul rispetto della regola dell'arte per ciascun parametro individuato sono: R. = parametro rispettato; P.R. = parametro parzialmente rispettato; N.R. = parametro non rispettato.

I giudizi si trasformeranno in punteggi che, composti tra loro, condurranno ai tre valori cercati.

Attraverso tali valori avremo la possibilità di classificare la muratura in esame in una "categoria" delle tre supposte possibili; A, B o C, in ordine decrescente di qualità meccanica e quindi di comportamento sismico.

Forma degli elementi resistenti (F.EL.)	
NR	Prevalenza di elementi di forma irregolare o arrotondata oppure ciottoli su entrambe le facce della parete.
PR	Compresenza di elementi irregolari o ciottoli e blocchi di forma squadrata o mattoni. Pareti con una faccia di blocchi di forma regolare o mattoni e l'altra faccia di ciottoli od elementi di forma irregolare. Elementi arrotondati o irregolari ma con interstizi riempiti di zeppe ben inserite.
R	Prevalenza di elementi di forma squadrata o sbazzata oppure mattoni o laterizi di forma parallelepipedica su entrambe le facce della parete.

Presenza diatoni / ingranamento trasversale (P.D.)			Orizzontalità dei filari (OR.)	
	Sezione muraria visibile¹	Sezione muraria non visibile (osservazione facce parete ed esecuzione di saggi interni)		
NR	LMT inferiore a 125 cm. Pietre di piccole dimensioni qualunque sia il valore di LMT.	Pietre piccole rispetto allo spessore del muro; assenza di pietre palesemente disposte in senso trasversale alla parete ("di testa").	NR	I tratti orizzontali sono interrotti o con evidenti sfalsamenti sull'intera facciata muraria.
PR	LMT compresa fra 155 cm e 125 cm.	Paramento ben tessuto ed ordinato almeno su una faccia; alcune pietre sono disposte "di testa"; spessore del muro non eccessivo rispetto alle dimensioni delle pietre.	PR	Situazioni intermedie fra il rispetto e il non rispetto, compreso il caso di filari orizzontali solo su una faccia della parete.
R	LMT maggiore di 155 cm	Paramento ben tessuto; blocchi o pietre di dimensione paragonabile a quella dello spessore della parete; presenza sistematica di pietre disposte "di testa".	R	Filari orizzontali su gran parte della parete, senza presentare interruzioni di continuità (per tratti lunghi circa 100 cm) e su entrambe le facce della parete. Murature listate con listature a interasse inferiore a 100 cm.

Resistenza elementi (RE.EL.)		Dimensione degli elementi (D.EL.)	
NR	Elementi degradati (> 50% del totale degli elementi). Elementi laterizi con percentuale di foratura > 70%. Mattoni in fango o argilla non cotta.	NR	Prevalenza di elementi con la loro dimensione maggiore sotto i 20 cm. Parete di soli diatoni in mattoni pieni (un solo paramento, elementi tutti in direzione trasversale).
PR	Elementi della muratura degradati (~ fra 10% e 50% del totale degli elementi). Elementi laterizi con foratura fra 70% e 55%. Elementi in tufo tenero (calcarenite).	PR	Prevalenza di elementi con la loro dimensione maggiore fra 20 e 40 cm. Compresenza di elementi di dimensione variabile.
R	Pietre non degradate o poco degradate. Muratura con pochi elementi degradati (< 10%). Mattoni pieni cotti. Elementi di tufo duro (vulcanico). Elementi laterizi con foratura < 55%. Blocchi in calcestruzzo (anche forati).	R	Prevalenza di elementi con la loro dimensione maggiore sopra i 40 cm.

Qualità della malta / efficace contatto fra elementi / zeppe (MA.)	
NR/PESSIMA*	Malta scadente o degradata e polverulenta e del tutto priva di coesione. Malta assente (escluso caso previsto sotto in "R"). Giunti di malta di dimensioni eccessive, paragonabili a quelle degli elementi se la malta non è di ottima qualità. Muratura di elementi porosi (es. tufo) con scarsa aderenza fra la malta e gli stessi elementi.
PR	Malta di qualità intermedia, con giunti non eccessivamente erosi. Murature con elementi irregolari e malta degradata ma con zeppe efficacemente inserite negli spazi fra elementi.
R	Malta in buono stato e ben conservata, con giunti di dimensione non eccessiva rispetto alle pietre o ai mattoni o con giunti ampi e malta di ottima qualità. Muratura con grandi elementi squadrati e priva di malta o con strato di malta sottilissimo. In tal caso si intende "rispettato" il requisito di un efficace contatto fra le pietre.

* la malta sarà giudicata "pessima" se le caratteristiche riportate in tabella sono molto accentuate oppure sono diffuse sulla quasi totalità del paramento murario.

Sfalsamento giunti verticali / Ingranamento nel piano (S.G.)		
	Metodo quantitativo ²	Metodo qualitativo
NR	Parete a paramento unico: LMT < 140. Parete a doppio paramento: LMT < 140 su una faccia e LMT < 160 sull'altra faccia. Parete di soli diatoni di mattoni pieni, qualunque sia il valore di LMT. Parete con pietre di piccole dimensioni qualunque sia il valore di LMT. Evidente assenza d'ingranamento su una o più linee verticali della parete.	Giunti verticali allineati. Giunti allineati verticalmente su due o più elementi in ampie porzioni della parete. Parete di soli diatoni di mattoni pieni, anche con giunti verticali sfalsati. Evidente assenza d'ingranamento su una o più linee verticali della parete.
PR	Parete a paramento unico: LMT fra 140 e 160. Parete a doppio paramento: a) entrambi i paramenti con LMT fra 140 e 160. b) LMT rispettato su una faccia e non rispettato sull'altra faccia. c) LMT rispettato su una faccia e parzialmente rispettato sull'altra faccia.	Giunto verticale in posizione intermedia tra zona centrale dell'elemento inferiore e il suo bordo.
R	Parete a paramento unico: LMT > 160 Parete a doppio paramento: LMT > 160 su entrambe le facce.	Giunti verticali in corrispondenza della zona centrale dell'elemento inferiore (escluso il caso di parete in mattoni pieni disposti solo a diatoni).

Tabella 1 – con indicazione dei giudizi attribuibili ai parametri della regola dell'arte

	Punteggi								
	IQM _V (azioni verticali)			IQM _{FP} (azioni fuori piano)			IQM _{NP} (azioni nel piano)		
	NR	PR	R	NR	PR	R	NR	PR	R
OR Orizzontalità dei filari	0	1	2	0	1	2	0	0.5	1
P.D. Ingranamento trasversale / presenza dei diatoni	0	1	1	0	1.5	3	0	1	2
F.EL. Forma degli elementi resistenti	0	1.5	3	0	1	2	0	1	2
S.G. Sfalsamento dei giunti verticali / ingranamento nel piano	0	0.5	1	0	0.5	1	0	1	2
D.EL. Dimensione degli elementi resistenti	0	0.5	1	0	0.5	1	0	0.5	1
MA Qualità della malta / efficace contatto fra elementi / zeppe	0	0.5	2	0	0.5	1	0	1	2
RE.EL. Resistenza degli elementi	0.3	0.7	1	0.5	0.7	1	0.3	0.7	1

Tabella 2 – Punteggi da attribuire ai parametri della regola dell'arte

Parametro	Γ_V	Γ_{FP}	Γ_{NP}
MA			
NR	0,2	1	0,1
PR	0,6	1	0,85
R	1	1	1

Tabella 3 – Coefficienti correttivi in funzione del parametro MA

Direzione azione	Categoria della muratura		
	A	B	C
IQM _V (azioni verticali)	$5 \leq IQM_V \leq 10$	$2,5 \leq IQM_V < 5$	$0 \leq IQM_V < 2,5$
IQM _{FP} (azioni ortogonali)	$7 \leq IQM_{FP} \leq 10$	$4 < IQM_{FP} < 7$	$0 \leq IQM_{FP} \leq 4$
IQM _{NP} (azioni complanari)	$5 < IQM_{NP} \leq 10$	$3 < IQM_{NP} \leq 5$	$0 \leq IQM_{NP} \leq 3$

Tabella 4 – Attribuzione delle categorie murarie in base ai valori di IQM

Di seguito inseriamo la tabella con i punteggi ottenuti dalla tabella 2

PARAMETRI	GIUDIZI	IQM _V	IQM _{FP}	IQM _{NP}
F.EL.	R	3	2	2
P.D.	R	1	3	2
OR.	R	2	2	1
RE.EL.	R	1	1	1
D.EL.	PR	1	1	1
MA.	NR	0	0	0
S.G.	R	1	1	2

Per le murature in mattoni pieni o blocchi gli indici si ricavano:

IQM	CATEGORIA
$IQM_V = m \times g \times r_V \times RE.EL._V \times (OR._V + P.D._V + F.EL._V + S.G._V + D.EL._V + MA._V) = 1.12$	C
$IQM_{FP} = m \times g \times r_{FP} \times RE.EL._{FP} \times (OR._{FP} + P.D._{FP} + F.EL._{FP} + S.G._{FP} + D.EL._{FP} + MA._{FP}) = 7$	B
$IQM_{NP} = m \times g \times r_{NP} \times RE.EL._{NP} \times (OR._{NP} + P.D._{NP} + F.EL._{NP} + S.G._{NP} + D.EL._{NP} + MA._{NP}) = 0.63$	C

In cui:

- m coefficiente correttivo per malta di pessima qualità
g coefficiente correttivo per giunti ampi, solo per murature in mattoni pieni oblocchi

dove:

- m = 0.7 in caso di malta "pessima" ($f_m < 0.7 \text{ N/mm}^2$)
m = 1 in tutti gli altri casi

- g = 0.7 in caso di muratura in mattoni pieni con giunti di malta ampi (spessore > 13 mm)
g = 1 in tutti gli altri casi

Nel nostro caso abbiamo preso m = 0.7 e g = 1

Ottenute le categorie della muratura si può passare a una predizione del loro più probabile comportamento meccanico, influenzato quindi dalla direzione dell'azione sollecitante.

Per azioni verticali:

- Una muratura di categoria C ha elevata probabilità di lesionarsi, di andare fuori piombo e, in situazioni di carico elevato, di collassare.

Per azioni orizzontali fuori piano:

- Una muratura di categoria B non è in grado di mantenere un comportamento monolitico ed è probabile avere lesioni o spancamenti in caso di sisma, ma è difficile che collassi se è ben collegata agli orizzontamenti (nel nostro caso abbiamo collegamenti inesistenti o inefficaci) ed ai muri di spina. Le verifiche per meccanismi di collasso possono essere svolte, in favore di sicurezza, ipotizzando che la muratura sia formata da due paramenti distinti e non efficacemente connessi (da tenere in conto in fase di valutazione del fattore di accelerazione mediante cinematismi di cui sopra).

Per azioni orizzontali nel piano:

- Una muratura di categoria C ha elevata probabilità di lesionarsi, e in modo rilevante, nel piano delle pareti

3 – PROPOSTA PROGETTUALE

3.1 – Blocco 1

Alla luce di quanto detto nel capitolo precedente, risulta evidente come il blocco 1, oggetto della presente relazione e dell'intervento di demolizione e ricostruzione, ma come anche tutto l'immobile in generale, sia affetto da un numero di vulnerabilità talmente alto e significativo, che per garantire un minimo grado di sicurezza, lontano comunque da un intervento di adeguamento, ai residenti è necessario mettere in atto una campagna di lavori strutturali molto pesanti e invasivi, quasi da snaturare la filosofia iniziale dell'immobile stesso.

In particolar modo, come detto all'inizio del capitolo 2, è vero che l'intero edificio presenta le medesime vulnerabilità, ma è anche vero che i due blocchi principali, oltre ad essere due Unità Strutturali ben distinte, si differenziano anche per la presenza di una vulnerabilità in percentuale sensibilmente maggiore nel blocco 1 rispetto al 2, comprensivo della porta morta.

Tale vulnerabilità, che a parità di tutte le altre condizioni, ha un'incidenza fondamentale nel concorrere alla resistenza globale dell'edificio alle forze sismiche, ed è la categoria della muratura ricavata al capitolo precedente che come abbiamo visto è fortemente dipendente ovviamente dalla tessitura, ma ancora di più dalla qualità dei giunti di malta, che nel nostro caso come abbiamo visto è scadente se non pessima.

Il discorso è attualmente focalizzato al solo blocco 1, in quanto durante la lavorazione di sistemazione della copertura, la committenza ha fatto eseguire un'intonacatura generale, concentrandosi sul blocco 2 non residenziale. Ovviamente non si sta dicendo che questa intonacatura ha ripristinato i giunti di malta esistenti come una vera e propria ristilatura eseguita regola d'arte, ma ha sicuramente incrementato la pessima qualità della malta esistente, che è rimasta sostanzialmente inalterata nel blocco 1.

Le principali lavorazioni strutturali che si possono ipotizzare in questa fase, per raggiungere un miglioramento e molto difficilmente un totale adeguamento dell'immobile, sono:

1. Ristilatura profonda di tutti i giunti delle pareti portanti; questa lavorazione comporterebbe la rimozione dell'intonaco su entrambe le facce, la rimozione mediante scarnitura della malta degradata tra i giunti per almeno metà spessore della sezione muraria e il successivo ripristino con apposita malta strutturale.
2. Aumento della sezione resistente delle pareti; le pareti a una testa presenti dal primo piano a salire devono essere rinforzate, oltre che dalla stilatura dei giunti, raddoppiando lo spessore resistente sia nel piano sia fuori piano, realizzando una controparete collaborante al fianco di quella esistente, quindi non solo accostando i nuovi elementi in laterizio a fianco di quelli esistenti ma cercando di creare la giusta collaborazione tra i due paramenti mediante diatoni artificiali che anche se eseguiti a regola d'arte andranno comunque ad alterare le condizioni iniziali dell'immobile;
3. Formazione di piano rigido: al fine di trasmettere le forze orizzontale in maniera ottimale tra le pareti portanti in funzione della propria resistenza e non in funzione dell'area di competenza, è necessario creare un piano rigido di piano, sia a livello d'interpiano sia a livello di copertura. A livello d'interpiano per garantire un piano rigido ottimale sarà necessario sostituire gran parte dei travetti in legno

esistenti, che presentano flessioni e degrado significativo, nonché sezioni non squadrate e non costanti e continuative. Di conseguenza il pianellato in cotto è un motivo ulteriore di discontinuità tra i travetti e il piano rigido.

4. Formazione di cordolature di piano; al fine di garantire il comportamento scatolare dell'immobile, oltre alla formazione dei piani rigidi, risultano di fondamentale importanza anche le cordolature di piano e di copertura. Tali cordolature, come l'esperienza insegna, non possono essere assolutamente eseguite in breccia della muratura, ma devono essere realizzate mediante tecniche differenti come ad esempio cordolo in acciaio formati da profili a L/U sia interni sia esterni uniti tra loro e collegati al piano rigido interno. Allo stesso modo anche in copertura sarà assolutamente necessaria la formazione della cordolatura di rigiro sempre mediante profili in acciaio o mediante la tecnica del cordolo armato che consiste nell'inserimento di una apposita armatura orizzontale tra i giunti della muratura e un'apposita gabbia verticale, ma tale tecnica è comoda da paramenti di tre teste a salire.

L'elenco delle lavorazioni per l'eliminazione delle vulnerabilità può risultare a prima vista abbastanza sintetica, ma sotto ogni voce sono presenti una serie di sottolavorazioni di un certo impatto e in alcuni punti alquanto invasive, che su questo edificio esistente in muratura vuol dire sconvolgere il naturale flusso delle tensioni che si è instaurato negli elementi strutturali, che non sempre è benefico e controllabile.

Ultimo aspetto, non del tutto trascurabile, è dato dal fatto che intervenendo sulla struttura esistente la spesa economica per le lavorazioni sopra citate sarebbe sicuramente molto maggiore rispetto alla demolizione e successiva ricostruzione, con l'aggiunta che con la ricostruzione totale del blocco 1 si otterrebbe un edificio adeguato e sicuro al 100% rispetto alle azioni delle nuove NTC2018, banalmente per il semplice fatto che si tratterebbe di un nuovo edificio e che quindi dovrà necessariamente rispettare tutti i dettagli costruttivi e superare tutte le verifiche di progetto attuali, contro un edificio su cui le lavorazioni di miglioramento comporteranno sicuramente un salto di qualità rispetto l'esistente, ma che difficilmente sarà in grado di raggiungere l'adeguamento, poiché la committenza, dovendo fare i conti con l'economia attuale, se sarà costretta a scegliere tra un intervento di miglioramento o adeguamento sull'esistente sceglierà quasi certamente l'intervento a minor costo, e potendo offrire un intervento di "adeguamento" (con la demolizione e successiva ricostruzione) allo stesso costo di un miglioramento, la scelta da parte dei progettisti e anche dell'amministrazione comunale dovrebbe necessariamente ricadere su quella a maggior sicurezza.

Per quanto detto, e alla luce dello stato attuale e alle rilevanze mostrate, l'intero fabbricato necessita sicuramente di pesanti interventi di consolidamento strutturale, ma nell'immediato futuro la porzione su cui incentrare l'attenzione è il BLOCCO 1, con l'intervento di demolizione e successiva ricostruzione, con un occhio al futuro progettando l'intervento tenendo conto dei successivi interventi nella rimanente parte dell'edificio, il blocco 2 e relativa porta morta.

3.2 – Blocco 2

Alla luce di quanto detto nel paragrafo precedente e al fine di ridurre il più possibile le vulnerabilità anche del blocco 2, non oggetto di immediati lavori, e migliorare la situazione complessiva dell'intero edificio si eseguiranno interventi di più modesta entità anche su questa porzione di fabbricato.

Nello specifico si andranno a realizzare una serie di "incatenamenti diffusi", appunto mediante inserimento di apposite catene in acciaio, in pianta e in elevazione al fine proprio di eliminare, o limitare, la principale

vulnerabilità di edifici di questo tipo, e cioè dei meccanismi di danni di primo modo, che sono appunto questi meccanismi locali di ribaltamento fuori piano delle murature per scarsi o inefficaci collegamenti strutturali. Andando a eliminare/limitare i meccanismi di primo modo si riesce ad aumentare in maniera significativa anche la sicurezza dell'edificio, poiché questi meccanismi sono i primissimi modi di attivazione anche ad accelerazioni sismiche molto basse.

In questa sede non si definisce in modo puntuale e particolareggiato l'intervento che si andrà a realizzare, che ovviamente dovrà essere supportato da apposite calcolazioni, ma si può anticipare con certezza che si andranno sicuramente a inserire catene in acciaio in adiacenza ai muri perimetrali e una doppia catena sul muro centrale di spina subito sopra al primo impalcato, mentre a livello di copertura si inseriranno solo catene sui muri perimetrali in quanto internamente non sono presenti muri di spina e inserendo catene senza nessun contrasto interno si rischierebbe di provocare più un danno che un miglioramento. Per questo motivo in fase di progetto si valuteranno eventualmente apposite cerchiature dei pilastri interni isolati in muratura o l'inserimento di sistemi di controventi leggeri al fine di ridurre la distanza tra due elementi di contrasto della muratura perimetrale.

Gualtieri, lì 03/07/2020

Il Progettista Strutturale
Dott. Ing. Brozzi Mora Daniele
(firmato digitalmente)