

**POLITECNICO DI MILANO**

**SCUOLA DI ARCHITETTURA E SOCIETÀ**

POLO TERRITORIALE DI MANTOVA

*Corso di Laurea Magistrale in Architettura*



**EX MACELLO di CAPRINO VERONESE**

Relatori:

Prof. Ing. Massimiliano Bocciarelli

Prof. ssa. Arch. Luisa Ferro

Tesi di Laurea di:

Mirko TOMASI

matr. 815856

Anno Accademico 2014/2015



# INDICE

<b>INDICE</b> .....	<b>3</b>
<b>1 INTRODUZIONE</b> .....	<b>6</b>
<b>2 LA RICERCA E IL RILIEVO</b> .....	<b>7</b>
2.0 LE FONTI DELLA RICERCA .....	8
2.1 FOTO DELLO STATO ATTUALE .....	8
2.2 PIANO REGOLATORE COMUNALE E ATTI FORMALI .....	23
2.3 I MATERIALI E IL LORO RILIEVO.....	29
<b>3 LA RICERCA STORICA</b> .....	<b>36</b>
3.0 BREVE STORIA DI CAPRINO VERONESE .....	37
3.1 EX MACELLO DI CAPRINO VERONESE.....	43
<b>4 LE MURATURE</b> .....	<b>48</b>
4.0 IL CONTESTO ITALIANO .....	49
4.1 L'APPROCCIO AL PROBLEMA DELLA STATICA DELLE MURATURE .	51
4.2 TIPOLOGIE MURARIE.....	54
4.3 IL COMPORTAMENTO A SCATOLA.....	59

4.4	LA COMPATIBILITÀ STRUTTURALE.....	65
<b>5</b>	<b>IL PROGETTO .....</b>	<b>83</b>
5.0	CAPRINO VERONESE .....ERRORE. IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.	
5.1	L'AREA DI PROGETTO .....	84
5.2	LE PARTI DEL PROGETTOERRORE. IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.	
5.3	L'EDIFICIO DEL TEATRO .ERRORE. IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.	
5.4	RILIEVO ARCHITETTONICO.....	91
5.5	RILIEVO MATERICO, DEI DEGRADI E QUADRO FESSURATIVO .....	93
<b>6</b>	<b>PROGETTO STRUTTURALE .....</b>	<b>95</b>
6.1	VERIFICHE LOCALI.....	112
6.2	VERIFICA DELLO STATO DI PROGETTO .....	117
	<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>122</b>



# 1 INTRODUZIONE

*La tesi introduce una nuova destinazione all'Ex Macello di Caprino Veronese, andando a riprogettare e calcolare l'intera struttura allo scopo di renderla sicura dal punto di vista sismico.*

*Lo studio ha preso il suo avvio con l'analisi dei dati storici disponibili e le informazioni reperibili a riguardo, con un rilievo geometrico e materico che permette di avere maggiori delucidazioni in merito alla conservazione dello stato di fatto.*

*Tale analisi ha consentito di determinare le varie destinazioni passate del complesso, definire quelle future tramite un progetto architettonico e calcolarne strutturalmente l'intervento.*

*Alla ricerca, inoltre, sono state integrate l'analisi di mappe, carte, disegni, che costituiscono un indispensabile strumento per ricostruire la fisionomia dell'antico impianto.*

*Per studiare l'intervento e definirne la destinazione futura, oltre ai rilievi in situ, geometrico, materico, degrado e quadro fessurativo, si è dovuta considerare la collocazione del complesso.*

*Il fabbricato in oggetto è diviso in due corpi di fabbrica ortogonali tra loro: il primo, parallelo alla strada provinciale che attraversa il paese di Caprino, si è pensato di inserire una destinazione residenziale in particolare per artisti-scrittori, mentre nel secondo, l'idea era quella di dare origine a un teatro che soddisfi le esigenze del Comune. Il lotto sul quale si inserisce l'oggetto dello studio è di forma rettangolare e può essere sostanzialmente diviso in due parti: una sarà destinata al giardino per le residenze mentre la porzione restante sarà caratterizzata da una gradonata utilizzata per lo svolgimento di eventi all'aperto e, inoltre, permette lo skyline del paese di Caprino.*

## **2 LA RICERCA E IL RILIEVO**

## Le fonti della ricerca

L'analisi degli avvenimenti che hanno interessato l'Ex Macello di Caprino Veronese nel suo periodo di vita è iniziata dallo studio di testi, documenti, mappe, disegni e materiali fotografici.

- Fonti e cartografia d'archivio

Con il passare del tempo le fonti archivistiche sono cresciute di numero e con esse le informazioni al suo interno, le quali sono possibili da estrapolare dalla loro consultazione e aumentano, inoltre, in modo considerevole il numero delle immagini fotografiche con l'avanzare dell'età moderna;

- Fonti iconografiche

Le immagini provenienti dall'antichità sono molto preziose per quel che riguarda la storia di Caprino e del suo territorio. Si deve tenere in considerazione che tali rappresentazioni, molto spesso, sono soggette a un'influenza della formazione culturale di chi realizza l'opera;

- Fonti bibliografiche

Si tratta di materiale edito a stampa ed afferenti sia ad una collana letteraria di tipo scientifico/saggio che al romanzo/racconti e cronache di viaggio; tali fonti sono indispensabili per capire i concetti/avvenimenti generali, per entrare poi nel vivo della ricerca dettagliata;

- Toponomastica

La toponomastica costituisce una soluzione di lettura e di conoscenza storica e geografica del territorio; Il toponimo resta il sottile ed unico filo che ci collega tra passato e storia per quanto riguarda i luoghi a bassa densità di popolazione.



## I dati della ricerca

Carta geografica del territorio attuale del comune di Caprino con indicazione cromatica delle aree di influenza delle quattro ville in cui si divideva il comune nel XII secolo.

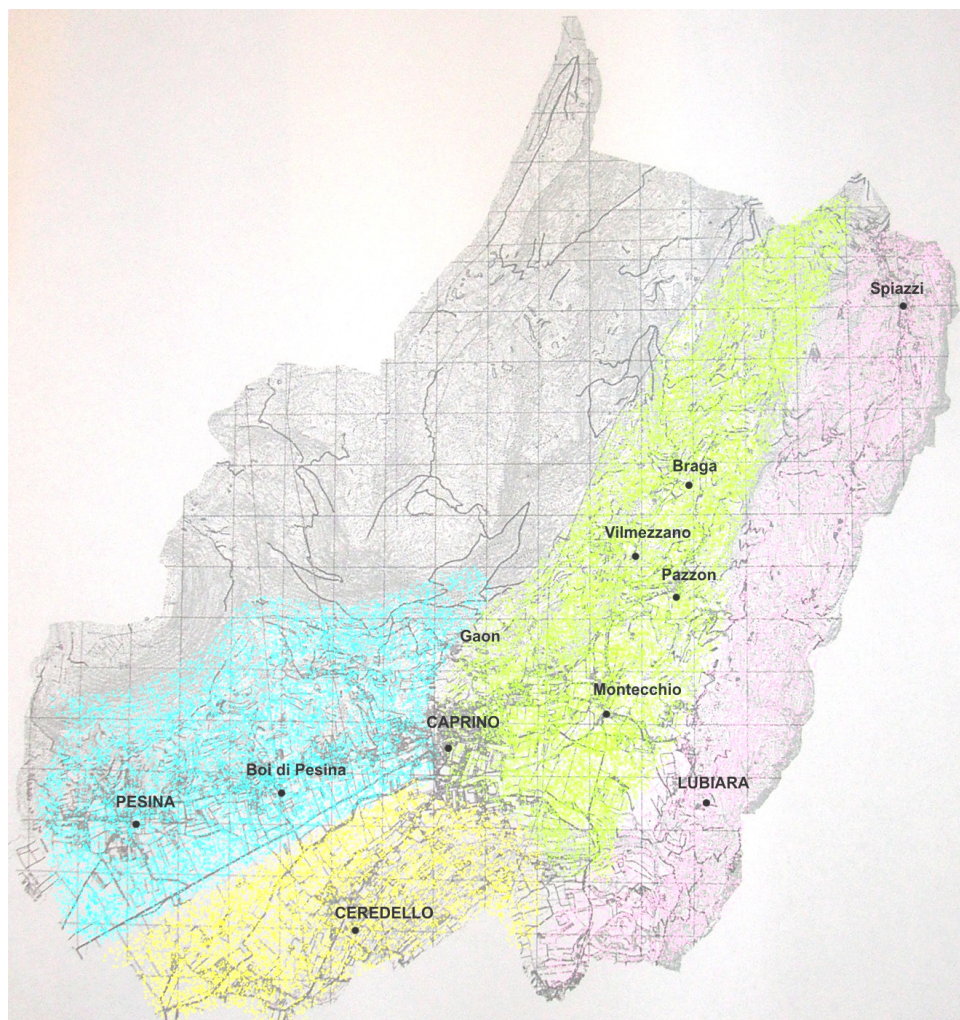


Figura 1 – Carta geografica del comune di Caprino Veronese ad oggi. Sono visibili i confini territoriali, si può riconoscere la zona montuosa del Monte Baldo e l'area pianeggiante dove si dislocano i principali centri. Si è voluto riportare lo schema geografico del territorio per rendere più agevole, a chi legge, l'individuazione dei luoghi di cui si parla.

Partendo da sud ovest e procedendo verso est si incontra: Pesina, Boi, Caprino, Montecchio, Lubiara; a sud di Caprino c'è Ceredello, a nord, Gaon, e salendo si trovano le località di Pazzon, Vilmezzano, Braga e Spiazzi.

Le quattro ville in cui si divideva il territorio, a partire dal XII secolo erano: Pesina (ciano), Ceredello (giallo), Caprino (verde) e Lubiara (rosa).

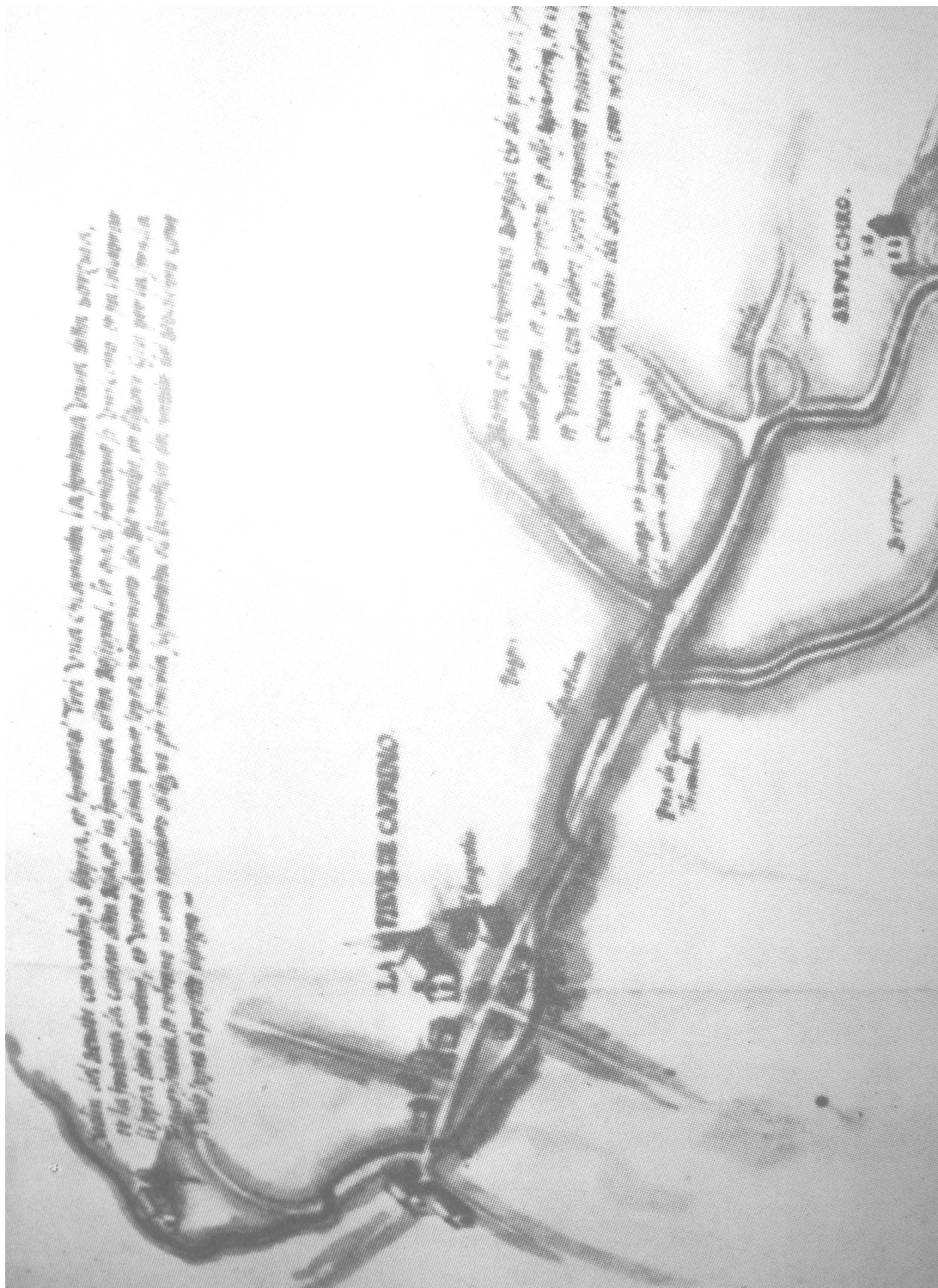


Figura 2 – Mappa di Cristoforo Sorte del 1591. La collocazione archivistica è: ASVe, Beni Inculti, Disegni Verona, Mazzo II (particolare). La mappa si sviluppa, seguendo il tracciato del torrente Tasso, lungo un asse che va da nord est, in prossimità di località Murette (nei pressi dell'attuale ospedale), fino a sud ovest in località Valdonghe.



Figura 3 – Mappa di Iseppo Panatta del 1606. La collocazione archivistica è: ASVe, Provveditori sopra i beni Inculti, disegni Verona, rotolo 7, mazzo 7, disegno 9 (particolare); disegno di carta ad inchiostro marrone con colorazione ad acquarello; mm. 1425 x 395. La mappa fù terminata a Venezia il 2 dicembre 1606. La carta si estende a est in una zona che potrebbe corrispondere a Località Vignol, a nord in un piccolo nucleo sede del “Molin...di Caiar sotto Caprino”.

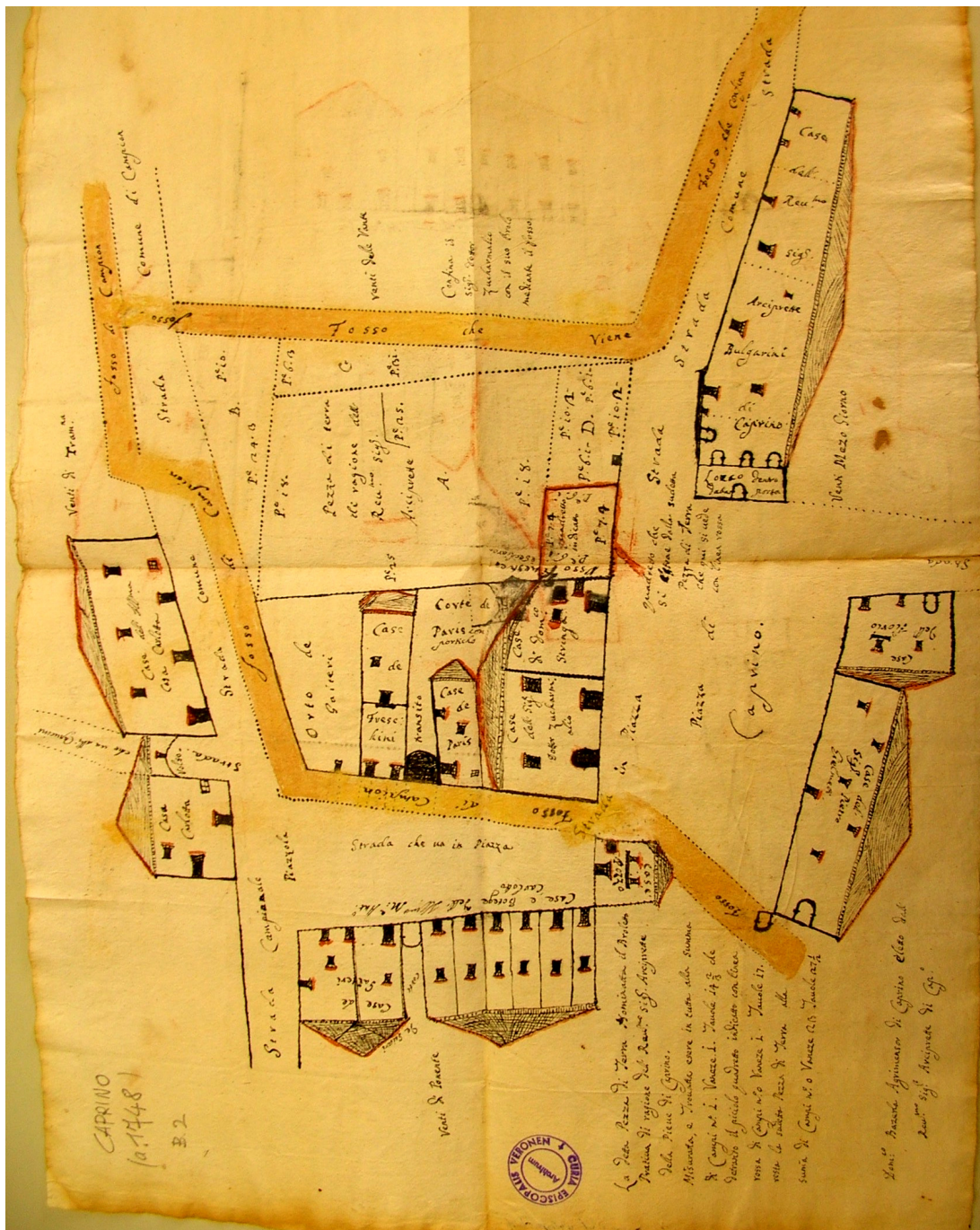


Figura 4 - Mappa di Domenico Bazerla “agrimensor” di Capriano del 1748. La collocazione archivistica è: ACVr, Capriano, busta 2, cartella “Cessione di terreno con imposizione di tassa livellaria-1748”, dimensione circa 300 mm. x 450 mm. L’immagine presenta il territorio del centro abitato di Capriano.



Figura 5 – Fotografia d'insieme della chiesa "Santa Maria Maggiore" e dell'antica canonica, sullo sfondo il campanile.

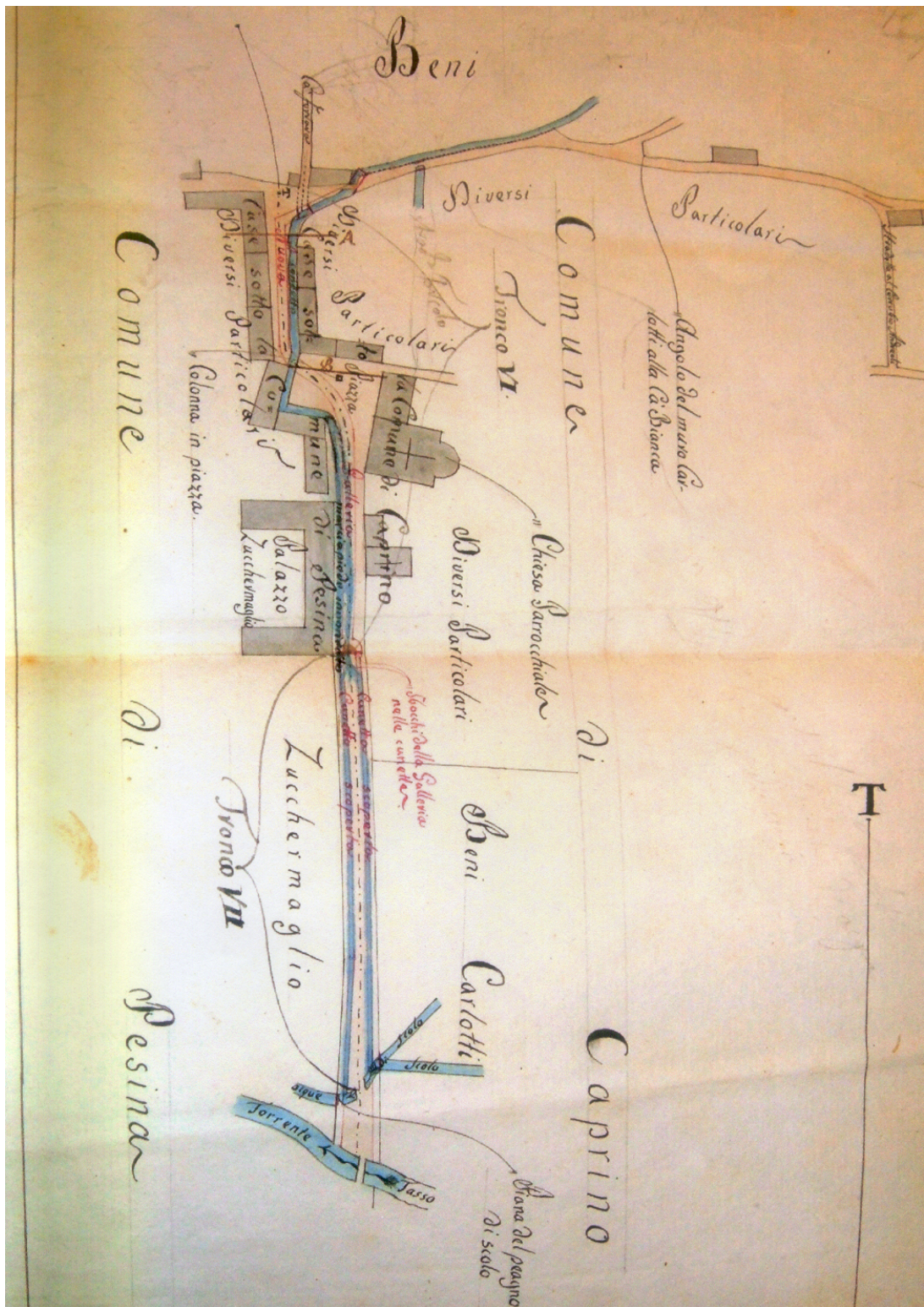


Figura 6 – Progetto per la regimazione delle acque che attraversano il paese di Caprino Veronese a nome dell’Ingegnere Rensi Giuseppe, datato 1817 e conservato presso ACCVr, busta n. 44.

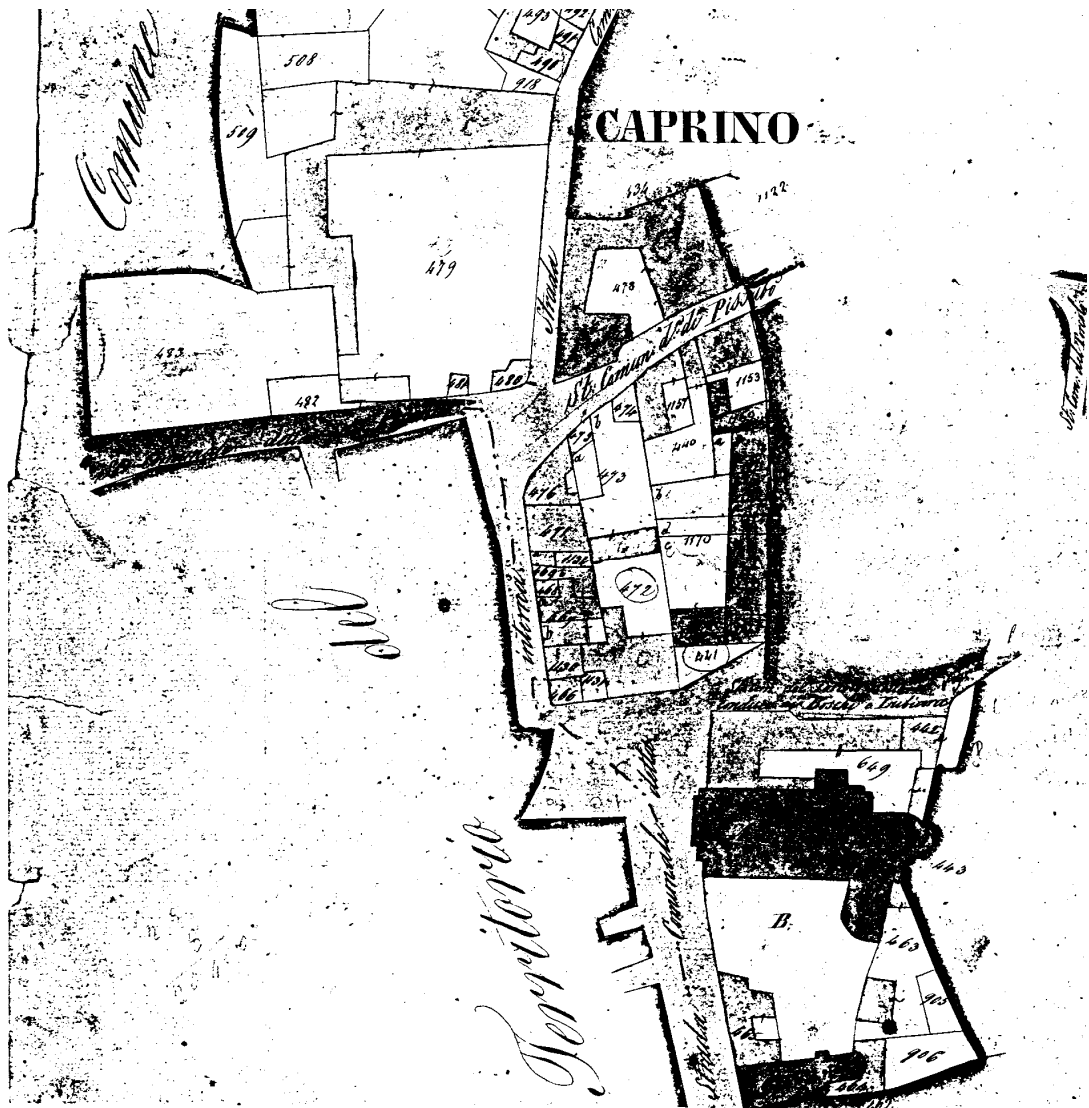


Figura 7 - Estratto di mappa del catasto austriaco, sezione di Caprino, foglio 9, allegato D (particolare) dove possiamo notare lo sviluppo urbano di Caprino e la grande frammentazione delle proprietà. (ASVr, Catasto austriaco, sezione Caprino, foglio 9).

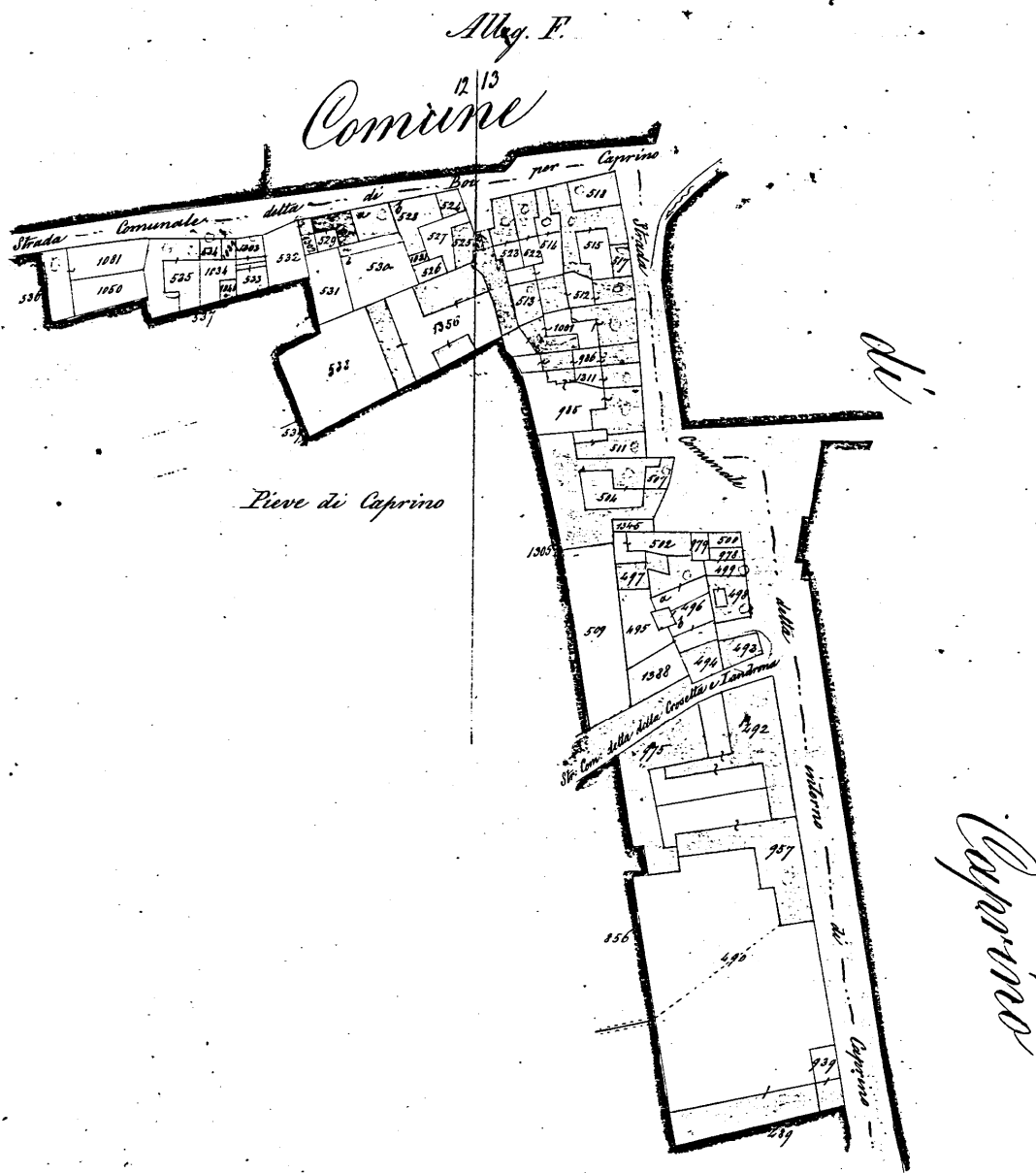


Figura 8 - Estratto di mappa del catasto austriaco, sezione di Boi di Pesina, foglio 12, allegato F, dove possiamo notare lo sviluppo urbano di Caprino e la grande frammentazione delle proprietà. (ASVr, Catasto austriaco, sezione Boi di Pesina, foglio 12).



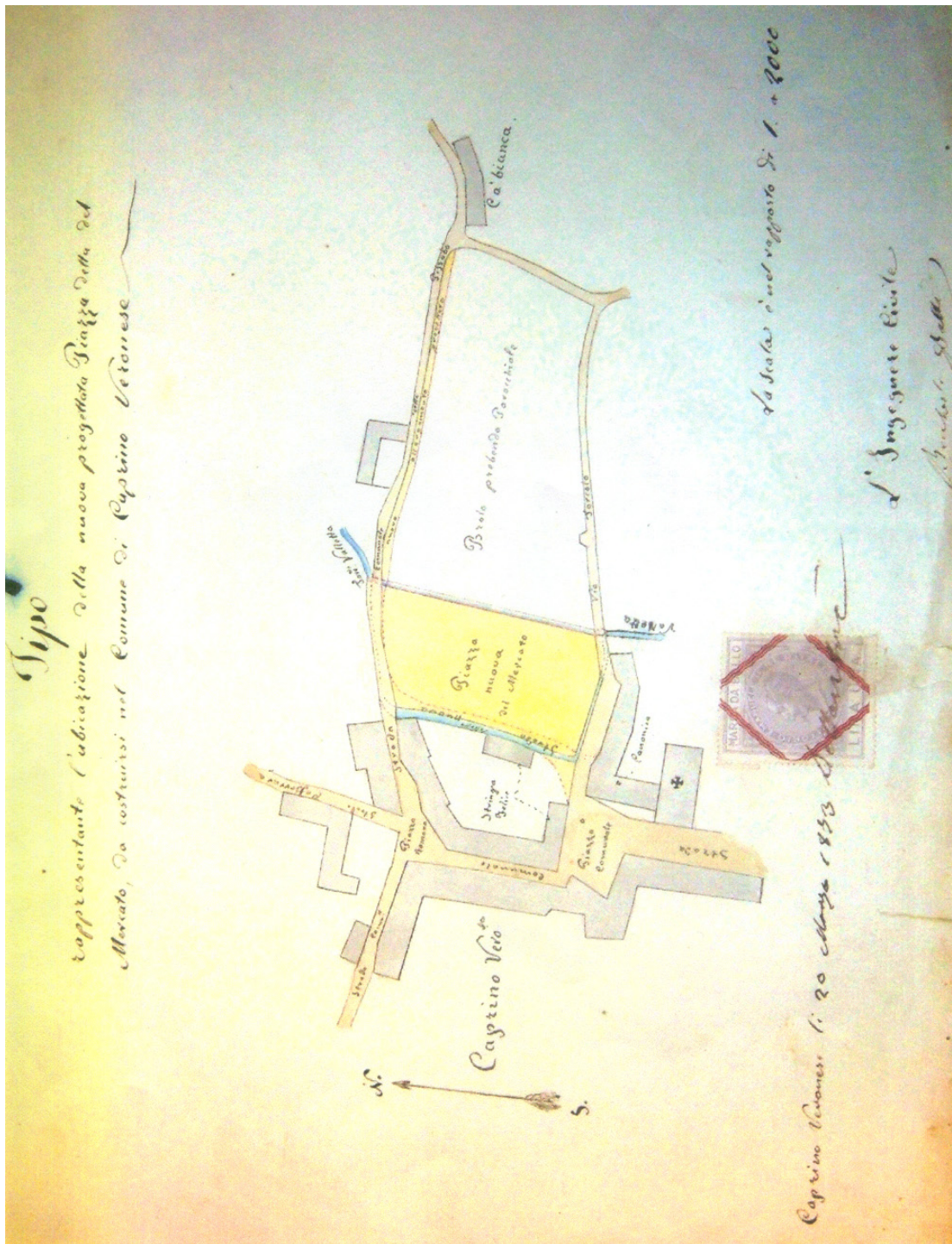


Figura 9 - Progetto per la costruzione della nuova piazza del mercato di Caprino Veronese a nome dell'Ingegnere Beccherle Giovanni Battista datato 1873. (ACCvr, 1873, busta n. 42).



Figura 10 – L’espansione del centro di Caprino– progetto Mario Beccherle, 1924.

## 2.0 Piano regolatore comunale e atti formali



Figura 11 – Ingresso attuale dell'edificio



Figura 12 – Ingresso attuale dell'edificio visto dall' giardino interno



Figura 13 – Corpo di fabbrica parallelo alla strada



Figura 14 – Corpo di fabbrica orto alla strada



Figura 15 – Corpo di fabbrica parallelo alla strada



Figura 16 – Vista del tetto interno

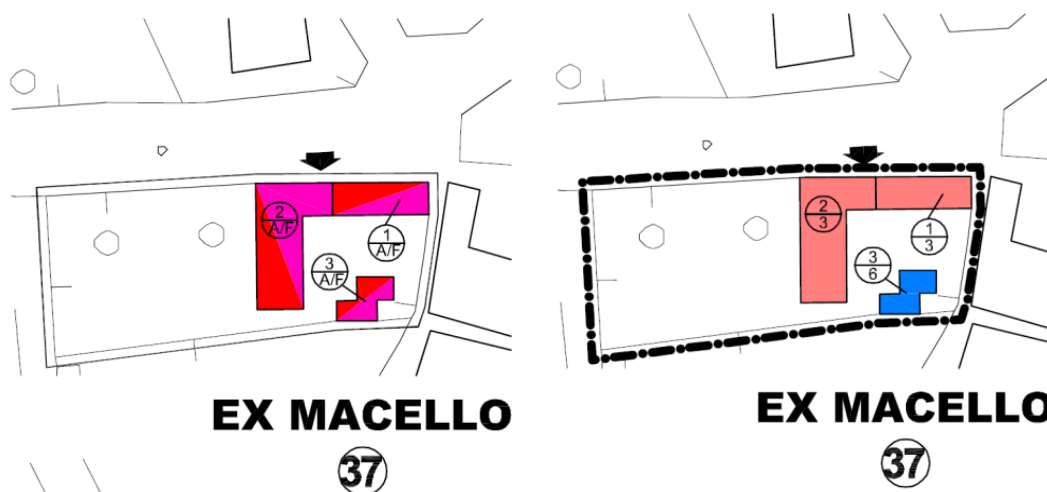


Figura 17 – Dettaglio sullo stato attuale della muratura

## 2.1 Piano regolatore comunale e atti formali

### 2.1.1 Piano regolatore comunale

Il piano regolatore comunale di Caprino definisce che l'edificio in questione è posto in zona A, ovvero il centro storico cittadino, e determina quanto scritto di seguito:



■ A – residenziale   ■ F – Attività commerciali e terziarie   ■ 3 – Restauro propositivo

FIGURA 18 – Tav. destinazioni

FIGURA 19- Tav. gradi d'intervento

#### GRADO 3 - RESTAURO PROPOSITIVO

1) Riguarda l'intervento su edifici di particolare valore storico-ambientale culturale, per i quali è anche ammessa la possibilità di variare la destinazione d'uso originaria, rispettando comunque i valori morfologici dell'edificio e operando ogni modificazione con i metodi e le cautele del restauro scientifico.

2) Gli interventi dovranno rispettare integralmente le prescrizioni del grado 2 definite ai punti a, b, d, f, g, h, i, l, m, n, o, p, dovranno invece rispettare le seguenti prescrizioni variare rispetto a quelle definite nei corrispondenti punti del grado precedente:

- i collegamenti interni verticali e orizzontali, dovranno essere inseriti o modificati con il minimo di alterazione della struttura tipologica dell'edificio;
- conservazione e ripristino delle aperture originarie su tutte le facciate nella posizione, nella forma,

nella dimensione e nei materiali dei contorni, in quanto legate alla morfologia fondamentale dell'edificio; è consentita eccezionalmente la realizzazione di nuove aperture sulle pareti, sia cieche

che già dotate di aperture, e sul tetto, salvaguardando la caratterizzazione morfologica dell'edificio, senza modificare il profilo di quelle esistenti;

- i porticati, le vaste aperture (dei fienili e di strutture simili e in genere gli spazi liberi tra pilastro e

pilastro sull'esterno), possono essere chiusi solo mediante finestrate, in modo da rispettare la

forma dell'apertura stessa.

3) È inoltre da rispettare quanto prescritto al seguente punto:

- i materiali con cui eseguire i lavori di sistemazione dovranno essere quelli tradizionalmente usati

nelle architetture residenziali coeve; in particolare i pavimenti, dovranno essere in cotto, in pietra

o in legno, la struttura lignea del tetto e dei solai, ove costituisce elemento caratterizzante, nonché

la struttura dei pilastri dovrà essere a vista.

4) Si prescrive inoltre che vengano conservate inalterate: tutte le murature d'ambito; le quote delle linee di gronda e di colmo; tutte le aperture (porte, portoni, finestre, ecc.) per posizione, forma, dimensione e contorni; tutte le decorazioni (architettoniche, pittoriche, ecc.) esistenti nell'edificio all'interno e all'esterno; la cornice di gronda; la zoccolatura; i marcapiani; le lesene e tutti gli altri elementi caratterizzanti il corredo decorativo dell'edificio o del complesso.

5) È possibile inoltre creare dei soppalchi in strutture mobili, in legno o in ferro, con relativo impianto distributivo.



## 2.1.2 Provvedimento rilasciato dal Ministero per i beni e le attività culturali e rapporto con il comune

0 4 GIU. 2008  
Venexia, .....

  
*Ministero*  
*per i Beni e le Attività Culturali*  
SEGRETARIATO GENERALE  
DIREZIONE REGIONALE PER I BENI CULTURALI E PAESAGGISTICI  
DEL VENETO

*M*  
Comune di  
CAPRINO VERONESE (Verona)

Prot. 682

*Allegati*

*Risposta al foglio del*

*Servizio*

*N*

OGGETTO: CAPRINO VERONESE (Verona) - Immobile denominato "ex macello" - Ubicazione: Via G. Sandri snc - Individuazione catastale: C.T.: fg. 28, particella 674; C.F.: fg. 28, particella 675 - Proprietà: Comune di Caprino Veronese (Verona) - Decreto legislativo 22 gennaio 2004, n. 42, art. 12 - NOTIFICA dell'interesse culturale.-

### RACCOMANDATA A.R.

*LLPPT copie S.c.o*

*E.p.c. Alla*

Soprintendenza per i beni architettonici e paesaggistici per le province di Verona, Rovigo e Vicenza

VERONA

Comune di Caprino Veronese	
N. 0010729	data 07/06/2008
Cla: 4.11	
	

*Alla*

Soprintendenza per i beni archeologici del Veneto  
Nucleo Operativo di Verona

VERONA

In allegato alla presente si trasmette un esemplare del provvedimento con il quale è stata accertata la sussistenza dell'interesse culturale nell'immobile di cui all'oggetto, per effetto del quale lo stesso viene definitivamente sottoposto alle disposizioni di cui alla parte seconda, titolo I, del sopraccitato D.lgs 42/04.-

Il Direttore regionale  
(arch. Ugo SORAGNI)

SF  
30/05/2008  
Trasm.Caprino veronese.Ex macello.doc



Palazzo Reale-Piazza San Marco, 52/63 - 30124 VENEZIA  
Tel. +39 041 3420101 - Fax: +39 041 3420122 - e-mail dt-ven@beniculturali.it



# Ministero per i Beni e le Attività Culturali

SEGRETARIATO GENERALE

DIREZIONE REGIONALE PER I BENI CULTURALI E PAESAGGISTICI DEL VENETO

## IL DIRETTORE REGIONALE

VISTO il Decreto legislativo 30 marzo 2001, n. 165 "Norme generali sull'ordinamento del lavoro alle dipendenze delle amministrazioni pubbliche";

VISTO il Decreto legislativo 20 ottobre 1998, n. 368 "Istituzione del Ministero per i beni e le attività culturali, a norma dell'art. 11 della legge 15 marzo 1997, n. 59", come modificato dal Decreto Legislativo 8 gennaio 2004, n. 3 "Riorganizzazione del Ministero per i beni e le attività culturali, ai sensi dell'art. 1 della legge 6 luglio 2002, n. 137";

Visto il Decreto legislativo 22 gennaio 2004, n. 42 "Codice per i beni culturali ed il paesaggio, ai sensi dell'art. 10 della legge 6 luglio 2002, n. 137";

VISTO il Decreto del Presidente della Repubblica 26 novembre 2007, n. 233 "Regolamento di riorganizzazione del Ministero per i beni e le attività culturali";

VISTO il Decreto del Presidente del consiglio dei ministri in data 23 gennaio 2008 con il quale è stato conferito all'arch. Ugo SORAGNI l'incarico di livello dirigenziale generale di Direttore regionale per i beni culturali e paesaggistici del Veneto;

VISTA la nota prot. 178 del 5 gennaio 2008 ricevuta l'11 gennaio 2008 con la quale il Comune di Caprino Veronese (Verona) ha chiesto la verifica dell'interesse culturale ai sensi dell'art. 12 del D.lgs 42/04 per l'immobile appreso descritto;

VISTO il parere della Soprintendenza per i beni architettonici e paesaggistici per le province di Verona, Rovigo e Vicenza espresso con nota prot. 1937 dell'11 febbraio 2008;

VISTO il parere della Soprintendenza per i beni archeologici del Veneto espresso con nota prot. 3770 VIII del 28 febbraio 2008;

RITENUTO che l'immobile

denominato	EX MACELLO
provincia di	VERONA
comune di	CAPRINO VERONESE
località	VIGNOL
proprietà	COMUNE DI CAPRINO VERONESE
sito in	VIA G. SANDRI, SNC
distinto al catasto al	C.T. FOGLIO 28 - PARTICELLA 674, C.F. FOGLIO 28 - PARTICELLA 675
confinante con	foglio 28, particella 1112; via G. Sandri via Zambonin



come dall'allegata planimetria catastale, presenta l'interesse culturale di cui all'art. 12 del citato D.Lgs. 42/2004, per i motivi contenuti nella relazione storico artistica allegata;

#### DECRETA

l'immobile denominato EX MACELLO, meglio individuato nelle premesse e descritto negli allegati, è dichiarato di interesse culturale ai sensi dell'art. 12 del D.lgs. 42/04 e rimane quindi sottoposto a tutte le disposizioni di tutela contenute nel predetto decreto legislativo.

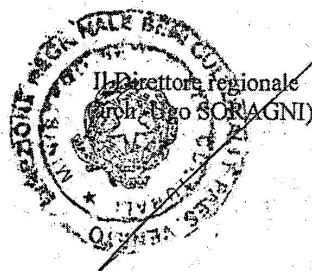
La planimetria catastale e la relazione storico artistica fanno parte integrante del presente decreto che verrà notificato ai proprietari, possessori o detentori a qualsiasi titolo del bene che ne forma oggetto.

Il presente decreto sarà trascritto presso l'Agenzia del Territorio - Servizio Pubblicità Immobiliare - a cura della competente Soprintendenza per i beni architettonici e paesaggistici ed avrà efficacia nei confronti di ogni successivo proprietario, possessore o detentore a qualsiasi titolo del bene.

Avverso il presente decreto è ammesso il ricorso amministrativo al Ministero per i beni e le attività culturali, ai sensi dell'articolo 16 del D.lgs 42/04.

Sono, inoltre, ammesse proposizioni di ricorso giurisdizionale al TAR competente per territorio a norma degli articoli 2 e 20 della Legge 6 dicembre 1971, n. 1034 e successive modificazioni, ovvero ricorso straordinario al Capo dello Stato ai sensi del D.P.R. 24 novembre 1971, n. 1199.

Venezia, 30 maggio 2008





**MINISTERO PER I BENI E LE ATTIVITA' CULTURALI**

**SOPRINTENDENZA PER I BENI ARCHITETTONICI E PAESAGGISTICI DI  
VERONA**

**CAPRINO VERONESE (VR) – Macello comunale**

*Relazione storico-artistica*

Trattasi di un complesso a corte, composto da tre corpi di fabbrica a due piani fuori terra disposti ad L, attorno ad un cortile quadrangolare. Il fabbricato principale, che si atesta sulla pubblica via, presenta un lungo fronte caratterizzato da un imponente portale, posto in posizione disassata, sottolineato da finti conci a bugnato sistemati a raggiera con chiave aggettante nella ghiera d'arco e da doppie fasce di bugnato nei piedritti che si ricordano al coronamento sulla copertura. Le parti laterali della facciata sono asimmetriche, il che fa supporre un ampliamento verso nord est del corpo di fabbrica in tempi successivi. La porzione di destra si articola in due assi di finestre, mentre quella di sinistra si sviluppa in un ulteriore corpo caratterizzato da un modulo compositivo diverso con fasce a bugnato al pianterreno in cui si aprono finestre a monofora, le restanti aperture del fronte sono rettangolari semplicemente incorniciate da modanature in tufo. Attraverso il portale si entra nella corte ove il fabbricato ortogonale alla strada ha conservato l'assetto formale originale caratterizzato da finestre a monofora sottolineate nell'arco da una ghiera in mattoni.

Il complesso, per il quale non sono state rinvenute notizie storico documentarie sulla sua originaria costruzione e sui successivi ampliamenti, costituiva il macello comunale di Caprino Veronese, edificato nel primo trentennio del Novecento. A partire dalla metà del XIX secolo fino ai primi decenni di quello successivo era tendenza comune riunire in un'unica sede al margine dei centri urbani l'attività di macellazione delle carni. Giuliana Mazzi descrive queste strutture presenti dapprima nelle città, successivamente in periferia, quali corpi di modesto alzata i cui caratteri formali in facciata si rifanno a stilemi di tipo rustico legati a formule classiche (G. Mazzi, *La costruzione delle grandi attrezzature urbane, in Archeologia industriale del Veneto*, a cura di F. Mancuso, Venezia 1990, pp. 159-165). Quello di Caprino, con gli altri macelli dei centri minori (Arzignano, Belluno, Mirano), rientra nella categoria delle attrezzature urbane che rispondono a determinate necessità della città moderna.

L'ex macello di Caprino Veronese riveste interesse culturale ai sensi dell'art. 12 del D.Lgs n. 42/2004 in quanto costituisce una testimonianza di archeologia industriale della periferia veronese, che si rifà a stilemi di gusto classico tipici dei moduli costruttivi delle attrezzature urbane nel primo trentennio del Novecento.

Lo storico dell'arte direttore coordinatore  
Dott.ssa Maristella Vecchiato

IL SOPRINTENDENTE  
Arch. Sabina Ferrari



## 2.2 I materiali e il loro rilievo

" (...) Per comprendere e apprezzare un'opera di architettura è assolutamente necessario possedere una conoscenza diretta ed esatta dei materiali di cui è fatta, del loro peso, della loro rigidità, della loro coesione (...)"  
A. Schopenhauer

Il materiale è parte della forma architettonica, è il ponte tra la struttura statica e l'immagine che un oggetto architettonico restituisce.

I materiali utilizzati detengono infatti nella morfologia dell'architettura un ruolo significativo in quanto concorrono alla struttura della forma il gioco dei colori, delle grane, del disegno del paramento murario, degli stucchi, degli intonaci, dei legni, dei metalli, dei vetri, delle ceramiche e dei diversi materiali che vengono impiegati in architettura.

L'analisi dei materiali, la loro caratterizzazione chimico-fisica, la determinazione delle loro caratteristiche meccaniche o la ricerca di ciò che nella fabbrica non appare direttamente visibile, ma è fondamentale per la sua "vita", costituisce dunque una parte fondamentale del processo analitico e diagnostico teso alla comprensione delle architetture e del loro stato di conservazione.

Parlare di materiali quando si parla di architettura significa parlare della consistenza, della forma, della costruzione dell'architettura. I materiali infatti sono strettamente legati al sistema costruttivo e dunque alla struttura architettonica, ne costituiscono la forma e ne connotano l'aspetto più immediatamente visibile, la superficie.

L'architettura dunque trova espressione concreta nei materiali di cui è composta. Il rilievo di un'architettura non può dunque limitarsi al semplice dato dimensionale ma deve documentare la consistenza dell'architettura, dunque i materiali di cui si compone e le relative tecniche costruttive.

E' noto che ai fini di un consapevole intervento di conservazione, è imprescindibile un'accurata campagna di rilievo, soprattutto dove, come in questo caso, facciano difetto le testimonianze documentarie iconografiche e i rilievi precedenti.

Il rilievo architettonico infatti, oltre che essere la base per le successive elaborazioni progettuali, è il primo strumento di conoscenza dell'architettura, l'unico attraverso il quale si può avere una cognizione generale e di dettaglio al tempo stesso, tale da mettere in luce

contenuti e trame altrimenti illeggibili con la sola visione diretta, e tanto meno evidenti solo attraverso la riproduzione fotografica.

Detto ciò, parallelamente al rilievo architettonico si è dato avvio al fondamentale rilievo dei materiali, del degrado e del quadro fessurativo.

### **2.2.1 Il rilievo**

Tradurre (dal latino trans-ducere) significa etimologicamente trasferire qualcosa senza alterarla. Sviluppare una rappresentazione tangibile o virtuale di una costruzione architettonica è, principalmente, un problema di traduzione non, come potrebbe apparire a prima vista, semplicemente un problema di misura (tanto è vero che un progetto di architettura procede per proporzioni e non per misure assolute), anche se una materia deve poter essere reperibile nelle rappresentazioni di architettura soprattutto nei ragionamenti a ritroso, cioè quelli che partono dall'esistente, e in presenza di problemi legati a soluzioni che richiedono procedure analitiche, come ad esempio i problemi statici.

Il rilievo architettonico è un campo d'applicazione della geometria descrittiva, è l'insieme delle pratiche e dei metodi che consentono di riportare le caratteristiche fondamentali di un oggetto edilizio o urbano in un sistema di rappresentazioni (principalmente bidimensionali).

I grafici ottenuti sono la base per le operazioni di documentazione, studio, conservazione dell'edificio e per l'intervento su di esso.

“Occorre sapere prima ciò che si deve disegnare e tener presente che non è il prospetto, la pianta e la sezione, come immagini, a cui si vuol pervenire in prima istanza, quanto la rappresentazione dello spazio fisico, della qualità architettonica e le trasformazioni strutturali avvenute nell'opera stessa (...) il rilievo architettonico è un'operazione volta a capire l'opera nella sua globalità (...); rilevare quindi significa innanzitutto comprendere l'opera che si ha davanti, coglierne tutti i valori, da quelli dimensionali a quelli costruttivi, da quelli formali a quelli culturali.”

Mario Docci, Diego Maestri  
Manuale di rilevamento architettonico e urbano, Bari, Laterza, 2009

E' dal tipo di informazioni che si vogliono ottenere attraverso il rilievo, che discenderà la scelta di un metodo di rilievo rispetto a un altro. Il rilievo non è solo una procedura, è un processo di studio che ha delle finalità che ne determinano il percorso di acquisizione:

a. Diretto (longimetrico): viene impiegato nella maggior parte dei rilievi architettonici e si rivela indispensabile in quello delle piante e nelle sezioni di edifici, ove gli altri metodi non possono essere impiegati, se non in particolari circostanze.

Si definisce rilevamento longimetrico, quello effettuato dall'operatore con l'ausilio di semplici strumenti di misura, quali il metro, le aste metriche, filo a piombo, ecc.

b. Strumentale (topografico): si usa solo in particolari circostanze e, più che un metodo autonomo, deve essere considerato come complementare a quello diretto e a quello fotogrammetrico. Viene impiegato per rilevamenti di precisione, per rilevare andamenti planimetrici di grande estensione e specialmente quando si debbano rilevare punti inaccessibili.

Si rivela, inoltre, particolarmente utile nel rilievo urbano, per determinare l'andamento planimetrico e altimetrico delle strade, mentre diviene indispensabile quando si vuole collegare l'opera da rilevare al suo ambito territoriale, vale a dire alla rete topografica nazionale.

Viene definito rilevamento topografico, quel rilievo effettuato con l'ausilio di strumenti topografici, quali stazioni totali, tacheometri, livelli, distanziometri, ecc

c. Indiretto (fotogrammetrico): si usa in particolare nel rilevamento delle facciate piane, in particolare nel rilievo dei fronti urbani. Può essere utile (se integrato col rilievo diretto) per il rilevamento dei prospetti di un edificio, laddove alcuni punti da misurare non siano accessibili.

Si definisce, infine, rilevamento fotogrammetrico, quello effettuato con l'ausilio di macchine da ripresa, quali fotocamere, bicamere, e di strumenti detti restitutori, che permettono di estrarre, dai fotogrammi di presa, informazioni atte a tracciare direttamente grafici dell'oggetto rilevato.

Il rilievo architettonico comprende diverse fasi e metodologie operative.

L'iter operativo consiste di due fasi distinte: una detta di campagna, in cui si raccolgono i dati; l'altra, da effettuare in un momento successivo, detta restituzione delle misure.

La fase di campagna comprende:

1. progetto
2. eidotipi: disegno bidimensionale di piante, prospetti, sezioni e dettagli dell'edificio o della porzione che si intende rilevare
3. tracciamento della fondamentale orizzontale
4. rilievo delle piante
5. rilievo degli alzati
6. eventuale integrazione con altre tecniche di rilievo

Il rilievo inizia dalla pianta del piano terra. Per pianta di un edificio si intende una sezione orizzontale effettuata a circa un metro da terra (in base alle aperture).

Per poter predisporre tutte le informazioni dimensionali di un oggetto, occorre munirsi di uno o più schizzi, effettuati dal vero, sui quali poter disporre con ordine tutte le misure che

via via si rileveranno. Pertanto lo schizzo, o eidotipo, deve rappresentare l'oggetto da rilevare (nella configurazione prescelta, pianta, sezione, ecc.), riproducendone dimensioni e proporzioni con cura e precisione.

Se lo schizzo sarà così realizzato, potrà anche aiutare a evidenziare eventuali grossolani errori di prelievo delle misure. Il concetto teorico sotteso a questi schizzi è che essi debbono rendere «discreto» ciò che è continuo, riproducendo, con un numero limitato di segni, il soggetto che rappresentano.

L'eidotipo o schizzo costituisce un elemento fondamentale nelle operazioni di rilievo con il metodo diretto. Tutte le operazioni effettuate sul luogo del rilievo debbono essere annotate sullo schizzo. L'eidotipo non va considerato un documento personale del rilevatore, ma deve essere impostato e realizzato con sufficiente chiarezza e contenere, inoltre, una serie di informazioni sia dimensionali sia costruttive, sempre sovrabbondanti rispetto alle esigenze del rilievo da compiere. In questa prospettiva gli schizzi di rilievo vanno accuratamente conservati e catalogati, unitamente alla restituzione grafica del rilievo stesso.

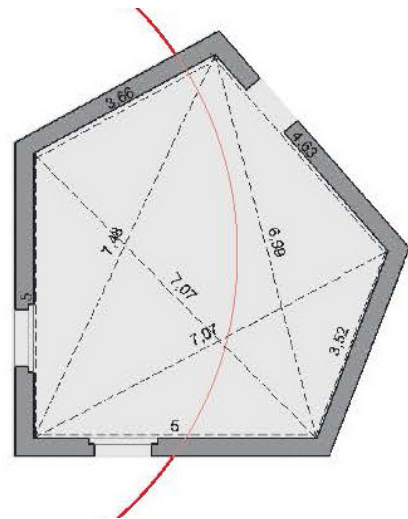
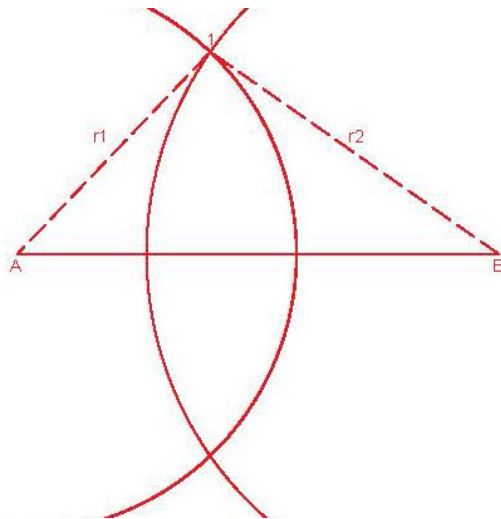
Il rilievo metrico di tutte le misure necessarie alla realizzazione del modello bidimensionale dell'edificio; è fondamentale, prima di cominciare la rilevazione, aver definito una poligonale, ovvero una spezzata i cui vertici sono i punti di partenza per la rilevazione. La fase di misurazione può avvenire tramite trilaterazioni, i punti rilevati sono vertici di triangoli impostati sulla poligonale; ogni punto è definito dall'incrocio di due distanze (raggi) da due punti di riferimento o coordinate ortogonali, i punti rilevati sono quotati in base ad un sistema di riferimento costruito su due rette perpendicolari, ogni punto è definito dall'incrocio di due coordinate.

#### a. TRILATERAZIONI

Il triangolo è l'unica delle figure geometriche elementari ad essere indeformabile e, pertanto, facilmente rappresentabile sul foglio di disegno utilizzando semplicemente le misure dei tre lati. Figura geometrica particolarmente comoda nel rilievo anche per forme complesse, in quanto si procede suddividendo l'oggetto da rilevare in triangoli, possibilmente equilateri, di cui andranno misurati tutti i lati. I punti rilevati sono vertici di triangoli impostati sulla poligonale; ogni punto è definito dall'incrocio di due distanze AB (raggi) da due punti di riferimento.

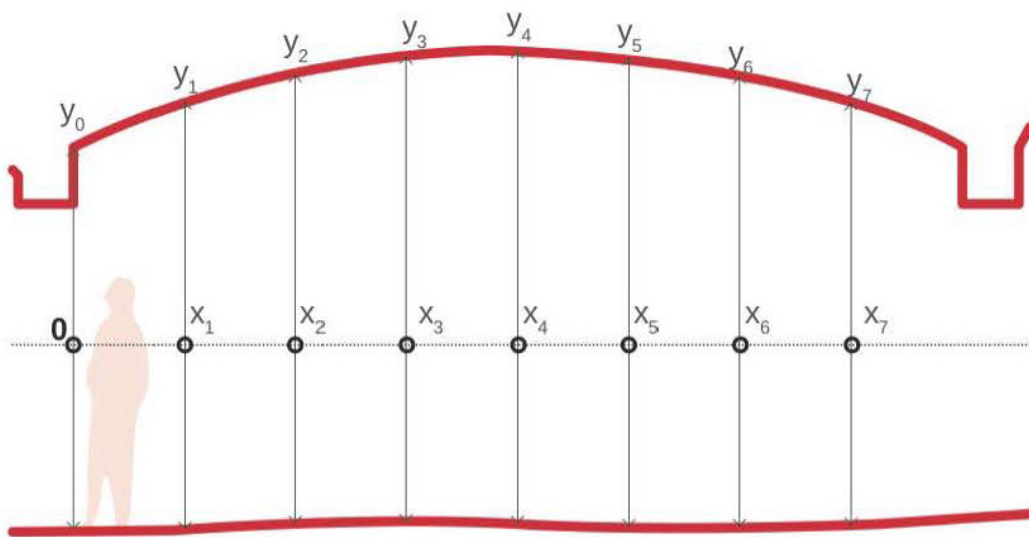
Fissato il primo lato, di misura nota, detto anche base, per rilevare la posizione nello spazio di un altro punto sarà necessario semplicemente misurarne la distanza dai vertici della base.





### b. COORDINATE ORTOGONALI

I punti rilevati sono individuati dalla misura delle coordinate  $x$  e  $y$  (ed eventualmente  $z$ ) rispetto all'origine di un sistema di riferimento dato. Questo schema di misurazione parte dalla conoscenza del sistema di coordinate cartesiane, in cui l'asse delle ordinate e delle ascisse sono ortogonali tra loro. Questo metodo consiste nel fissare una retta (ascissa), detta base, possibilmente parallela ad uno dei lati. Su questa retta si proiettano perpendicolarmente tutti i  $n$  punti da rilevare, ottenendo i corrispondenti punti proiettati. Per effettuare la proiezione dei punti sulla base, è necessario accertarsi che essa avvenga perpendicolarmente; pertanto la retta proiettante e la base devono formare un angolo retto. La perpendicolarità può essere assicurata con l'uso di una squadra da muratore oppure più semplicemente incrociando la cordella metrica, che funge da ascissa di riferimento, con un metro rigido e valutandone l'ortogonalità. Si andranno a leggere quindi le misure sulla cordella metrica che fornirà la  $X$  e sul metro rigido che fornirà la  $Y$ .

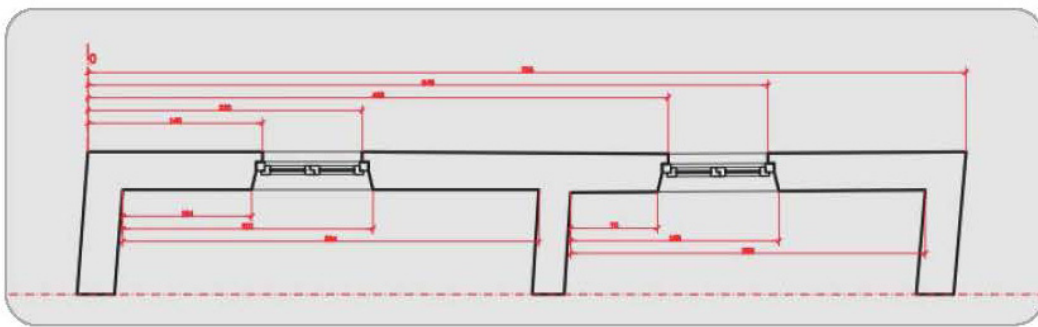


### c. MISURE PARZIALI E PROGRESSIVE

Il metodo delle misure parziali registra le misure di ogni singolo elemento, senza fornirne indicazioni sul totale. Sono misure parziali, le distanze tra i singoli punti misurati. L'utilizzo delle misure parziali può causare un' aumento del numero di errori e conseguentemente diminuire la precisione del rilievo: nell'esempio riportato sotto, la misura della parete è ottenibile solo come somma delle parziali delle sue parti.

Si intendono, invece, misure progressive, le distanze dei singoli punti da un punto di riferimento

(0), sono associabili, infatti, alle coordinate cartesiane. L'utilizzo delle misure progressive riduce la quantità di errori di misurazione.



Durante la ricognizione, nel complesso, sono state scattate fotografie dei vari prospetti dell'edificio, dal quale, tramite un'accurata valutazione sono stati dedotti i materiali visibili superficialmente e sono stati trattati i materiali che avevano un'importanza nella struttura dei corpi di fabbrica.

Sono stati identificati materiali come intonaco di malta cementizia, intonaco di malta di calce aerea, elementi lapidei e mattoni pieni comanda di calce aerea.

Su questi si insidiano degradi come deposito superficiale, mancanze, croste e vegetazione.

Il deposito superficiale è un accumulo di materiali estranei di varia natura come ad esempio polvere, terriccio, guano, ecc. Ha spessore variabile e, generalmente, scarsa coerenza e aderenza al materiale sottostante, causato da esposizione, scabrosità e deformazione della superficie, impiego di prodotti vernicianti, inquinanti atmosferici.

La mancanza è caduta e perdita di parti. Il termine si usa quando tale forma di degradazione non è descrivibile con altre voci del lessico, spesso causato da fenomeni di umidità ascendente, perdite localizzate degli impianti di smaltimento e/o di convogliamento delle acque, consistente presenza di formazioni saline, di soluzioni di continuità conseguenti alla presenza del di fessurazioni e/o di lesioni strutturali, soluzioni

di continuità conseguenti agli stress termici in prossimità dell'innesto di elementi metallici, errori di posa in opera e l'utilizzo di sabbie o malte poco idonee.

La crosta è strato superficiale di alterazione del materiale lapideo o dei prodotti utilizzati per eventuali trattamenti. Di spessore variabile, è duro, fragile e distinguibile dalle parti sottostanti per le caratteristiche morfologiche e, spesso, per il colore. Può distaccarsi anche spontaneamente dal substrato che, in genere, si presenta disgregato e/o pulverulento. Questo grado è spesso causato da azione di microrganismi e di inquinanti, ossidazione, circolazione d'aria scarsa o assente, residui della combustione di oli derivanti dal petrolio. Infine la vegetazione è semplicemente impiegata quando vi sono licheni, muschi, edera e piante, dovuti ad accumuli di umidità, attacco di organismi autotrofi (batteri unicellulari, alghe, licheni, piante superiori).

### **3 LA RICERCA STORICA**

## 3.0 Breve storia di Caprino Veronese

### 3.0.1 Caprino Veronese.



Figura 20 – Localizzazione del comune di Caprino Veronese

Caprino, incantevole centro posto ai piedi del Baldo, è un paese che merita di essere visitato per i suoi luoghi d'arte e per l'atmosfera suggestiva da cui è avvolto. E' un luogo che si è trasformato moltissimo nel corso del tempo, lì infatti in origine era presente un piccolo mare, oggi invece è caratterizzato da un lato da vigneti e caratteristici borghi, dall'altro da centri montani e sentieri panoramici. Vi si insediarono successivamente Etruschi, Franchi, Goti e Romani. A questi ultimi si deve la riedificazione di Caprino, allora "Caurin", e la sua nomina a capoluogo montebaldino e centro di lavorazione del ferro. La storia di questo paese è sicuramente molto complessa ed ogni epoca ha lasciato qui la sua traccia; fu attraversato dalla presenza di tiranni, di signorie e della fatale peste

del 1600. Fu però nel secolo seguente, nel 1700, che Caprino ottenne un importante riconoscimento grazie alla concessione, da parte della Serenissima Repubblica Veneta, di un mercato settimanale. Con l'arrivo di Napoleone poi, nel 1796, le varie comunità esistenti nel Comune vennero unificate. Ma non finisce qui, il paese venne toccato anche dalla Prima e Seconda guerra d'Indipendenza e inoltre dalle due Guerre Mondiali.

E' un luogo che ha tanto da ricordare e da raccontare e pertanto deve essere valorizzato e tutelato in quanto testimonianza del nostro passato e della nostra storia. E' un luogo avvolto da una splendida natura e situato in una posizione davvero ottimale, ai piedi del Baldo e non molto lontano dal lago di Garda, per cui è possibile coniugare bellissime passeggiate sia a piedi che in bicicletta a rilassanti giornate di spiaggia e sole.

### **3.0.2 Età Medioevale.**

Caduta infatti la potenza romana, la vallata viene invasa da Eruli, Goti, Longobardi e Franchi.

Il dominio longobardo ha inizio a metà del 500 con Alboino: reperto significativo del periodo è il rudimentale “sarcofago di Campasso” (a pochi km da Caprino) che reca scolpita una croce di stampo longobardo.

In quegli anni si formano alcune “Curtes” (con lo scopo di salvaguardare l’economia contadina e pastorale) e poi il “Contado”, che passa alle dirette dipendenze di un “Signore” talvolta dispotico e tiranno. Gli antichi “castellieri” riacquistano importanza, specie verso la fine dell’800, in seguito alle invasioni degli Ungari.

Le colline di Caprino, Pesina, Pazzon, Lubiara diventano centri fortificati dove la popolazione si rifugia nei momenti di pericolo; a ciò si aggiunge la tendenza a fuggire i fondovalle resi insicuri dagli straripamenti dei “progni” (torrenti). La piana del torrente Tasso in questo periodo conosce pertanto l’abbandono.

### **3.0.3 I liberi comuni.**

Intorno all’anno 1000, tutta la zona è incorporata nella “Marca Veronensis” del Duca di Baviera. Solo nel 1193 il Comune di Verona riscatta il territorio caprinense dal dominio di Enrico VI, figlio di Federico Barbarossa. Si intensificano in tal modo gli scambi commerciali tra città e campagna ed a questa ripresa economica è collegato il moltiplicarsi delle “comunità” (Caprino, Pesina, Boi, Ceredello, Lubiara), ognuna con la propria autonomia amministrativa.

Attorno ad ogni sede comunale sorgono nuovi nuclei insediativi dislocati o nella fascia collinare che domina la piana (Berra, Montecchio) o presso sorgenti (Pazzon, Porcino, Braga, Vilmezzano) o in zone più elevate ai margini dei pascoli montani (Pradonego). Dalla metà del 1200 alla fine del 1300, Caprino è alle dipendenze degli Scaligeri, signori di Verona, che concedono l'intera vallata in feudo ai signori Dal Verme prima ed ai Malaspina in seguito.

### **3.0.4 La dominazione Veneziana.**

Agli inizi del 1400 Caprino entra a far parte della Repubblica Veneta e vi rimarrà per ben 4 secoli. Sotto il governo della Serenissima gran parte del territorio viene diviso ed acquistato da famiglie nobili; ricordiamo in particolare tra le molte: Negrelli, Malaspina, Brenzoni, Nichesola, Carlotti, Gaiter, Zuccalmaglio. Esse si insediano nella piana o nella bassa collina ove costruiscono le loro splendide ville che ancora oggi possiamo ammirare. Sulla fascia collinare più alta si collocano invece le famiglie del ceto borghese che danno notevole impulso all'agricoltura: il paesaggio cambia quindi aspetto con il progressivo espandersi delle aree coltivate a scapito delle macchie boschive e con la canalizzazione del torrente Tasso.

Il 1600 è il secolo dell'immobilismo e della crisi ed è caratterizzato da terribili siccità e da una violenta epidemia di peste che nel 1630 decima la popolazione dell'intera vallata. La violenza del contagio si può ben capire dalle impressionanti cifre dei morti: 840 a Caprino su 1448 abitanti, 150 a Ceredello su 250, 256 a Lubiara su 447, 807 a Pesina su 1105, quasi tutti portati nel lazzaretto a Valdoneye di sopra e seppelliti nel "Campo della morte", vicino all'attuale chiesetta di Ceredello.

Durante il 1700, accanto ad agricoltori e pastori, vanno acquistando importanza i commercianti e gli artigiani ed a conferma di ciò la Serenissima Repubblica Veneta, nel 1786, concede un mercato settimanale il sabato (che si tiene ancor oggi). Caprino diventa il centro più importante, anche se, dal punto di vista amministrativo, esistono ancora le vecchie divisioni comunali. È in questo secolo che nascono alcune attività artigianali destinate a durare fino a pochi anni orsono. È il caso dei mugnai (i mulini ad acqua di Valsecca e Caiar, ancor oggi ben visibili), dei fabbri ferrai (a Vilmezzano si conserva tuttora un maglio idraulico), degli spremitori di olive (frantoi a trazione animale di Montecchio e della Berra; attività del resto ancora presente sul territorio), dei laterizi (le fornaci di Porcino che producevano un "coppo" famoso), di estrazione del marmo (cave di

Lubiara e Gamberon - attività attualmente in grande ripresa - che peraltro hanno reso famoso Caprino in tutto il mondo).

### **3.0.5 L'invasione Napoleonica e il dominio Austriaco.**

Il 31 maggio 1796, le truppe di Napoleone Bonaparte, inseguendo gli Austriaci, giungono nella valle di Caprino: il leone di Venezia è così abbattuto dalle truppe francesi che, dopo la battaglia di Rivoli (14-15 gennaio 1797, combattuta nella nostra zona) domineranno con alterne vicende sull'intera vallata. Le riforme amministrative di Napoleone faranno scomparire le quattro comunità di Caprino, Ceredello, Lubiara e Pesina già nel luglio del 1801, facendo diventare Caprino il centro amministrativo e giuridico del territorio e, con la successiva riforma del giugno 1805, addirittura capo di un Cantone che comprende anche Ferrara di monte Baldo, Rivoli, Brentino, Belluno Veronese, Lazise, Bardolino, Garda, Torri del Benaco, Castelletto, Brenzone e Malcesine.

Dopo la sconfitta di Napoleone a Waterloo ed il successivo Congresso di Vienna (1815), al giogo francese succede quello austriaco con un regime che, sebbene poliziesco, favorisce la rinascita economica.

Nelle lotte per l'Unità d'Italia i Valligiani non si mostrano secondi a nessuno. La I Guerra d'Indipendenza (1848-49) si svolge anche sulle pendici del Baldo, con decisa partecipazione patriottica della popolazione. Alla II Guerra d'Indipendenza (1859) i volontari caprinesi sono sei. Altrettanti partecipano alla Spedizione dei mille (1860) e alla III Guerra d'Indipendenza (1866). Unica vittima il garibaldino Giuseppe Rota. Il 21-22 ottobre 1866 nella Sala della Canonica ha luogo il Plebiscito che sancisce l'unione del Veneto e quindi del territorio veronese e della nostra zona al nuovo Stato Italiano. Il passaggio all'Italia da poco unificata non produce comunque gli effetti sperati, ma anzi accentua una crisi già in atto che porterà parte della popolazione ad emigrare verso la Germania, il Belgio ed infine le Americhe alla ricerca di nuovi sbocchi occupazionali (ed ancor oggi esistono intere "comunità" di ex-caprinesi nelle Americhe).

### **3.0.6 Il nuovo stato italiano.**

Dal punto di vista amministrativo tuttavia Caprino diventa un centro sempre più importante. Agli anni a cavallo fra i due secoli risale infatti la realizzazione di molte opere pubbliche: costruzione di lavatoi pubblici, di edifici scolastici, dell'acquedotto, ampliamento delle strade, inaugurazione della linea ferroviaria Verona-Caprino-Garda (1889), messa in funzione di una centrale elettrica (1910).



Durante la prima guerra mondiale (1915-18) Caprino costituisce il fulcro delle retrovie del fronte bellico che corre a pochissimi chilometri di distanza: edifici civili vengono così trasformati in caserme e si costruisce la strada “Graziani” (dal nome del famoso generale dell’epoca) per rifornire le postazioni sul Baldo e per i collegamenti con Avio in Valdadige; l’arteria rappresenta ancor oggi la principale via di passaggio lungo le pendici del monte Baldo collegando il caprinense con il Trentino.

Nello spazio fra le due guerre mondiali Caprino non subisce grosse trasformazioni. Continua il processo di appropriazione di terre da parte dei ceti borghesi in seguito alle ultime vendite delle vecchie proprietà nobiliari.

### **3.0.7 La residenza.**

Durante la seconda guerra mondiale i Tedeschi occupano Caprino (9 settembre 1943) e subito dopo la Guardia Nazionale Repubblicana prende dimora nella Casa del Fascio (ex Cinema Sociale, ora sede INPS).

Nasce quindi la Resistenza: nei pressi del forte di Naole si forma la brigata d’assalto garibaldina “Vittorio Avesani” ed un cippo ricorda i combattimenti ed i caduti proprio in quella zona. Il 1944 è segnato dai rastrellamenti dei nazi-fascisti in alcune frazioni e dal bombardamento della ferrovia Verona-Caprino. Il 28 gennaio 1945 Gaon, Rubiana, Vilmezzano sono investite da un rastrellamento che causa tre morti e razzia di generi alimentari, bestiame e vestiario.

Il 25 aprile 1945 i partigiani assaltano Caprino e mettono in fuga i Tedeschi; due giorni dopo arrivano gli Alleati.

### 3.0.8 Il dopo guerra.



Figura 21 – Panoramica della piana di Caprino con il lago di Garda sullo sfondo

Il dopoguerra risente della grave crisi nazionale ed un massiccio esodo di popolazione interessa soprattutto la fascia collinare più alta e più povera. Gli effetti più evidenti sono: l'abbandono dell'agricoltura, specie nella zona più alta, lo spopolamento di alcune contrade; lo spostamento, anche pendolare, verso i grossi centri della pianura. Risalgono a questo periodo tuttavia anche una serie di opere: nel 1952 gli uffici comunali trovano sistemazione in Palazzo Carlotti, l'anno successivo l'Ospedale Civile di Caprino diventa una realtà; nel 1955 si costruisce il Cinema Teatro Nuovo, nel 1957 la ferrovia viene sostituita dagli autobus; nel 1959 si costruisce la nuova scuola media "mons. Luigi Gaiter".

Negli anni '60 nascono gli edifici scolastici di Pesina e di Pazzon; nel 1972 Villa Spada diventa "Casa di Riposo per anziani", nello stesso anno prende vita la Biblioteca comunale. Negli anni '70 e '80 Caprino non conosce comunque, come i paesi limitrofi, né processi di industrializzazione veloce (tramutatisi in seguito in altrettanto veloci crisi produttive), né fenomeni di massiccio sviluppo commerciale.

La sua amena posizione nella vallata e la sua più antica tradizione gli permettono invece di continuare ad essere un centro di servizi sovracomunali, una splendida zona residenziale ed un centro turistico, da valorizzare, che ha enormi possibilità di sviluppo autonomo.

## 3.1 Ex Macello di Caprino Veronese

### 3.1.1 Dalla ghiacciaia al macello comunale.

L'attuale ex macello comunale di Caprino Veronese, adibito in anni recenti a magazzino comunale e sede della protezione civile, è bene patrimoniale che nei mesi scorsi il Comune ha posto in vendita. Essendo prevedibile che a seguito di ciò esso in futuro possa mutare assetto e destinazione, non ci pare fuori luogo ricordare in questa sede la sua storia, che si intreccia con quella sanitaria ed economica della comunità locale.

Per ritrovare le origini di quella struttura, nata inizialmente come ghiacciaia, bisogna risalire alla prima metà dell'Ottocento. A quell'epoca, malgrado non mancassero a Caprino medici e farmacie, i presidi sanitari per le popolazioni del luogo erano decisamente modesti e molto diversi da quelli attuali. V'era allora il convincimento che l'uso del ghiaccio fosse non solo importante per la conservazione delle carni e di tutti gli alimenti deperibili, ma "indispensabile... come rimedio il più indicato nelle dominanti malattie e segnatamente per la miliare". A riprova della diffusione di tale opinione sta la proliferazione un po' ovunque in quegli anni di ghiacciaie private o pubbliche: a Brentino ne era stata costruita una nel 1845 dal veronese dottor Parisi, che somministrava ghiaccio gratis ai poveri in caso di necessità; Cavaion fruiva della ghiacciaia messa a disposizione dagli eredi Da Persico in Affi; a Costermano ed Albarè la fornitura di ghiaccio per i poveri era garantita dalle ghiacciaie dei nobili Francesco de Lutti e Federico Giuliani; comuni come Ferrara e San Zeno di Montagna avevano a disposizione ghiacciaie naturali in montagna.

Il paese di Caprino invece, a quanto risulta dai documenti,<sup>1</sup> ne era ancora privo; ciò indusse medici, parroci e singoli cittadini a rivolgere all'Amministrazione Comunale insistite sollecitazioni perché si decidesse a costruire una pubblica ghiacciaia, che riconoscevano importante tanto "quanto lo sono le stesse farmacie".

Sul finire del 1846, probabilmente dopo che era avvenuto il consueto annuale rinnovo di un terzo dei consiglieri comunali la questione approdò in Consiglio Comunale. Gli assessori, o, come si diceva allora, "deputati", Giulio Stringa, Luigi Cataloca e Michele Bertolini,<sup>2</sup> coadiuvati dal segretario Sperandio Viola, incaricarono il "cursore", o messo comunale, Nicola Franchini di recapitare a tutti consiglieri comunali la convocazione alla seduta consiliare fissata per l'8 dicembre, nella quale si sarebbe esaminato anche l'argomento "costruzione di una pubblica ghiacciaia"; ma i consiglieri che si presentarono

furono solo 8 su 30, per cui la seduta non fu valida ed il consiglio venne riconvocato per il 7 gennaio 1847.

In tale data il numero legale fu raggiunto e l'argomento "ghiacciaia" fu ampiamente esaminato; la Deputazione, cioè la giunta, sostenne la necessità dell'intervento, riferì che non s'era trovato alcun privato che volesse farsene carico e quindi il compito della realizzazione spettava al Comune. Fu così deliberato che il Comune avrebbe fatto costruire la ghiacciaia e ciò sia per poter dare il ghiaccio gratuitamente ai "comunisti", cioè agli abitanti del comune, sia per ricavarne un utile. Il consigliere ing. Peroni aggiunse che s'era anche individuata la zona ottimale nella quale far sorgere la ghiacciaia: il brolo parrocchiale lungo la strada del Torcolo, dove già esisteva una vasca per la preparazione del ghiaccio, che avrebbe consentito dei risparmi sulla condotta. Il costo del fondo sarebbe stato di 3000 Lire. In una successiva seduta, l'8 aprile 1847, il Consiglio affidò allo stesso ing. Peroni l'incarico di redigere il progetto; questo fu presentato l'8 ottobre successivo, con preventivo di spesa di circa 1600 lire. Nel frattempo però era stato individuato un nuovo fondo in cui collocare la ghiacciaia: un terreno in loc. Campagnol alle Acque, nei pressi del Tasso, di proprietà di Elisabetta Zuccalmaglio e Bernardo Andreoli, di circa 630 metri quadrati di superficie, che sarebbe costato solo 217 lire.

A questo punto il Comune cercò di verificare se esistesse qualche altro Comune della zona che fosse interessato a consorziarsi con Caprino nell'iniziativa, partecipando alla spesa, ma non ottenne adesioni.

Nel frattempo, però, stavano maturando eventi ben più rilevanti; il nuovo anno, il 1848, infatti, portò con sé la prima guerra d'indipendenza, a seguito della quale le truppe piemontesi nel giugno giunsero combattendo ai piedi e sulle pendici del Monte Baldo. Ciò comportò evidentemente uno scompiglio generale non solo tra la gente, ma anche nelle finanze del Comune; ed il Municipio, "in vista delle sopravvenute straordinarie spese di guerra" si vide costretto a sospendere la realizzazione della già approvata ghiacciaia, rinviandola "a tempo più opportuno".

Ma, finita la guerra, sopravvenne un'altra "passione", un lungo periodo di crisi economica, generata dal crollo delle produzioni agricole; con l'agricoltura in ginocchio e le risorse compromesse, di ghiacciaia non si parlò per vari anni, fino a quando non fu la Congregazione Provinciale a riaprire la questione; e lo fece con una segnalazione del 2 ottobre 1861 in cui lamentò che nel comune di Caprino la popolazione fosse soggetta "a febbri migliarose e tifoidee" per le quali i medici chiedevano ghiaccio e sollecitò il Comune a costruire una ghiacciaia in paese.

Ma si dovette attendere l'ingresso del Veneto nel Regno d'Italia per vedere finalmente realizzata l'attesa ghiacciaia. Fu solo infatti nel 1867 che venne finalmente acquistato dal Comune il terreno su cui edificarla, un fondo dei fratelli Pretti fu Lorenzo, "adiacente alla strada sistemata detta della casa Bianca al Vignol", gravato da ipoteca dell'Istituto Elemosiniere, che costò 473 lire; in quello stesso anno i lavori furono assunti dall'impresario Francesco Lavezzari, eseguiti poi da Deserini Giobatta, Perini Antonio e Lavezzari Samuele, costarono complessivamente 4033 lire, contro un contratto di 2660, e l'opera venne collaudata il 29 gennaio 1870: la ghiacciaia era solida ed il fondo bene asciutto.

Nel concreto, però, la gestione della nuova struttura non dovette essere né serena, né gratificante; già nell'estate dell'anno seguente infatti, il primo di funzionamento della ghiacciaia, insorsero dei contrasti ed una vertenza giudiziaria tra il Comune e la ditta assuntrice, di cui era titolare Antonio Perini, per i prezzi praticati e per la qualità del ghiaccio prodotto;<sup>4</sup> nel dibattito vennero avanzati seri dubbi sulla qualità della ghiacciaia stessa, che ben pochi ambivano prendere in carico. D'altronde all'epoca erano ormai attive in Caprino almeno altre due ghiacciaie private, quella degli eredi Ignazio Tomei e quella al Vignol di Felice Stringa. Per farla breve, passarono pochi anni ed il Comizio Agrario di Caprino, costituito nel 1868, intenzionato a valorizzare il settore caseario decise di dar vita alla prima Latteria Sociale veronese; quale sede individuò proprio l'ormai abbandonato fondo della ghiacciaia comunale, che il Consiglio Comunale di Caprino il 13 novembre 1883 deliberò di concedere al Comizio per la modesta somma di 200 lire; il 14 aprile 1884 presso il Municipio venne costituita la Società anonima cooperativa per l'industria del latte e per fine anno la vecchia struttura della ghiacciaia era completamente ristrutturata e trasformata, sotto la guida dell'ing. G.Batta Beccherie, nella moderna prima Cascina Sociale Veronese. Direttore Silvio Rossi, casaro A. Da Monte, presidente l'avv. Augusto Ridolfi, la nuova realtà fu inaugurata con grande solennità e straordinaria affluenza di autorità e di pubblico e fu salutata come esperienza pilota a livello provinciale; presso di essa venne anche istituita una scuola caseari<sup>5</sup>, che proseguì negli anni immediatamente successivi<sup>6</sup>.

La nuova cooperativa prese anche la consuetudine di assumere in affitto un pascolo alpino estivo dove i soci potevano portare il loro bestiame e dove per qualche mese la cascina si trasferiva. E tale cooperativa continuò ad esistere fino ad anni non lontani da noi. L'attività della cascina in Caprino invece dopo il 1890 cominciò a ridursi; e quando il Comune, per dare attuazione ad un articolo del regolamento 9 ottobre 1889 della nuova legge sulla tutela dell'igiene, dovette provvedere all'obbligo di creare un unico centro di macellazione

per gli animali del territorio, non trovò di meglio che riacquisire la struttura della vecchia ghiacciaia trasformata in cascina sociale. Dopo l'uscita della legge, durante la gestione commissariale tra 1893 e 1894 già l'ing. Augusto Andreis era stato incaricato di redigere un progetto di macello e l'argomento fu ripreso dal nuovo consiglio che il 14 aprile 1896 individuò come ottimale per le particolari esigenze della nuova struttura sanitaria proprio l'area della cascina sociale. Il Comune concluse in breve l'accordo con il Comizio Agrario per ottenere la cessione della struttura; si passò poi all'approvazione del progetto presentato dall'ing. Andreis, alla consegna dei lavori alla ditta Carlo Federico Vagliaroli di Mantova e finalmente il 14 maggio 1902 al collaudo dell'opera da parte dell'ing. Antonio Sartori. A questo punto l'ing. Andreis ricevette in consegna la nuova struttura per realizzare in essa i lavori di "armamento" così da attrezzarla a macello e subito dopo il macello nel suo insieme fu affidato al medico veterinario dott. Giobatta Dal Bon, che ne divenne anche custode, abitando nei locali a ciò predisposti. Il Dal Bon rimase in servizio fin al 1927, anno in cui la custodia della struttura fu affidata al dipendente comunale Romualdo Zeni. E nella parte abitativa del macello questi abitò con la famiglia; dopo la morte sua nel 1944 e della moglie Delfina Zanotti nel 1966, vi continuarono ad abitare le figlie nubili, l'ultima delle quali, Flora, morì nel 2004.

Il macello comunale, cessata la sua funzione, è stato adibito a magazzino e laboratorio comunale e sede della protezione civile.

Il complesso, che si compone di tre corpi di fabbrica a due piani fuori terra attorno ad un cortile quadrangolare, il 30 maggio 2008 è stato dichiarato di interesse culturale dal Ministero Beni e Attività Culturali; nel settembre 2009 l'Amministrazione Comunale lo ha posto all'asta, avendo in programma di trasferire in una nuova sede più decentrata ed idonea, nei pressi dell'isola ecologica, il proprio magazzino.

<sup>1</sup> *Archivio Comune Caprino, busta n. 13 rossa.*

<sup>2</sup> *Allora non esisteva la figura del Sindaco; le sue funzioni erano svolte dal "primo deputato", ruolo che a Caprino per lungo tempo nel primo Ottocento fu svolto da Giulio Stringa.*

<sup>3</sup> *A questo punto in qualcuno dei nostri lettori potrà sorgere la curiosità di conoscere i nomi dei consiglieri comunali della Caprino di quel tempo e noi non esitiamo a introdurre una breve pausa per soddisfare tale legittima domanda. I consiglieri comunali di Caprino nel dicembre 1846 erano: Arduini Federico, dr. Arduini Giovanni Antonio, conte Bagatta*

*Carlo, Bertoldi Simone, Bertoletti Francesco, Bertolini Michele, Biasi Bernardo, Campostrini Antonio, march. Carlotti Antonio, Castellani Angelo, Chignola Francesco, Comencini Giuseppe, Crosatti Antonio fu Giuseppe, Crosatti Donato, Ferrari Bartolomeo, Ferri Tommaso, dr. Fornaroli Tranquillino, dr. Fovel Carlo, nob. Fratta Alessandro, Gamberoni Francesco, Marangoni Bartolomeo, nob. Nicesola Dionigio, Pacherà Giovanni, ing. Peroni Giovanni Antonio, avv. Scala Simeone, dr. Schena Lodovico, Stringa Giulio, Tinelli Giuseppe, Trentini Giovanni Paolo, Zuliani Giuseppe. I dieci consiglieri appena usciti per il rinnovo triennale erano: Bertoldi Felice, Bronzo Michele, Cristini Luigi, Donatelli Giacomo, Gagliardi Sante, notaio Gaiter Nicola Luigi, nob. Negrelli Carlo, Tinelli Andrea, abate Trentini Luigi, Viola Sperandio.*

<sup>4</sup> *ASVr, Pretura di Caprino, anno 1871,*

<sup>5</sup> *Il primo corso di tale scuola fu frequentato da una dozzina di giovani; solo cinque furono approvati, fra i quali, con merito, il caprinense Romualdo Zeni, destinato a divenire figura significativa della comunità caprinense nei decenni successivi.*

<sup>6</sup> *Sull'istituzione della Cascina Sociale di Caprino vedansi "L'agricoltore veronese", organo del Comizio agrario di Verona, n. 14, 1883 e seguenti; Savio Rossi, La prima cascina sociale veronese, Verona 1885.*

## **4 LE MURATURE**



## 4.0 Il contesto italiano

Paglia, legno, fango, argilla, pietra, mattone, ferro.

Alle varie latitudini del nostro pianeta, la realizzazione del riparo, ha visto comunque il riproporsi di tecniche e tecnologie più o meno basate su pochi materiali. Tecniche e tecnologie relativamente semplici ed immediate.

Fino all'età moderna poco è cambiato. La stessa rivoluzione industriale, sebbene abbia consentito ardite costruzioni per un uso più strutturale e diffuso del ferro, di fatto nella massa del costruito ha inciso poco. Gli stessi archetipi tecnologici si sono riproposti più o meno immutati.

Possiamo dire, ricorrendo ad un facile riferimento di sintesi, che ciò che dall'antichità e dell'antichità è durato, guardando ovviamente i grandi numeri, è stato fatto con la pietra.

L'uso della pietra, della roccia, per l'intrinseca virtù di solidità del materiale, è stato elemento di garanzia alla durabilità del manufatto. Se tale concetto rappresenta quindi una condizione necessaria, è pur sempre da considerare che lo stesso non rappresenta contestualmente la condizione di sufficienza.

La qualità del materiale pietra, avulsa dalla perizia dell'uso, della forma, della composizione nel porre pietra su pietra, non può da sola garantire che il manufatto duri.

Questa breve e per molti versi ovvia premessa è ritenuta necessaria per introdurre il caso italiano.

Il nostro paese vede sostanzialmente l'uso della pietra nel costruito antico come modalità pressoché tipica e a diffusione piena. Il territorio d'altronde propone, con le sue dorsali montuose, una disponibilità di materiale uniformemente distribuita; ciò è vero anche nelle zone di pianura, perché comunque i vari corsi d'acqua hanno costituito via di diffusione di materiale lapideo praticamente ovunque.

Il nostro paese è stato inoltre culla di grandi geni dell'arte del costruire. La perizia nel taglio, nella composizione, nell'articolazione della pietra, ha fatto sì che pervenissero a noi opere di incredibile testimonianza.

E fondamentale è stata anche la capacità di saper produrre leganti in grado di competere con i migliori attualmente disponibili. Il calcestruzzo romano è un esempio di competenza nel costruire che non trova uguali.

Ma il caso italiano non è solo questo. Non è certo solo la testimonianza del buon costruire. Il caso italiano, con i suoi innumerevoli borghi e centri storici, è la testimonianza di una

cultura molteplice, semplice e armoniosa; di un popolo povero che si è aggregato in piccoli paesi, cresciuti a poco a poco appresso al divenire di mille piccole esigenze ed in mezzo a tante difficoltà.

La nostra storia è fatta di braccia che cercavano la pietra vicino, perché tutto si trasportava a spalla o al più con l'ausilio di un mulo o di un carro trainato dai buoi. Per questo stesso motivo le pietre grandi si limitavano alle posizioni importanti, per le angolate, per i diaconi, ma qui già parliamo di murature di qualità. La pietra disponibile era la pietra di fiume. Pietra tonda, smussata da madre natura. Pietra piccola e facile da gestire. Ed è qui, in queste semplici considerazioni, che si inserisce e trova spazio anche la grande vulnerabilità del nostro patrimonio storico.

Patrimonio che è testimonianza complessiva, caratteristica dei nostri centri storici, dei nostri borghi, disseminati in più o meno piccoli agglomerati sulle dorsali dei monti o lungo le coste. Dove primeggiano chiese, abbazie e opere d'arte di straordinaria e singolare bellezza. Deve però essere chiaro che una parte importante dell'appeal di ogni singola opera è dovuta proprio ed anche al contesto in cui si trovano, fatto di aggregati umili di contorno, a cornice di un tempo che ha visto un tutto insieme concorrere nel mutuo evolversi.

Il nostro dovere, per la responsabilità insita nell'obbligo di testimonianza, è quello di conservare quanto più possibile l'essenza fisica e storica di tale patrimonio, perché lì risiedono le nostre radici e la nostra unicità. Questo deve essere fatto sia in termini di protezione del contorno/contesto, e questo spetta agli urbanisti, sia in termini di conservazione fisica, e questo spetta ai tecnici.

Per quanto ai problemi specifici relativi alla statica delle murature, con riferimento alla loro conservazione, è necessario ovviamente fare una distinzione fra le azioni di natura gravitazionale e quelle inaspettate. Le prime rappresentano il problema immediato nel contesto della fisica del quotidiano, rispetto a cui ogni riparo viene pensato, dimensionato e costruito; riguardo alle seconde, l'evento sismico ne costituisce l'espressione più evidente e drammatica, almeno alle nostre latitudini.

È altresì chiaro che i problemi gravitazionali, trovando soluzione fin dal concepimento della struttura, costituiscono di solito quelli meno diffusi, tant'è che in mancanza di eventi sismici si protrae la testimonianza di aggregati di svariati secoli.

Riguardo invece alle problematiche connesse alle azioni sismiche, avendo queste carattere di imprevedibilità, è relativamente immediato constatare quanto esse siano state di fatto trascurate all'atto del concepimento nella grande maggioranza delle realizzazioni del

patrimonio storico e pertanto costituiscono la criticità più evidente nell'ambito del problema della conservazione.

## 4.1 L'approccio al problema della statica delle murature

Le problematiche di conservazione strutturale del patrimonio storico, di fatto, equivale a parlare di muratura nei suoi vari aspetti e nelle varie combinazioni tecnologiche che concorrono al concepimento/realizzazione del concetto base di riparo.

L'interpretazione di tali aspetti richiede di fare riferimento a due ordini di dettaglio:

I macroelementi, ovvero l'organizzazione strutturale, intesa come aggregazione/composizione dei corpi murari, inclusi gli accessori di completamento (solai, coperture, catene,...), che concorrono alla formazione del manufatto nel suo insieme (Figura 12).

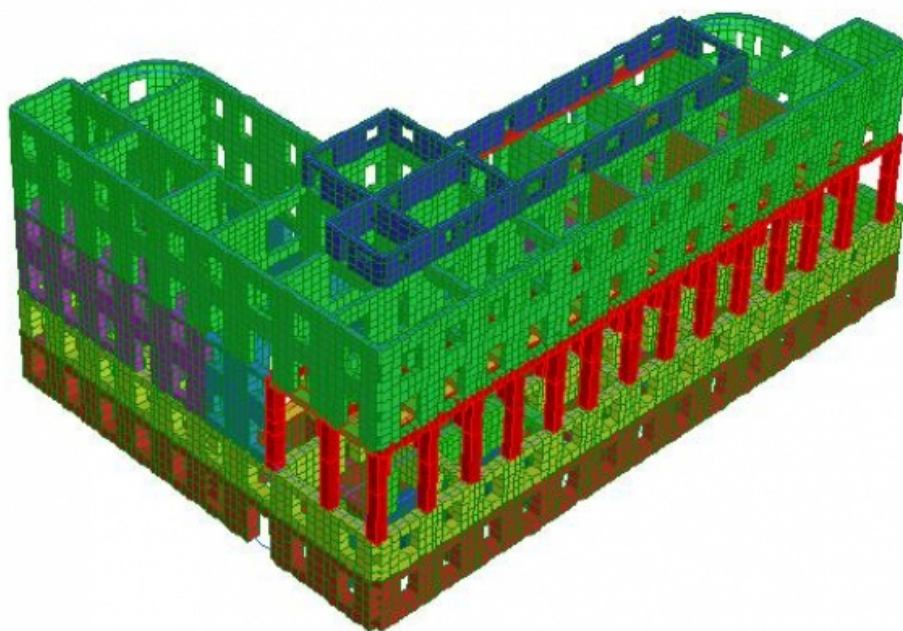


Figura 22 – Modello FEM

I microelementi, con cui si vogliono intendere i corpi murari singolarmente, con riferimento alla loro costituzione in termini di materiali e tipologia/tecnologia costruttiva (Figura 13).



Figura 23 - Esempi di murature

Paradossalmente le problematiche strutturali, sia quelle afferenti ai macroelementi, che quelle relative ai microelementi, si ripropongono sostanzialmente identiche: la muratura, nella formazione della struttura nel suo complesso, non è altro che la riproposizione degli stessi aspetti, in composizione via via più complessa. Questo a significare che, inquadrare le problematiche di base e trovata una soluzione, si può dire di aver trovato la chiave per mettere in sicurezza tutta la struttura con un approccio che a questo punto risulterà coerente e congruo.

Se ci si adopera, quindi, ad indagare per macrovoci tali meccanismi (nei due ordini di dettaglio cui si è fatto riferimento), procedendo dal grande verso il piccolo il collasso nelle costruzioni in muratura avviene per discretizzazione successiva del sistema resistente.

Il corpo di fabbrica, apparentemente connesso, tende ad articolarsi in macroelementi, ognuno dei quali offrirà, in modo troppo spesso poco efficiente, il suo contributo resistente. Ognuno soggetto e chiamato singolarmente a resistere ad azioni ribaltanti, taglianti e di sforzo normale.

Il singolo macroelemento, infatti, può anche essere estremamente efficace in termini di capacità (resistenza, rigidezza), ma la struttura nel suo complesso risulterà poco efficiente se non riesce a sfruttare al meglio, ovvero contestualmente, tutte le sue potenzialità nella contemporaneità dei contributi dei vari macroelementi disponibili: discretizzazione significa che ogni elemento risponde in modo autonomo senza concorrere con gli altri alla resistenza complessiva.

Quando un elemento strutturale, caratterizzato dalla scarsa propensione a portare sollecitazioni di trazione e solitamente con almeno una dimensione preponderante sulle altre due, viene investito da un'azione orizzontale, trova, nel cinematismo del ribaltamento, il suo schema di collasso più semplice. E la fisica dei corpi tende sempre a risparmiare energia ed a scegliere le vie più economiche per raggiungere i suoi obiettivi.

Consentire il collasso per equilibrio (ovvero per superamento dell'equilibrio) significa non fare minimamente riferimento alle riserve di resistenza dei materiali costituenti,

trascurando e disperdendo in questo modo una qualità intrinseca e preziosissima. Evitare il ribaltamento (globale e/o locale), ovvero superare il concetto di collasso per equilibrio, significa attivare la resistenza. L'idea statica di riferimento tra comportamento buono e cattivo è pertanto il concetto di scatola o di resistenza connessa. Nella connessione risiede quel contributo di iperstaticità che di per se stesso significa incremento del grado di vincolo, ovvero maggiore capacità resistente conseguente al contrasto al ribaltamento e quindi, come diretta conseguenza contemporaneità dei contributi resistenti.

Aspetti dello stesso tipo emergono dall'analisi del microelemento, che, nell'accezione che gli si conferisce in questo contesto, vuole rappresentare il singolo corpo o pannello murario.

Pensando ad un apparecchio murario fatto di pietre o elementi tondeggianti o appena sbozzati (a forze che passano quindi per contatti puntuali tra pietra e pietra), dove la malta, troppo spesso povera, riveste l'unica funzione di conferire equilibrio a componenti che altrimenti rotolerebbero giù di per se stessi, è chiaro che il meccanismo di collasso più immediato risiede nella dislocazione degli elementi lapidei senza che si abbia il coinvolgimento della loro capacità resistente.

Ancora una volta, quindi, un problema di equilibrio.

Riuscire ad implementare il collasso per resistenza significa di fatto forzare gli elementi strutturali ed i singoli elementi lapidei costituenti a rimanere al loro posto fino a che l'azione sia tale da comportare la rottura del materiale.

Si noti che, anche in condizioni di sopraggiunta rottura del materiale, si può ulteriormente tardare il collasso ponendo strategicamente in collaborazione caratteristiche complementari. Infatti si vedrà come questo possa essere ottenuto quando il primo materiale a rompersi viene soccorso dal contributo di un materiale più nobile.

## 4.2 Tipologie murarie: aspetti macroscopici caratteristici

Le murature si differenziano tra loro per molteplici aspetti di cui i principali possono richiamarsi nei seguenti:

Materiali

- pietra
- legante

Tradizione costruttiva

- tessitura
- apparecchiamento
- dimensionamento

### 4.2.1 MATERIALI: la pietra

Ogni struttura esistente è stata di fatto già pensata con riferimento al particolare materiale con cui la stessa è stata realizzata. I proporzionamenti pertanto sono orientati già all'efficienza maturata dall'esperienza pregressa di probabili molteplici insuccessi, da cui l'evoluzione della buona regola dell'arte e la conseguente testimonianza di una certa tipologia fino ai giorni nostri.

Parlare di rocce o mattoni, a meno di casistiche prestazionali estreme ha poca importanza a fronte invece della lavorazione delle pietre, della loro disposizione e/o del legante utilizzato nella realizzazione del manufatto nel suo complesso.

Di certo vale la pena sottolineare che costruire in mattoni portava ad una tessitura più ordinata, compatta e legata, in virtù della facilità di poter ordire composizioni efficienti dell'apparecchio murario. Lo stesso dicasi per quelle murature realizzate in pietra squadrata, dove la minore o maggiore prestazione meccanica della stessa alla fine riveste un ruolo secondario a fronte di un dimensionamento sovente esuberante rispetto allo strettamente necessario per i soli carichi gravitazionali. Inoltre l'ordine dell'ordito porta ad un ridotto impiego di malta ed anche questo aspetto, di per se stesso, conferisce prestazioni globalmente migliori rispetto quelle indotte dalla qualità specifica dell'elemento lapideo.

Ciò che pertanto è importante nella considerazione dei materiali è verificare se ci sia coerenza e continuità tra le resistenze nello sviluppo del corpo murario.

### **4.2.2 MATERIALI: il legante**

Nella maggior parte delle situazioni relative al costruito dei nostri centri storici, specialmente di quelli sparsi nelle zone più remote, il legante rappresenta la criticità maggiore.

Il legante, in esplicito contrasto al suo nome, più che a legare, nel termine che istintivamente porterebbe a pensare ad un efficace continuità di origine chimica riconducibile ad un efficiente incollaggio, si limitava a fornire la funzione di spessoramento, deputato a mantenere in equilibrio una pietra stondata raccolta nel greto del più vicino torrente. Pietra in diretto contatto con quella inferiore (ed in quel/quei punti di contatto transiterà il carico), ma che senza quel legante sarebbe magari rotolata direttamente a terra (ed ecco confermata l'esposizione del contesto strutturale al meccanismo di collasso per mancanza di equilibrio, piuttosto che per superamento di resistenza).

La compensazione del legante, nel senso di implementare le risorse portanti che mancano a quegli spessoramenti di malta assai poco prestanti, rappresenta quindi un obiettivo primario negli interventi di consolidamento strutturale dei manufatti in muratura.

### **4.2.3 Tradizione Costruttiva**

Ci si ritrova anche per questo aspetto nella condizione di non ritenere utile entrare nello specifico di dettaglio, volendo conservare una visione dalla problematica a tutto tondo del costruito. Costruire per composizione di elementi lapidei o considerabili tali (mattoni) significa rispettare delle leggi consolidate all'interno di margini operativi estremamente stretti: non si ha a disposizione trazione e tutto deve reggersi per gravità. E lì ove tale condizionamento non può essere rispettato bisogna ricorrere ad elementi integrativi (catene).

Una considerazione che risulta molto utile da fare è se, in quel determinato contesto ove ci si trovasse ad operare, si sia potuta formare una cultura del costruire antisismico, o viceversa se tutto sia stato più banalmente finalizzato a mantenere in piedi ciò che la gravità richiamerebbe a terra. Ed ovviamente a valle di tale verifica, confrontare quanto fatto in antico con le attuali conoscenze e se/come queste possano o meno comportare un

aggiornamento circa il grado di esposizione e quindi la conseguente valutazione di vulnerabilità e di rischio sismico.

#### **4.2.4 La struttura in muratura: meccanismi di collasso e macrocause**

Come si è già avuto modo di dire, la struttura muraria, nell'organizzare la sua capacità resistente, risente simultaneamente di aspetti legati sia al contesto globale (organizzazione strutturale) che al contesto locale (apparecchio murario).

Dando per acquisito che aspetti quali:

- scarse caratteristiche meccaniche del legante
- tessitura disordinata ed impiego di ciottolo di fiume o pietra stondata

se presenti, costituiscano una concausa al collasso che si ritiene ovvia, si analizzano di seguito modalità e cause più specifiche cui ricondurre l'origine del danno.

Si riassumono di seguito le modalità più tipiche di collasso, riferite a specifiche tipologie o schemi costruttivi, e le relative macrocause, legate alle carenze intrinseche di tali sistemi. Ciò non significa peraltro che alcune di tali cause non possano essere comuni anche a più categorie di dissesto.

##### **Eccessiva concentrazione di carico a seguito di azioni sismiche**

Irregolarità strutturale in pianta:

- attivazione di fenomeni torcenti
- cattiva ripartizione delle azioni taglianti tra i vari elementi resistenti

Irregolarità in altezza:

- attivazione di picchi di sollecitazione in corrispondenza delle quote di transizione (torri e/o campanili addossati a corpi tozzi e bassi)

Bassa connessione tra gli elementi strutturali:

- tra le pareti
- tra le travi di solaio e le pareti
- tra le travi di cordolo e le pareti sottostanti
- cattiva collaborazione tra tali elementi nel ripartire i carichi

Eccessiva deformabilità degli orizzontamenti:

- cattiva capacità di ripartizione delle azioni tra le pareti di contorno

##### **Disarticolazione caotica del corpo murario**

Muri a doppio paramento:

- singolo paramento non sufficientemente potente



- mancanza di diatoni o presenza insignificante di collegamenti trasversali
- riempimento in materiale sciolto e quindi spingente
- forte eccentricità dei carichi verticali [le travi di solaio poggiano solo sul paramento interno)

Murature a tutto spessore:

- apparecchiamento caotico del pietrame
- utilizzo di pietrame liscio non squadrato
- rilevante presenza di pietrame di piccole dimensioni
- letti di malta eccessivamente spessi
- presenza di situazioni fortemente disomogenee in termini di rigidezza quali:
- apertura e chiusura vani con materiale e modalità difformi dal corpo-originale,
- iniezioni non uniformi,
- intonaco armato,
- ...

### **Lesionamento per taglio**

Scorrimento sul letto di malta per sezionamento secondo un piano orizzontale:

- malta povera o molto debole rispetto alle caratteristiche della componente lapidea disposta sufficientemente ordinata per ricorsi orizzontali
- scarso ingranamento per basso carico verticale

Scorrimento sul letto di malta per sezionamento lungo una linea inclinata:

- malta povera o molto debole rispetto alle caratteristiche della componente lapidea
- buon ingranamento degli elementi lapidei

Rottura contestuale della pietra e del letto di malta:

- ottimo proporzionamento delle caratteristiche meccaniche dei materiali impiegati
- buon apparecchiamento della muratura in grado di garantire un sufficiente ingranamento della componente lapidea

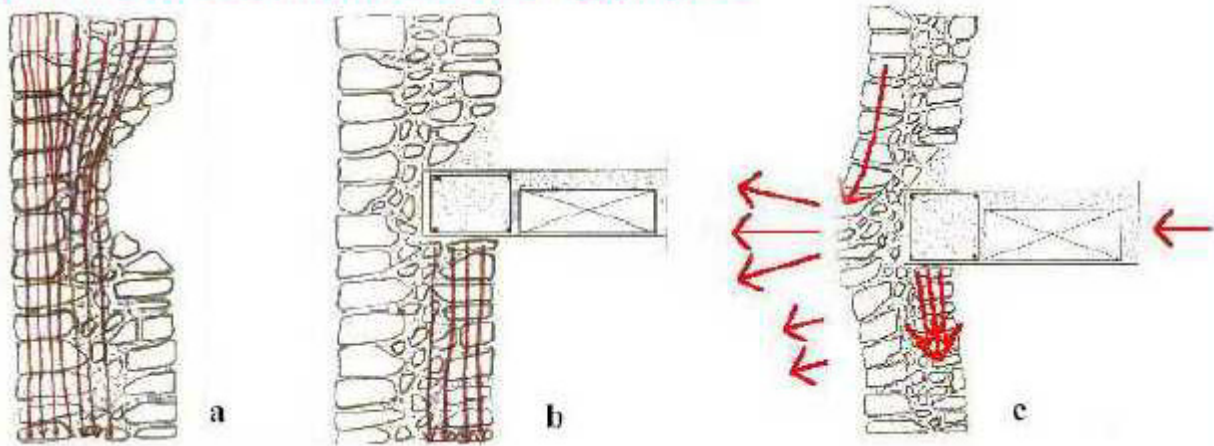


Figura 24 - Cordolo in breccia: alterazione del flusso tensionale e del comportamento d'insieme

### Distacco tra pareti

- mancanza di ammassamento tra pareti ortogonali
- bassa connessione tra solai e pareti di contorno (la parte spingente agisce sul solaio, che non essendo ancorato alle pareti laterali strappa la parete opposta)
- assenza di incatenamento

### Ribaltamento

- mancanza di ammassamento con le pareti ortogonali
- mancanza di elementi di cordolatura

NOTA: attenzione, elementi di cordolatura realizzati per sgrottamento della parete (in breccia) solitamente arrecano più danno che beneficio

- luce di inflessione eccessiva
- presenza di orizzontamenti (volte) e/o coperture spingenti
- presenza di masse libere (solai non ammassati) in quota
- punzonamento delle travi di solaio quando non correttamente ammassate alle pareti, abbinate a solaio poco rigido
- presenza di masse spingenti (pareti ortogonali troppo flessibili)
- assenza di incatenamenti
- ringrossi in quota

## 4.3 COMPORTAMENTO A SCATOLA

### 4.3.1 Principi base di riferimento

Si fa riferimento ad un'immagine ben nota a tutti al fine di consolidare quel concetto che è alla base della massimizzazione delle capacità resistenti e di buon comportamento di una struttura muraria, per vedere, subito dopo, quante sottili e preziose considerazioni ne possano scaturire.

Prendiamo quindi la classica scatola da scarpe e togliamone il coperchio: otterremo una struttura composta da un pavimento e quattro pareti. Facciamo ora alcune considerazioni, simulando le azioni cui può essere soggetta una simile costruzione:

1. gli spigoli, dando continuità alla struttura, conferiscono alle pareti il vincolo al ribaltamento, che in queste condizioni, si presenta come unico;
2. spingere con un dito sul colmo di una delle pareti in posizione centrale comporterà la deformazione fuori dal piano del profilo, ma non certo il ribaltamento della parete (si noti che in questo caso stiamo facendo riferimento anche al comportamento elastico del setto di cartone, che nella realtà non ci è dato prendere in conto);
3. altresì, se si prova a spingere lungo una diagonale, otterremo una deformazione sghemba del profilo di colmo con deformazione di tutte e quattro le pareti (immaginiamo l'azione/spinta di un campanile sullo spigolo di una canonica);
4. ricollocando il coperchio le deformabilità dei punti 2 e 3 verranno eliminate; esso costituisce infatti un ulteriore vincolo che viene conferito alle pareti a contrastare le azioni fuori dal piano: una utile iperstaticità, che comporterà un notevole incremento dell'azione del nostro dito se volessimo ottenere, per dire, la stessa deformazione fuori dal piano del punto baricentrico del setto raggiunta al punto 2 (vale la pena sottolineare che per essere veramente utile ogni iperstaticità deve essere valida in entrambi i versi, cosa che il coperchio non è in grado di realizzare);
5. se provassimo a cucire lo spigolo del coperchio al profilo di colmo della scatola otterremmo a questo punto la continuità totale tra gli elementi strutturati e, a meno di prendere in considerazione le caratteristiche resistenti di ogni componente, avremo ottenuto il massimo delle capacità in termini di resistenza/stabilità della nostra struttura.

#### 4.3.1.1 Considerazioni di carattere strutturale conseguenti

Il collegamento lungo gli spigoli:

1. avere certezza della continuità tra pareti di spigolo (ma anche tra pareti ortogonali) significa avere certezza di un buon apparecchiamento murario: pietre angolari intercalate e giustapposte, ovvero pietre di cucitura, nel caso di pareti ortogonali intermedie;
2. non potendo fare riferimento sul comportamento elastico della parete per azioni fuori dal piano, sappiamo che una potenza (spessore) sufficiente della parete, unita ad una lunghezza proporzionalmente non eccessiva, può innescare un comportamento ad arco in grado di concorrere alla stabilità al ribaltamento;

*NOTA: in merito alle considerazioni esposte bisogna contestualmente accertarsi anche della qualità dell'aggregato per scongiurare che, anche a fronte di un buon ammorsamento di spigolo, si abbia il distacco sulla linea verticale appena a ridosso dello spigolo stesso, ovvero che, a fronte dell'effetto arco, si abbia l'esplosione dell'apparecchio murario soggetto a compressione.*

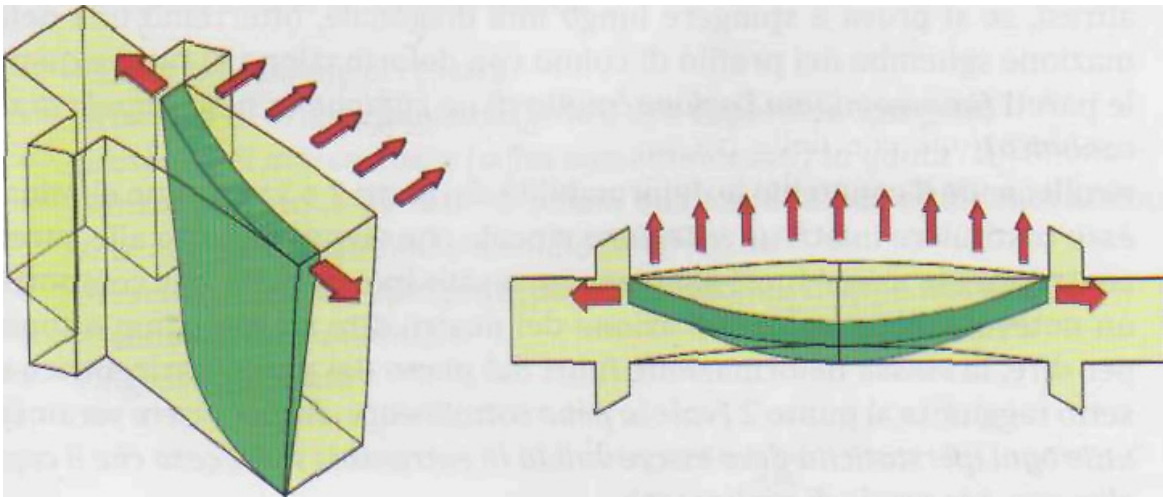


Figura 25 - AZIONI FUORI DAL PIANO attivazione del comportamento resistente ad arco. In verde, qualitativamente, il volume di materiale impegnato nella formazione dell'arco

3. un'azione lungo la diagonale ha un effetto locale fortemente disgregante sulla continuità di spigolo direttamente sotto carico, in quanto soggetto ad una consistente azione di trazione, cui la muratura può opporsi con grande difficoltà; inoltre le pareti, specialmente sul profilo di colmo, vengono soggette ad una azione flettente fuori dal piano.

*NOTA: risulta evidente da quanto appena detto che oltre le considerazioni legate al comportamento GLOBALE (vincoli e relazioni tra elementi strutturali contigui e corpi di fabbrica), il perseguire l'integrità del corpo murario (coesione/connessione in contrasto alla disgregazione) significa consentire anche l'attivazione di quei fenomeni (quali la risposta elastica dei materiali), che sebbene possano considerarsi del secondo ordine, risultano pur tuttavia essenziali all'integrità complessiva; quanto detta può essere schematizzato come segue, mediante una serie di logiche conseguenze: ritardo delle rotture - richiesta di maggiore energia per il collasso - miglioramento della risposta globale - capacità di resistere ad eventi di maggiore intensità - miglioramento della risposta sismica e strutturale.*

### **L'effetto dell'orizzontamento**

4. un solaio ben ammortato lungo il profilo e rigido nel suo piano, una copertura non spingente ben ammortata e rigida nella sua proiezione orizzontale, un cordolo ben ammortato e con un comportamento a telaio sufficientemente rigido, tutti e tre il più leggeri possibile, realizzano quel grado di vincolo in più, capace di ridurre la deformabilità della struttura e di conferire un comportamento significativamente migliore nei confronti delle azioni globali che possono investirla;

5. vale la pena soffermarsi sulla considerazione che delle tre soluzioni di richiusura del profilo di colmo, solo il cordolo (se ben ammortato e reso continuo strutturalmente e funzionalmente alla muratura sottostante) realizza naturalmente un vincolo bilatero; ne discende che: nelle strutture in muratura realizzare vincoli bilateri con solai o coperture DEVE significare preoccuparsi dell'arpionatura degli elementi portanti (travi e capriate) alle pareti di appoggio, ma anche della legatura delle pareti ortogonali in semplice contatto.

### **4.3.2 Continuità strutturale**

Continuità strutturale locale, con riferimento ad esempio alle pareti a doppio paramento, significa conferire una consistenza continua ad una impostazione discreta. Ovvero, a fronte di qualsiasi tipo di azione esterna, non si avrà al più il concorso in parallelo di tre realtà (i due paramenti più il riempimento), ma la risposta di un corpo connesso con ben altra rigidità e capacità resistente. La continuità è inoltre importante per stemperare effetti del secondo ordine conseguenti ad eccentricità di carico (travi di solaio che gravano solo sul paramento interno), contrastando l'azione esterna con inerzie di altro ordine di grandezza e di efficienza.

Nel caso specifico delle murature a doppio paramento, si enfatizza infine l'efficacia di rendere continui e compatti gli apparecchi murari, anche in virtù del fatto che in questo modo viene contrastata la spinta interna dovuta al riempimento, solitamente realizzato in materiale sciolto.

È implicito in queste considerazioni che per garantire la continuità sia necessario predisporre robusti collegamenti tra i paramenti e che gli stessi debbano essere in grado di opporsi con sufficiente resistenza ed affidabilità alle azioni espulsive che possono insorgere per le azioni esterne.

Per quanto riguarda il concetto di continuità strutturale globale, il ruolo e l'importanza che gli competono ai fini della massimizzazione della risposta sismica sono fortemente correlati al concetto di duttilità.

La possibilità di disporre o meno di duttilità strutturale stravolge ogni ipotesi di comparazione sulla capacità resistente, intesa come forza limite in grado di essere sopportata prima del collasso, riferito ad una struttura nel suo complesso.

In mancanza di duttilità strutturale, come di fatto è la condizione della stragrande maggioranza delle strutture murarie, la risposta alle azioni sismiche è condizionata alla resistenza seriale scandita dalla graduatoria in termini di rigidità. Semplifichiamo il discorso: se si immagina una forzante monotonica, questa ricerca il suo equilibrio nella sollecitazione dell'elemento più rigido. Se si supera la resistenza limite, ovvero se la resistenza incontrata non è sufficiente, non si hanno più riserve per l'elemento coinvolto e si arriva alla rottura, che per le caratteristiche del materiale sarà di tipo fragile; l'azione si trasferisce quindi sul successivo elemento in ordine di rigidità.

In questi termini la resistenza strutturale coinciderà con la resistenza dell'elemento più rigido: immaginando, come spesso accade, che a maggiore rigidità corrisponda maggiore resistenza ecco che al collasso del primo elemento segue pertanto l'innescò del collasso strutturale.

In presenza di duttilità, invece, al raggiungimento del carico limite dell'elemento più rigido, corrisponde un cedimento a carico costante. Questo consente al secondo elemento coinvolto di poter sommare il suo contributo resistente a quello del primo, e via via andando avanti, se la duttilità globale disponibile lo consente, si può arrivare a mobilitare tutta la resistenza che la struttura può globalmente offrire, ovvero si arriva a disporre della capacità resistente massima possibile.

Considerando che un terremoto, per quanto riguarda il coinvolgimento strutturale, rappresenta una immissione di energia che deve essere dissipata in termini di lavoro interno, ecco che avere da una parte mobilitato la massima forza reagente possibile e, dall'altra, poter contare su un consistente spostamento strutturale sotto tale azione, significa avere attinto alla massima quantità di energia che la struttura sia in grado di dissipare, ovvero al massimo lavoro che sia in grado di compiere.

Questo a beneficio della massima sicurezza perseguibile nel contrastare il collasso e, quindi, nel preservare la vita umana. Ovviamente orientarsi verso tale approccio risulta assai rispondente anche alla strategia della limitazione del danno e pertanto si rivela decisamente vincente nei confronti dell'adeguamento sismico.

In conclusione bisogna tendere a rendere continue le strutture, nei loro aspetti sia globali, che locali, ma contestualmente bisogna cercare di conferire anche la massima duttilità possibile al fine di massimizzare la risposta e minimizzare i danni.

### 4.3.3 Collegamenti fra pareti

La problematica della continuità tra pareti merita alcune considerazioni di carattere specifico.

Collegare efficacemente le pareti lungo i profili di contatto significa conferire quei gradi di vincolo vitali per attivare nei pannelli murari un comportamento da corpo elastico, uscendo quindi dall'ambiente della meccanica dei corpi rigidi, dove essi si trovavano in balia del solo equilibrio al ribaltamento. Significa inoltre, consentire l'attivazione di quei comportamenti/meccanismi del secondo ordine in grado di mobilitare preziosissime riserve di resistenza oltre il poter contare su inerzie nettamente differenti.

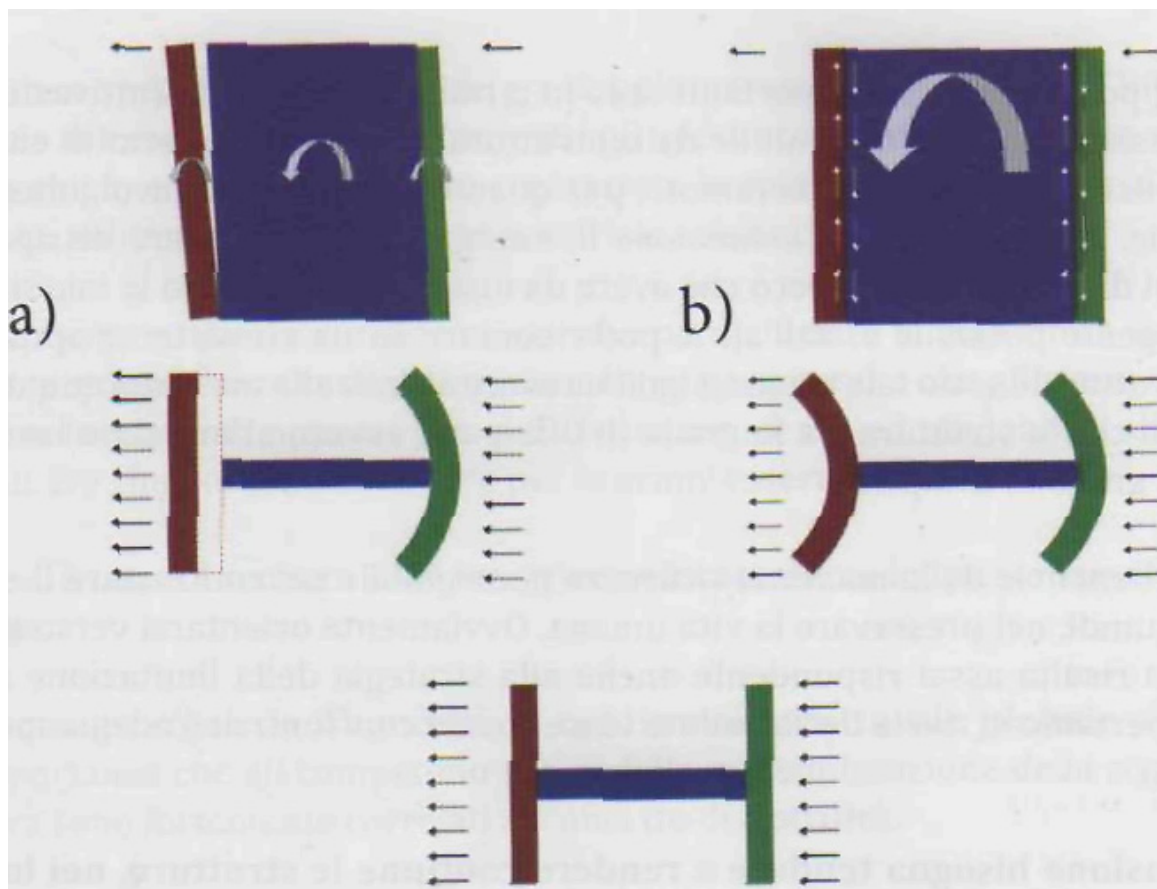


Figura 26 – a) Azione nel piano della parete di spina. Assenza di collegamenti tra i pannelli  
b) Azione nel piano della parete di spina. Presenza di collegamenti tra i pannelli

Per fare un facile esempio, immaginiamo una parete di spina e le due pareti di facciata. In mancanza di collegamento, il meccanismo di collasso per le due diverse direzioni dell'azione esterna avverrà come di seguito esposto.

#### 1. Mancanza di collegamento - Azione nel piano della parete di spina (Fig. 15.a)

- a. La parete sotto carico (verde) reagirà per prevalente flessione (ribaltamento) e si appoggerà alla parete di spina (blu);
- b. non potendo fare riferimento ad un efficace collegamento non è ipotizzabile il trasferimento di significative azioni taglianti lungo la superficie di contatto con la parete di spina;
- e. la parete di facciata pertanto si appoggia alla parete di spina e rappresenta semplicemente ed unicamente un carico passivo;
- d. la parete di facciata sopra carico (rossa) strappa e tende a ribaltarsi verso l'esterno senza risentire del contributo portante della parete di spina.



Figura 27 – (a sinistra) Azione ortogonale alla parete di spina. Assenza di collegamenti tra i pannelli    Figura 28 – (a destra) Azione ortogonale alla parete di spina. Presenza di collegamenti tra i pannelli

## 2. Mancanza di collegamento - Azione ortogonale al piano della parete di spina fg.27

- a. In mancanza di un efficace collegamento in grado di assicurare un vincolo, la parete di spina tende a ribaltarsi.
  - b. Le pareti di facciata rispondono autonomamente assorbendo l'azione esterna prevalentemente per taglio (la flessione agisce nel piano di massima inerzia).
- In queste condizioni la struttura si presenta come un sistema di tre corpi indipendenti e l'unico aiuto reciproco attivabile risiede nella possibilità che un corpo (la parete di facciata sotto carico) incontri, nel suo cinematiso di ribaltamento, il supporto del corpo ortogonale (parete di spina).

Alternativamente, in presenza di collegamento, il meccanismo resistente si presenta in tutt'altro modo.

## 1. Presenza di collegamento - azione nel piano della parete di spina fg.28

- a. Entrambe le pareti di facciata gravano con la loro azione sulla parete di spina.
- b. La presenza di collegamento lungo le superfici di contatto fa sì che si possano attivare sollecitazioni di taglio e pertanto è lecito considerare:
  - i. Nella resistenza a taglio un incremento di lunghezza della parete spina pari agli spessori delle pareti di facciata, ii. Nella risposta flessionale globale la possibilità di fare



riferimento all'inerzia di un profilo a doppio T, considerando lecito, ad ogni estremità, poter coinvolgere una larghezza d'ala per ogni lato almeno pari allo spessore delle pareti di facciata.

## **2. Presenza di collegamento - azione ortogonale al piano della parete di spina (Fig.17)**

a. Le due pareti di facciata, coinvolte nel piano di massima resistenza, saranno in grado di sostenere il carico indotto dall'azione agente sulla parete di spina nella misura della loro capacità e del grado di vincolo che il collegamento stesso riuscirà di realizzare.

b. La parete di spina si troverà con almeno tre allineamenti di vincolo e potrà attivare un effetto resistente ad arco nel suo spessore all'innescò della deformata flessionale.

A fronte di questo meccanismo resistente di qualità ben superiore, va però detto che possono attivarsi concentrazioni di carico e/o di sollecitazione cui bisogna fare attenzione. In particolare: per azioni nel piano, la maggiore azione tagliante sulla parete di spina comporta una biella compressa più sollecitata; per le azioni ortogonali si attivano, per effetto flessionale, sollecitazioni di trazione che, se potessero essere assorbite, rappresenterebbero un meccanismo resistente di assai maggiore efficacia.

## **4.4 La Compatibilità Strutturale**

Perseguire la compatibilità strutturale garantisce l'affidabilità dell'intervento e la durabilità nel tempo. Essa deve riguardare:

la compatibilità tra i materiali:

- **compatibilità chimica**

- effetti corrosivi (es. indotti da un intonaco di calce su una armatura in acciaio al carbonio)
- degrado/invecchiamento di collanti
- adesione
- essudazione con formazione di infiorescenze saline
- conseguenze a lungo termine sull'integrità del manufatto originario (es. l'uso improprio di resine/malte espansive può portare alla fratturazione dell'impianto originario)
- compatibilità ambientale

- **compatibilità meccanica**

- resistenza
- rigidità
- affidabilità prestazionale delle interfacce
- risposta termica
- affidabilità temporale, invecchiamento

**la compatibilità tecnologica:**

- bilanciamento delle resistenze, ad evitare elevate concentrazioni di carico sul manufatto

- bilanciamento delle rigidità, per garantire una efficace collaborazione tra le parti ed un corretto comportamento globale
- affidabilità prestazionale delle interfacce
- affidabilità prestazionale degli ancoraggi e controllo della diffusione degli effetti sul manufatto
- conseguenze inerenti la compatibilità termica
- conseguenze a lungo termine sull'integrità del manufatto (es. innesco di lesioni)

#### 4.4.1 la Compatibilità Formale

Si rientra nel campo della ricerca di un compromesso tra le differenze di percezione causate dall'intervento, tra ante e post operati.

Ci si muove tra due estremi:

- l'intervento **celato**: che prevede il perfetto reintegro dell'ante operati (es.: la ricostruzione del naso della Madonna della Pietà del Michelangelo dopo l'attentato del 1972);
- l'intervento **esplicito**: visibile e pienamente interpretabile come *altro*, di altra epoca, di tecnologia postuma, con una sua valenza formale ed estetica, ospitato, integrato, ma con una propria evidente *personalità*.

Compatibilità formale può, però, anche significare ripercorrere forme antiche, o acquisite, con tecnologie nuove, materiali nuovi. Un esempio possono essere gli incatenamenti o alcune esperienze di cerchiaggio.

Appartiene al concetto di compatibilità formale anche la dissimulazione.

In qualche modo può dirsi che tutto sia lecito purché contestualizzato, ragionato, condiviso, calato con ragionevolezza e rispetto nel contesto.

#### 4.4.2 La Reversibilità

Il concetto di reversibilità è in diretta sovrapposizione con quello di responsabilità culturale. Consentire la reversibilità, non va inteso come atteggiamento di fuga, ma di rispetto del manufatto ("Se domani qualcosa funzionerà meglio, potrà essere sostituito!"). Significa operare in modo da garantire la testimonianza a noi pervenuta e della cui durata dobbiamo farci carico nel modo più indolore possibile.

Bisogna tenere presente che intervenire significa manomettere. È pertanto doveroso farlo in modo che il prezzo della manomissione, a fronte dei vantaggi che essa comporta, sia il più limitato possibile. E che la tecnologia applicata, se per qualsiasi motivo dovrà essere rimossa, lasci il minor numero di cicatrici e magari anche lievi.

### **4.4.3 La Durabilità**

Il concetto di vita utile, rispetto al quale, in termini ingegneristici ed economici, si calibra un progetto e la realizzazione di un'opera, deve necessariamente assumere una valenza diversa quando si operi in un contesto che è già testimone di secoli e che si vuole preservare per secoli.

Durabilità è quindi un concetto che trova il suo compimento nella competenza tecnologica, di scelta dei materiali e delle tecnologie, della loro posa in opera ed affonda le radici e la sua consistenza nella combinazione di tutti i concetti precedentemente esposti.

### **4.4.4 L'Interpretabilità**

È un concetto poco rimarcato e forse anche poco compreso, ma invece molto importante in quanto può essere foriero di nefaste conseguenze, inficiando tutte le buone intenzioni perseguite nel rispetto degli aspetti fin qui presentati.

È un concetto che guarda in avanti. Che si preoccupa di chi domani dovesse intervenire a fare qualcos'altro, oltre o in sostituzione di quello che abbiamo fatto noi oggi.

Consentire una lettura immediata del ruolo strutturale di un intervento da la possibilità di abbracciare la struttura nel suo complesso e di interpretarne il corretto funzionamento.

Anche in questo caso non si ritiene opportuno fissare regole rigide, ma certo il problema di consentire e/o garantire lettura, a futura memoria, degli interventi che vengono realizzati su un manufatto, è di per se stesso garanzia della sua corretta conservazione nel tempo.

### **4.4.5 Le filosofie di rinforzo**

#### **4.4.5.1 Il rinforzo in parallelo**

Con questa accezione si intende una struttura che si inserisce nel contesto resistente originario, in abbinamento a questo, con proprie autonome caratteristiche portanti.

L'immagine più evidente è rappresentata dalle opere di puntellamento, ma possono essere anche travi in affiancamento, elementi resistenti posti nelle spessore di murature e via dicendo.

Il rinforzo in parallelo di solito altera significativamente l'impianto originario. A tutti i livelli, formali e sostanziali.

Molta attenzione va posta all'interfaccia tra vecchio e nuovo ed a prevedere correttamente come le due realtà strutturali collaboreranno o si intendono far collaborare, immaginando operazioni di trasferimento di carico all'atto della messa in funzione.

L'interazione può essere fortemente condizionata dai rapporti di rigidità, dalle difformità dei materiali, dalla variazione della risposta in relazione alle mutate condizioni di carico.

#### 4.4.5.2 Il rinforzo collaborante PASSIVO

Rientrano in questa categoria tutti quegli interventi di rinforzo che potremmo definire in prima battuta intenzionali o potenziali.

Un rinforzo passivo infatti non interviene in via immediata in concorso con la struttura su cui viene applicato. Il concetto stesso di passivo sta infatti a rappresentare che al momento della posa in opera esso viene posizionato scarico. È qualcosa quindi che viene appoggiato alla struttura.

Il limite di tale filosofia d'intervento, ove quanto stiamo per dire abbia senso, risiede nella necessità di un incremento di degrado del corpo originario, prima che l'intervento cominci a far sentire il suo effetto. Tale aspetto è significativamente in contrasto con il concetto di reversibilità.

A titolo esemplificativo, e sono state fatte esaurienti sperimentazioni a tal proposito, se si confina/cerchia in modo passivo un pilastro esso non risentirà dell'effetto di confinamento e della maggiore capacità portante conseguente fintantoché, per un eccesso di carico rispetto a quello attuale, non subirà un cedimento (che lo porterà a spanciarsi e quindi ad accorgersi che qualcosa è pronto a concorrere per evitarne il collasso).

Il rinforzo passivo rientra quindi nei rinforzi a collaborazione di sicurezza e pertanto non possono/devono configurarsi nei rinforzi reversibili in senso stretto

#### 4.4.5.3 Il rinforzo collaborante ATTIVO

Il rinforzo collaborante si definisce attivo quando viene posto in opera in coazione con l'elemento da rinforzare.

Riprendendo, per chiarezza di raffronto, l'analogia con il pilastro del paragrafo precedente, mettere in coazione un dispositivo di confinamento, significa imprimere alla struttura uno stato di compressione laterale che si traduce in un doppio vantaggio:

immediatamente, in un incremento di portanza verticale (in misura uguale all'entità della coazione, se sufficientemente uniforme nello sviluppo del pilastro) successivamente, predispone la struttura complessa (elemento originale + dispositivo di confinamento) a sopportare incrementi di carico in simbiosi strutturale: entrambe le strutture agiscono come fossero una e, in virtù della rigidità del confinamento (solitamente sempre sufficiente), si conserva un comportamento elastico dell'intero sistema anche e ben oltre il limite elastico del pilastro originale.

In queste condizioni, qualora ci si trovasse nell'esigenza di rimuovere l'intervento di rinforzo successivamente alla sperimentazione di un sovraccarico, non si correrebbe il rischio di ritrovarsi un pilastro non più in grado di sopportare il carico originale. Lo stesso infatti si presenterebbe integro pur avendo sostenuto sollecitazioni ben oltre quella massima che, in autonomia, sarebbe stato in grado di portare.

## 4.4.6 L approccio progettuale

Prima di procedere con l'esposizione delle formulazioni analitiche a supporto dell'impiego del sistema, vale la pena inquadrare il percorso logico che governa una corretta impostazione progettuale.

Quanto di seguito è presentato con riferimento al miglioramento sismico considerando che tale problematica di fatto contenga in se anche quella del semplice consolidamento.

### 4.4.6.1 Caratterizzazione della struttura nello stato di fatto

Particolare attenzione in tale fase è da riservarsi all'analisi del manufatto.

Secondo il criterio normativo, oltre che secondo il buon senso, la caratterizzazione della struttura passa attraverso la duplice conoscenza da un lato dei materiali costituenti, dall'altro della geometria, dei dettagli costruttivi della struttura e delle interferenze/connessioni con il contesto.

Un attento rilievo visivo della struttura rappresenta il primo importante passo verso una corretta progettazione.

Una puntuale e meticolosa analisi dello stato fessurativo e del danno porta all'individuazione delle principali carenze su cui è necessario intervenire.

Va quindi presa in considerazione la storia del manufatto, ovvero la sua evoluzione dal primo impianto fino alla situazione attuale, per trarne le dovute considerazioni relativamente alle interconnessioni tra corpi ed alle discontinuità conseguenti.

Tali analisi sono propedeutiche a qualsivoglia modellazione dell'edificio eseguibile attraverso i software di calcolo in commercio.

Per ulteriori approfondimenti si rimanda a quanto esposto nella Circolare Applicativa C8A delle NTC2008, relativamente all'approccio da adottare per la caratterizzazione della struttura nello stato di fatto. In particolare, con riguardo all'approfondimento della conoscenza strutturale del manufatto, vengono a definirsi dei Livelli di Conoscenza, dai quali è possibile stabilire i coefficienti correttivi da adottare sia per i parametri caratteristici dei materiali (decremento delle resistenze) che per le azioni sollecitanti (amplificazioni delle azioni), noti come Fattori di Confidenza.

Nel seguito se ne riportano le tabelle riassuntive relative rispettivamente ai Livelli di Conoscenza e ai parametri meccanici di riferimento per i diversi materiali, ben note ai professionisti.

Livello di Conoscenza	Geometria	Dettagli costruttivi	Proprietà dei materiali	Metodi di analisi	FC
LC1	Rilievo muratura, volte, solai, scale. Individuazione carichi gravanti su ogni elemento di parete Individuazione tipologia fondazioni. Rilievo eventuale quadro fessurativo e deformativo	verifiche in situ limitate	Indagini in situ limitate Resistenza: valore minimo di Tabella C8A.2.1 Modulo elastico: valore medio intervallo di Tabella C8A.2.1	Tutti	1.35
LC2			Indagini in situ estese Resistenza: valore medio intervallo di Tabella C8A.2.1 Modulo elastico: media delle prove o valore medio intervallo di Tabella C8A.2.1		1.20
LC3		verifiche in situ estese ed esaustive	Indagini in situ esaustive -caso a) (disponibili 3 o più valori sperimentali di resistenza) Resistenza: media dei risultati delle prove Modulo elastico: media delle prove o valore medio intervallo di Tabella C8A.2.1 - caso b) (disponibili 2 valori sperimentali di resistenza) Resistenza: se valore medio sperimentale compreso in intervallo di Tabella C8A.2.1, valore medio dell'intervallo di Tabella C8A.2.1; se valore medio sperimentale maggiore di estremo superiore intervallo, quest'ultimo; se valore medio sperimentale inferiore al minimo dell'intervallo, valore medio sperimentale. Modulo elastico: come LC3 – caso a). -caso c) (disponibile 1 valore sperimentale di resistenza) Resistenza: se valore sperimentale compreso in intervallo di Tabella C8A.2.1, oppure superiore, valore medio dell'intervallo; se valore sperimentale inferiore al minimo dell'intervallo, valore sperimentale. Modulo elastico: come LC3 – caso a).		1.00

Figura 29 – Livelli di conoscenza in funzione dell'informazione disponibile e conseguenti valori dei fattori di confidenza per edifici in muratura

#### 4.4.6.2 Caratterizzazione meccanica della muratura

Nel calcolo delle strutture in muratura le normative vigenti forniscono utili informazioni circa le caratteristiche meccaniche delle muratura nonché dei coefficienti correttivi in funzione delle caratteristiche di tessitura e realizzazione delle stesse e di eventuali interventi di rafforzamento.

Verranno analizzate le informazioni fornite dalle norme e si cercherà di trarre considerazioni aggiuntive per un buon utilizzo delle stesse specialmente dove queste possano essere, a causa delle evidenti e necessarie semplificazioni adottate, erroneamente interpretate o utilizzate.

Di seguito verranno riportate integralmente alcune parti tratte dalla normativa NTC/2008 e dalla Circolare 617/2009. Le stesse saranno scritte in corsivo a differenza del testo di commento e/o integrativo con il quale si intende fornire chiarimenti di merito.

### Valori di riferimento delle Caratteristiche meccaniche della muratura

Si riporta la tabella della Circolare 617/2009 in cui sono indicati i valori di riferimento delle principali caratteristiche meccaniche utilizzabili nelle analisi.

Tabella C8A.2.1 - Valori di riferimento dei parametri meccanici (minimi e massimi) e peso specifico medio per diverse tipologie di muratura, riferiti alle seguenti condizioni: malta di caratteristiche scarse, assenza di ricorsi (listature), paramenti semplicemente accostati o mal collegati, muratura non consolidata, tessitura (nel caso di elementi regolari) a regola d'arte;  $f_m$  = resistenza media a compressione della muratura,  $\tau_0$  = resistenza media a taglio della muratura, E = valore medio del modulo di elasticità normale, G = valore medio del modulo di elasticità tangenziale, w = peso specifico medio della muratura

Tipologia di muratura	$f_m$	$\tau_0$	E	G	w (kN/m <sup>3</sup> )
	(N/cm <sup>2</sup> )	(N/cm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	
	Min-max	min-max	min-max	min-max	
Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)	100	2,0	690	230	19
	180	3,2	1050	350	
Muratura a conci sbozzati, con paramento di limitato spessore e nucleo interno	200	3,5	1020	340	20
	300	5,1	1440	480	
Muratura in pietre a spacco con buona tessitura	260	5,6	1500	500	21
	380	7,4	1980	660	
Muratura a conci di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.)	140	2,8	900	300	16
	240	4,2	1260	420	
Muratura a blocchi lapidei squadrati	600	9,0	2400	780	22
	800	12,0	3200	940	
Muratura in mattoni pieni e malta di calce	240	6,0	1200	400	18
	400	9,2	1800	600	
Muratura in mattoni semipieni con malta cementizia (es.: doppio UNI foratura $\leq 40\%$ )	500	24	3500	875	15
	800	32	5600	1400	
Muratura in blocchi laterizi semipieni (perc. foratura < 45%)	400	30,0	3600	1080	12
	600	40,0	5400	1620	
Muratura in blocchi laterizi semipieni, con giunti verticali a secco (perc. foratura < 45%)	300	10,0	2700	810	11
	400	13,0	3600	1080	
Muratura in blocchi di calcestruzzo o argilla espansa (perc. foratura tra 45% e 65%)	150	9,5	1200	300	12
	200	12,5	1600	400	
Muratura in blocchi di calcestruzzo semipieni (foratura < 45%)	300	18,0	2400	600	14
	440	24,0	3520	880	

Figura 30 – Valori indicati secondo normativa vigente per le principali tipologie murature

I moduli di elasticità normale E e tangenziale G sono da considerarsi relativi a condizioni non fessurate, per cui, in relazione al tipo di analisi condotta, le rigidezze dovranno essere opportunamente ridotte.

Tale riduzione è generalmente assunta pari al 50% (vd p.to 4.1.1.1 e 7.8.1.5.2 delle NTC 2008).

NOTA: nell'analisi push-over, qualora il comportamento del pannello murario sia descritto con l'intero sviluppo della curva  $M-\varphi$ , i parametri meccanici  $E$  e  $G$  vanno presi con il loro valore pieno. Nelle analisi con spettro di risposta si deve invece considerare il comportamento finale della muratura fessurata e pertanto i valori relativi devono essere ridotti al 50%.

Le prime sei tipologie sono identificate come quelle comunemente riscontrate su murature storiche le quali sono da riferirsi a condizioni di muratura con:

- Malta di scadenti caratteristiche
- Giunti non particolarmente sottili
- Assenza di ricorsi o listature
- Muratura non consolidata
- I paramenti risultano semplicemente accostati o mal collegati
- Tessitura (nel caso di elementi regolari) a regola d'arte

Inoltre per esse valgono le seguenti precisazioni (fermo restando che tutto quanto di seguito esposto è delegato alla sensibilità del progettista):

- La muratura è costituita da due paramenti accostati, o con nucleo interno di limitato spessore (inferiore allo spessore del paramento).
- Solo nel caso di Muratura a conci sbozzati e Muratura in mattoni pieni è implicita la presenza di un nucleo interno anche significativo, ma di discrete caratteristiche, nel qual caso si possono omettere le penalizzazioni di cui al punto seguente.
- Nel caso in cui il nucleo interno sia di elevato spessore rispetto ai paramenti e/o particolarmente scadente è opportuno ridurre i parametri di resistenza e deformabilità, attraverso una omogeneizzazione delle caratteristiche meccaniche nello spessore.

In assenza di valutazioni più accurate è possibile penalizzare i suddetti parametri attraverso il coefficiente riportato in Tabella C8A.2.2.

- I valori indicati per le murature regolari sono relativi a casi in cui la tessitura rispetta la regola dell'arte.
- Nei casi di tessitura scorretta (giunti verticali non adeguatamente sfalsati, orizzontalità dei filari non rispettata), i valori della tabella devono essere adeguatamente ridotti.

NOTA: si rimarca che la normativa non dà esplicite valutazioni, ma si limita semplicemente a mettere in guardia il progettista circa aspetti che possono condizionare la risposta strutturale a causa di una errata valutazione delle caratteristiche meccaniche della muratura.

Queste precisazioni, riportate esplicitamente nella Circolare, sono fondamentali per una corretta valutazione delle prestazioni meccaniche da adottare.

Naturalmente è consigliabile effettuare quante più prove dirette o indirette sulla muratura (martinetti piatti singoli/doppi, endoscopie, prove soniche, ecc), ovvero in assenza di queste



devono essere valutati con estrema attenzione i valori riportati nelle tabelle normative precedentemente viste.

### Coefficienti correttivi dei parametri meccanici forniti dalle Norme

Nel caso in cui la muratura presenti caratteristiche migliori rispetto ai suddetti elementi di valutazione, le caratteristiche meccaniche saranno ottenute, a partire dai valori di Tabella C8A.2.1, applicando coefficienti migliorativi fino ai valori indicati nella Tabella C8A.2.2, riportata a seguire.

Tipologia di muratura	Malta buona	Giunti sottili (<10mm)	Ricorsi o listature	Connessione trasversale	Nucleo scadente e/o ampio	Iniezione di Miscele leganti	Intonaco armato *
Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)	1,5	-	1,3	1,5	0,9	2	2,5
Muratura a conci sbalzati, con paramento di limitato spessore e nucleo interno	1,4	1,2	1,2	1,5	0,8	1,7	2
Muratura in pietre a spacco con buona tessitura	1,3	-	1,1	1,3	0,8	1,5	1,5
Muratura a conci di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.)	1,5	1,5	-	1,5	0,9	1,7	2
Muratura a blocchi lapidei squadriati	1,2	1,2	-	1,2	0,7	1,2	1,2
Muratura in mattoni pieni e malta di calce	1,5	1,5	-	1,3	0,7	1,5	1,5

Tabella C8A.2.2 della Circolare 617/2009)

Figura 31 – Tabella C8A.2.2 – Coefficienti correttivi per caratteristiche costruttive

Si vuole evidenziare come la norma espliciti che i valori dei coefficienti migliorativi di Tabella C8A.2.2 sono dei valori massimi ("...fino ai valori..."), per i quali il progettista dovrebbe diligentemente valutarne i valori da adottare riducendoli opportunamente qualora le caratteristiche degli elementi migliorativi non siano adeguati.

Nello specifico le caratteristiche correttive elencate nella tabella precedente corrispondono a:

#### COEFFICIENTI CORRETTIVI PER CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE

- Malta di buone caratteristiche: si applica il coefficiente indicato in Tabella C8A.2.2, diversificato per le varie tipologie, sia ai parametri di resistenza ( $f_m$  e  $\tau_0$ ) sia ai moduli elastici (E e G);

Non è codificato a cosa corrisponda "malta di buone caratteristiche". Pertanto in questo caso è bene valutare (attraverso indagini endoscopiche o altro) se la stesura della malta tra i blocchi sia uniforme su tutto lo spessore e sia valutabile come "buona" nel senso di consistenza, resistenza meccanica, durezza, porosità. E' quindi delegato alla esperienza e sensibilità del progettista la valutazione di tale parametro.

- Giunti sottili (< 10 mm): si applica il coefficiente, diversificato per le varie tipologie, sia ai parametri di resistenza ( $f_m$  e  $\tau_0$ ) sia ai moduli elastici (E e G); nel caso della resistenza a taglio, l'incremento percentuale da assumere è la metà rispetto a quanto considerato per la resistenza a compressione; nel caso di murature in pietra naturale è opportuno verificare che la lavorazione sia curata sull'intero spessore del paramento;
- Presenza di ricorsi (o listature): si applica il coefficiente indicato in tabella ai soli parametri di resistenza ( $f_m$  e  $\tau_0$ ) tale coefficiente ha significato solo per alcune tipologie murarie, in quanto nelle altre non si riscontra tale tecnica costruttiva;
- Presenza di elementi di collegamento trasversale tra i paramenti (dia-toni): si applica il coefficiente indicato in tabella ai soli parametri di resistenza ( $f_m$  e  $\tau_0$ ) tale coefficiente ha significato solo per le murature storiche, in quanto quelle più recenti sono realizzate con una specifica e ben definita tecnica costruttiva ed i valori in Tabella C8A.2.1 ne tengono opportunamente conto.

La norma non specifica né la tipologia, né le dimensioni o la quantità a metro quadro di collegamenti trasversali. Questo coefficiente correttivo, che rappresenta un miglioramento notevole, andrebbe quindi ben valutato in quanto uno dei meccanismi di collasso più frequenti nelle murature a doppio paramento è proprio l'instabilità fuori piano. In molti casi tale fenomeno di collasso è evidente anche in murature con diatoni in pietra, questo ad evidenziare come il loro numero e la loro geometria possano spesso essere insufficienti. Per questo motivo si propone una attenta valutazione di tale coefficiente con criteri di verifica opportuni onde evitare di sovrastimare a svantaggio di sicurezza le caratteristiche meccaniche della muratura.

COEFFICIENTI CORRETTIVI PER ESECUZIONE DI RINFORZI (gli asterischi fanno riferimento alle analoghe voci di tabelle)

- Consolidamento con iniezioni di miscele leganti (\*): si applica il coefficiente indicato in tabella, diversificato per le varie tipologie, sia ai parametri di resistenza ( $f_m$  e  $\tau_0$ ) sia ai moduli elastici (E e G); (\*) nel caso in cui la muratura originale fosse stata classificata con malta di buone caratteristiche, il suddetto coefficiente va applicato al valore di riferimento per malta di scadenti caratteristiche, in quanto il risultato ottenibile attraverso questa tecnica di consolidamento è, in prima approssimazione, indipendente dalla qualità originaria della malta (in altre parole, nel caso di muratura con malta di buone caratteristiche, l'incremento di resistenza e rigidezza ottenibile è percentualmente inferiore);

La norma non specifica, né la tipologia della malta da utilizzare, né la quantità a metro quadro di fori adatta ad ottenere un così elevato incremento di resistenza e rigidezza. L'intervento con iniezioni andrebbe sempre eseguito con malte di caratteristiche meccaniche non troppo superiori a quelle della muratura originaria. Il suo scopo infatti è quello di riempire i vuoti presenti in una muratura caotica o comunque povera di legante. L'incidenza dei fori è fondamentale per una buona riuscita dell'intervento stesso e va tarata sulla particolare tessitura della parete da rinforzare. Per tale motivo si propone una attenta valutazione del coefficiente con criteri di verifica opportuni onde evitare di sovrastimare a svantaggio di sicurezza le caratteristiche meccaniche della muratura.

- consolidamento con diatoni artificiali: in questo caso si applica il coefficiente indicato per le murature dotate di una buona connessione trasversale.

NOTA: Come già evidenziato la norma non specifica, né la tipologia, né le dimensioni o la quantità a metro quadro di collegamenti trasversali. E' ancora più importante, nel caso di un rinforzo, dimensionare quindi tale intervento per essere certi del risultato ottenuto.

- consolidamento con intonaco armato (\*\*): per definire parametri meccanici equivalenti è possibile applicare il coefficiente indicato in tabella, diversificato per le varie tipologie, sia ai parametri di resistenza ( $f_m$  e  $\tau_0$ ) sia ai moduli elastici (E e G); per i parametri di partenza della muratura non consolidata, anche in presenza di diatoni, non si applica il coefficiente relativo alla connessione trasversale, in quanto considerato nell'intervento di consolidamento realizzato dall'intonaco armato, se correttamente eseguito (collegamento con barre trasversali uncinato dei nodi delle reti di armatura sulle due facce). (\*\*). Nei casi in cui le connessioni trasversali non soddisfino tale condizione, il coefficiente moltiplicativo dell'intonaco armato deve essere decrementato per il coefficiente relativo alla connessione trasversale riportato in tabella.

Il consolidamento mediante intonaco armato è forse la tecnica più "abusata" per permettere di considerare notevoli incrementi prestazionali della muratura. E' importante sottolineare diversi aspetti:

- i coefficienti riportati in tabella si riferiscono ad applicazioni su pareti di spessore inferiore ai 70 cm, per spessori superiori andrebbero convenientemente ridotti. Sarebbe opportuno omogeneizzare le sezioni, in termini di rigidezza e resistenza media, di intonaco armato (che normalmente sono costituite da due paramenti di 3-4 cm armati con rete ( $\phi 6/20$  cm) alla sezione di muratura preesistente così da valutare in maniera più accurata tale coefficiente migliorativo.
- Andrebbe altresì dimensionato l'ancoraggio delle reti mediante fili spinotti, normalmente inghisati nella muratura, per la verifica ad instabilità dei due sottili paramenti in CA. Questi, se fortemente sollecitati, a causa della loro elevata rigidezza rispetto a quella della muratura, potrebbero infatti facilmente distaccarsi e vanificare totalmente l'intervento.
- Si sottolinea come nella maggioranza dei casi gli uncini di collegamento non vengono mai realizzati passanti, e dunque non costituiscono diatono. Pertanto il valore del coefficiente di miglioramento andrebbe diviso, come previsto dalla norma, per il coefficiente di connessione trasversale. E' altresì ovvio che, nel caso in cui l'intonaco armato sia applicato su una sola faccia,

debba obbligatoriamente essere considerata una riduzione percentuale del coefficiente migliorativo della metà, nonché una ulteriore diminuzione per via della non esistenza di collegamenti trasversali.

NOTA: Nella norma se ne sconsiglia espressamente un utilizzo diffuso in quanto produce un forte aumento di massa e rigidità.

### **Valori di calcolo delle Resistenze**

Nella norma la procedura per la definizione dei valori di calcolo delle resistenze dei materiali parte dalla definizione dei loro valori medi. Questi si ottengono dalle prove o dalle tabelle precedenti in funzione del Livello di Conoscenza raggiunto.

In funzione del tipo di analisi globale che si effettuerà sul manufatto si applicheranno quindi i fattori di riduzione.

Per i diversi livelli di conoscenza, per ogni tipologia muraria, i valori medi dei parametri meccanici possono essere definiti come segue (vd. p.to C8A.1.A.4 della Circolare 617/2009):

- **LC1**

Resistenze: i minimi degli intervalli riportati in Tabella C8A.2.1 per la tipologia muraria in considerazione

Moduli elastici: i valori medi degli intervalli riportati nella tabella suddetta

- **LC2**

Resistenze: medie degli intervalli riportati in Tabella C8A.2.1 per la tipologia muraria in considerazione

Moduli elastici: valori medi degli intervalli riportati nella tabella suddetta

- **LC3 - caso a)**, nel caso siano disponibili tre o più valori sperimentali di resistenza

Resistenze: media dei risultati delle prove

Moduli elastici: media delle prove o valori medi degli intervalli riportati nella Tabella C8A.2.1 per la tipologia muraria in considerazione

- **LC3 - caso b)**, nel caso siano disponibili due valori sperimentali di resistenza

Resistenze: se il valore medio delle resistenze è compreso nell'intervallo riportato nella Tabella C8A.2.1 per la tipologia muraria in considerazione si assumerà il valore medio dell'intervallo, se è maggiore dell'estremo superiore dell'intervallo si assume quest'ultimo come resistenza, se è inferiore al minimo dell'intervallo, si utilizza come valore medio il valore medio sperimentale

Moduli elastici: vale quanto indicato per il caso LC3 - caso a).

- **LC3 - caso e)**, nel caso sia disponibile un valore sperimentale di resistenza

Resistenze: se il valore di resistenza è compreso nell'intervallo riportato nella Tabella C8A.2.1 per la tipologia muraria in considerazione, oppure superiore, si assume il valore medio dell'intervallo, se il valore di resistenza è inferiore al minimo dell'intervallo, si utilizza come valore medio il valore sperimentale

Moduli elastici: vale quanto indicato per il caso LC3 - caso a).

Una volta identificata la tipologia di muratura, in funzione del livello di conoscenza (C8.7.1.5 Circolare 617/2009), si possono ricavare gli effettivi valori delle resistenze dei materiali da adottare nei calcoli:

- Nel caso di analisi non lineare (push-over), i valori di calcolo delle resistenze da utilizzare sono ottenuti dividendo i valori medi per i rispettivi fattori di confidenza
- Nel caso di analisi elastica con il fattore  $q$  (analisi lineare statica ed analisi dinamica modale con coefficiente di struttura), i valori di calcolo delle resistenze sono ottenuti dividendo i valori medi per i rispettivi fattori di confidenza e per il coefficiente parziale di sicurezza dei materiali.

#### 4.4.6.3 Modellazione della struttura

In prima istanza è necessario chiarire un concetto fondamentale: il modello è una rappresentazione della struttura. Un tentativo di simulazione. La sua finalità è di consentire una ragionevole interpretazione, che si avvicini quanto più possibile al comportamento strutturale reale. Non bisogna pertanto indulgere alla tentazione, come spesso avviene, di considerarlo come verità rappresentativa della effettiva geometria e della meccanica dell'edificio.

Perché il modello risulti verosimile, va scelto accuratamente il tipo di schematizzazione da adottare e, anche all'interno dello schema scelto, bisogna operare quei controlli che rendano il modello CONGRUENTE dal punto di vista STRUTTURALE con la realtà.

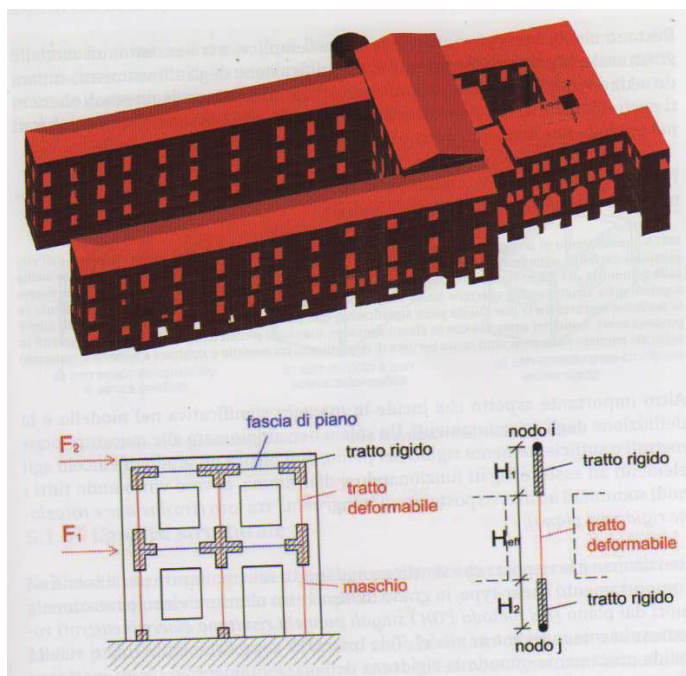


Figura 32 – Ipotesi di schematizzazione

In tale ambito quindi si potrà operare scegliendo di schematizzare i paramenti murari come elementi shell (bidimensionali) o come elementi beam (monodimensionali).

A ciascun elemento vanno poi associate le caratteristiche geometriche e meccaniche. Il completamento della risposta meccanica dell'elemento passa infine attraverso la definizione di un modello costitutivo rappresentativo del materiale, in termini di moduli deformativi ( $E$ ,  $G$ ,  $\nu$ ) e di resistenza ( $f$ ).

### **Schematizzazione dei VINCOLI MUTUI**

L'input della geometria è un aspetto fondamentale nella modellazione della struttura e presuppone la lettura del manufatto con sguardo ingegneristico, proiettato alle conseguenze che approssimazioni logiche e/o convenienti possono comportare sulla risposta globale/locale.

Bastano alcuni accorgimenti per rendere semplice, ma ben fatto, un modello strutturale. In primis, ad esempio, la semplificazione degli allineamenti, andando ad individuare dei fili in pianta, oppure l'identificazione di eventuali elementi poco significativi dal punto di vista strutturale, che possono essere trascurati nel modello per non aumentarne inutilmente l'onere computazionale.

Particolare attenzione va quindi posta sui vari aspetti della struttura, che possono avere diverse ripercussioni sul modello.

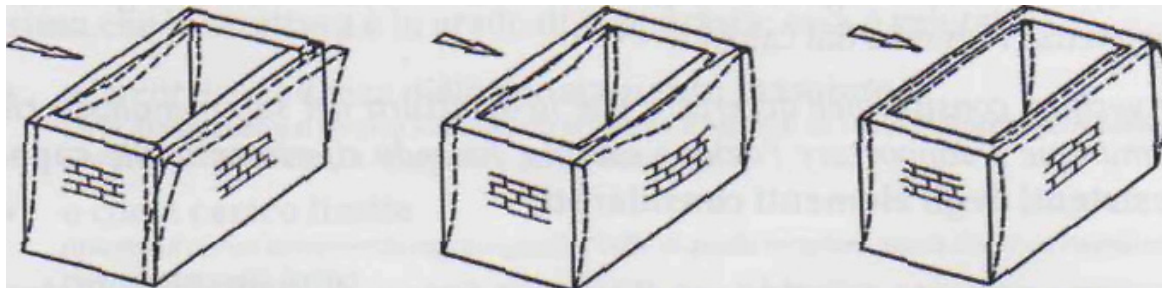
NOTA: l'inserimento di un'apertura su una parete va a modificare radicalmente il comportamento dell'elemento di partenza, agendo sulla geometria della sezione (come immediata conseguenza logica) ma anche sulla geometria del tratto rigido di collegamento, sulla ripartizione dei carichi e sulla risposta della parete e quindi della struttura; due aperture molto vicine possono essere modellate come una unica equivalente se la porzione muraria tra le due risulta poco significativa; due paramenti murari di dimensione molto simile possono essere modellati entrambi con lo stesso spessore; eventuali piccoli disassamenti tra allineamenti in verticale possono essere trascurati senza perdere di rispondenza tra modello e struttura e tuttavia acquisendo semplicità computazionale.

Altro importante aspetto che incide in maniera significativa nel modello è la definizione degli orizzontamenti. Un solaio ben ammorsato alle murature perimetrali e sufficientemente rigido nel piano, può offrire un grado di vincolo agli elementi ad esso collegati funzionando a diaframma, ovvero vincolando tutti i nodi sommitali ad avere spostamenti 'congruenti' tra loro (traslazione e rotazione rigida nel piano).

Ben diversa è la risposta che si ottiene andando a schematizzare per il solaio un comportamento shear-type, in grado di fornire un ulteriore vincolo rotazionale fuori dal piano (nel metodo POR i singoli pannelli risultano essere incastrati rotazionalmente in testa e al piede). Tale ipotesi di comportamento infatti risulta valida unicamente quando la rigidità dell'orizzontamento è molto maggiore rispetto a quella della struttura (es. struttura metallica flessibile con solaio in laterocemento) eventualità che non si verifica praticamente mai per i manufatti in muratura.

All'opposto vi è l'ipotesi di solaio infinitamente deformabile in cui non è offerto nessun tipo di vincolo ai nodi sommitali degli elementi. Tale comportamento simula situazioni in cui non è garantito il minimo ammorsamento con le pareti ortogonali (es. solaio in travetti in legno semplicemente 'poggiati' nello spessore murario) e il cui unico scopo è quello di scarico delle azioni gravitazionali che gli competono.

Analoghe considerazioni possono essere condotte sulla scelta della tipologia dei vincoli da adottare sia internamente che esternamente. Il grado di vincolo tra due pareti ortogonali, così come lo schema del vincolo di fondazione, sono aspetti che influiscono notevolmente sulla risposta della struttura.



a) con solaio deformabile  
e senza cordolo

b) con cordolo e con  
solaio deformabile

c) con cordolo e con  
solaio rigido

Figura 33 – Diversi tipi di risposta della scatola muraria in relazione al vincolo di solaio

#### 4.4.6.4 L'analisi strutturale

Nell'analisi strutturale, gli effetti dell'azione sismica possono essere valutati seguendo un approccio statico o dinamico.

Le due principali metodologie di analisi sono la dinamica lineare e la statica non lineare, di cui si danno di seguito cenni esplicativi e di percorso in modo da caratterizzarne le differenze.

##### **DINAMICA LINEARE a spettro di progetto e fattore di struttura $q$**

Questo tipo di analisi si articola nei seguenti passi:

- impiego di uno spettro di progetto di sito, ridotto di un fattore di duttilità ' $q$ ' imposto dalla normativa in relazione a valutazioni legate alla tipologia strutturale;
- ipotesi di struttura a comportamento elastico (utilizzando però le rigidezze fessurate degli elementi) e continua (è necessario, per approssimare la realtà fisica del manufatto, inserire eventuali discontinuità determinate dalla presenza di lesioni e/o discontinuità rilevate);
- si ottengono le deformate modali ed i vari coefficienti di partecipazione di ogni modo; devono essere combinati gli effetti conseguenti ai modi che concorrono alla mobilitazione del 85% della massa;

NOTA: si tenga presente che dai risultati non si ha evidenza immediata del verificarsi di lesioni e/o plasticizzazioni.

- dalle deformate modali si ottengono le azioni sui vari elementi;
- a questo punto, attraverso un'analisi puntuale, è possibile individuare gli elementi che vanno in crisi (confronto tra sollecitazioni e resistenze);
- con riferimento ad ognuno di questi si calibra l'intervento per garantire la resistenza richiesta dal calcolo;

- la verifica consiste nell'accertare che la struttura nel suo complesso riesca comunque a sopportare l'azione esterna, facendo riferimento alle capacità resistenti degli elementi considerati.

La sicurezza pertanto coincide con il minimo fattore di verifica per il singolo elemento.

Con licenza letteraria si può dire che l'analisi dinamica lineare sia un approccio 'in forza'. Ne deriva un procedimento sufficientemente spedito e comunque a favore di sicurezza, anche se meno efficiente dal punto di vista dell'interpretazione meccanica della struttura (quando le strutture sono particolarmente irregolari rappresenta l'unico approccio possibile).

### **STATICA NON LINEARE (pushover)**

La seconda tipologia di analisi può invece essere definita 'fritto spostamento'.

Tale dizione trova la sua giustificazione nel fatto che le capacità resistenti vengono valutate nei confronti di uno spostamento crescente (si procede per steps), imposto alla struttura applicando un sistema di forze calibrato sulla 1° deformata modale, purché essa mobiliti almeno il 60% della massa (in caso contrario la norma non consente l'uso diretto della push over, ma richiede un'analisi multi-modale -a concorrere all'85% della massa - o una push-over adottiva).

Ne discende un percorso di calcolo che procede attraverso i seguenti punti salienti:

- Individuazione della forzante

(o da precedente analisi modale, prendendo in conto una distribuzione di accelerazioni proporzionali alla prima forma modale, o per applicazione di un diagramma di forze triangolare, consentito dalla normativa);

- Individuazione per ogni step degli elementi che raggiungono il carico ultimo

(avvio della plasticizzazione);

- Verifica del raggiungimento dello spostamento limite (capacità di duttilità) attraverso il controllo dello spostamento di interpiano (drift), per quello che può considerarsi un limite di collasso convenzionale;

NOTA: per le murature semplici lo spostamento limite vale  $0.004H$  per crisi a taglio e  $0.006H$  per crisi a flessione; per le murature armate i due limiti possono essere amplificati di un fattore 1.5

- Valutazione della forzante ultima: procedendo si ottiene la forzante massima che la struttura è in grado di sopportare; essa è valutata:

- o in corrispondenza dello spostamento massimo (drift limite: questo si verifica solo qualora la struttura presenti un comportamento non duttile, ovvero non presenti possibilità di ripartizione tra gli elementi);

- o come carico limite (quando il carico decremento raggiungendo l'80% di quello massimo, senza che si sia raggiunto ancora lo spostamento limite).

NOTA: alla curva carico-spostamento così ottenuta viene associato un pendolo semplice equivalente, attraverso la costruzione di una bilineare che sottenda la stessa area (equivalenza in termini di energia dissipata): il tratto elastico (retta passante per l'origine e l'intersezione con la curva al 70% del  $F_{max}$ ) caratterizza la risposta del pendolo, mentre la massa è quella considerata nel modello, scalata opportunamente del fattore  $G$  definito dalle NTC 2008.



Con tali caratteristiche dinamiche si entra nuovamente all'interno dello spettro di progetto elastico e si ottiene un valore della domanda (forzante) sismica corrispondente.

Il rapporto tra i due carichi, quello dall'analisi di push-over e quello relativo al pendolo equivalente, rappresenta il coefficiente di struttura  $q$ .

Tanto maggiore è la capacità in spostamento a carico costante, tanto maggiore sarà il numero di elementi che possono essere coinvolti nel meccanismo di collasso. Acquista quindi massima importanza per la struttura la capacità in duttilità dei singoli elementi, piuttosto che la sola caratteristica di resistenza.

In questo tipo di analisi il fattore di duttilità  $q$  rappresenta un risultato e non un valore di input. Il fattore di struttura  $q$  deve rimanere all'interno dei limiti imposti dalla normativa (per strutture in muratura  $q_{max} = 3$ ).

L'analisi statica non lineare risulta molto più laboriosa, ma consente di ottenere risultati più aderenti al reale comportamento strutturale e conseguentemente una maggiore ottimizzazione dell'intervento.

NOTA: la push-over può anche essere adottiva: si aggiorna il ruolo degli elementi resistenti plasticizzati (inserimento di una cerniera plastica), si ricalcola la nuova forma modale da cui una nuova distribuzione del carico e quindi si procede all'ulteriore incremento di spostamento, fino al raggiungimento di una delle due condizioni di limite (spostamento limite o carico limite).

#### 4.4.6.5 Dall'analisi del modello al progetto dell'intervento

L'analisi accurata dei risultati offerti dal modello strutturale permette di individuare le criticità della struttura, evidenziando, a partire dalla conoscenza del legame costitutivo non lineare, il MECCANISMO DI ROTTURA dell'elemento e le zone di sovraccarico tensionale.

Si rimarca che, in particolar modo nelle strutture murarie, anche se l'approccio ha una validità generale, l'intervento globale viene inteso e costruito come paziente sommatoria di interventi locali, che devono prendere in conto le situazioni intrinseche (risposta del materiale e legame costitutivo) e le condizioni al contorno, al fine di omogeneizzare e rendere coerenti e congruenti comportamenti, resistenze e rigidezze.

Sulla base di tale analisi il singolo elemento può arrivare a crisi per:

1. Schiacciamento
2. Pressoflessione nel piano o meccanismo di fuori piano
3. Taglio per scorrimento o per fessurazione diagonale.

L'analisi elastica porterà all'individuazione della crisi come superamento della resistenza massima.

In riferimento all'elenco sopraesposto questo equivale al:

1. superamento del valore limite del carico normale di progetto  $N_{rd}$ .
2. superamento del valore limite del momento resistente di progetto  $M_{rd,x}$  e  $M_{rd,y}$  . indicando con i pedici  $x$  e  $y$  le due direzioni dell'elemento nel piano.

3. superamento del valore limite del carico resistente a taglio  $V_{rd,sc}$  e  $V_{rd,fess}$ , il cui pedice fa riferimento alla tipologia di rottura individuata dalla giacitura di lesione.

L'analisi non lineare (push-over) individua la crisi dell'elemento per raggiungimento della massima deformazione, a partire dal legame costitutivo non lineare impostato per ciascun elemento.

## **5 IL PROGETTO**

## 5.0 Caprino Veronese

Il paese di Caprino Veronese che si trova alla pendici del Monte Baldo, tra il Lago di Garda e la Val d'Adige, può essere sostanzialmente considerato il fulcro dell'intera zona perché attraverso una strada che sale verso il Monte Baldo si può arrivare fino a Brentonico di Rovereto mentre se si prosegue verso sud ci si collega al centro di distribuzione maggiore, Affi.

E' possibile raggiungere l'autostrada A22 che ci collega con Verona per poi, se necessario, immettersi sull'autostrada A4 Milano – Venezia.

Caprino, inoltre, ci permette di relazionarci con i paesi limitrofi del Lago di Garda come Bardolino, Garda, Lazise, Peschiera e con i Monti Lessini.



## 5.1 L'area di progetto

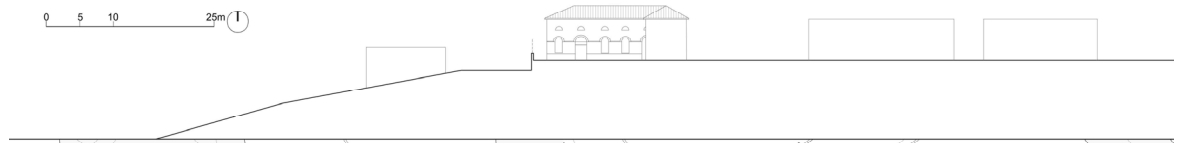
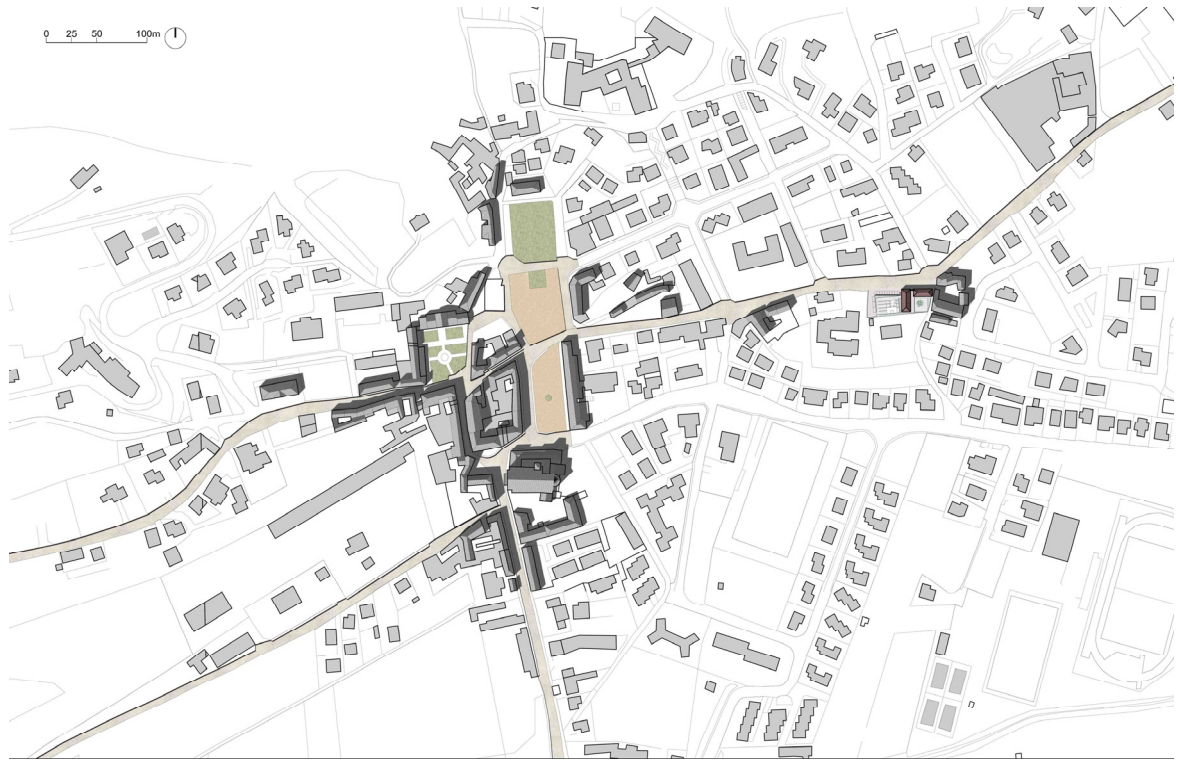
Caprino Veronese si attesta su una strada che mette relazione la pianura con il Monte Baldo. In questa tavola sono stati messi in evidenza gli edifici esistenti nell'estratto di mappa del catasto austriaco relazionarsi con la nuova edificazione.

Sono stati messi in risalto:

- la sede comunale,
- palazzo Carlotti,
- il nucleo originario,
- la chiesa
- l'edificio oggetto dello studio.

Tramite il planivolumetrico sono stati evidenziati le dimensioni degli edifici più importanti, inoltre sono state esaltate le due piazze del mercato ed il parco vicino.

L'edificio oggetto dell'intervento è posto su un declivio che degrada verso la piana del paese, dal quale si può avere una visione di esso dall'alto.



## 5.2 Le parti del progetto

Dal momento che sono presenti due corpi di fabbrica, nella lettura dello stato attuale è stato pensato di usufruirne, uno, per la residenza e l'altro per uno scopo pubblico.

Nel primo corpo di fabbrica, parallelo alla strada che attraversa il paese, si è pensato di inserire al piano terra, non modificando la struttura principale, un'abitazione per artisti-scultori infatti, tramite il giardino principale, si può accedere alla residenza del piano terra dalla porta preesistente.

Entrati, troviamo il soggiorno con la zona pranzo mentre sulla destra, la stanza laboratorio che, tramite un soppalco costruito a seguito della demolizione del solaio esistente, permette di visualizzare l'opera in fabbricazione da vari punti di vista. Le camere, invece, sono poste sul lato sinistro dell'appartamento.

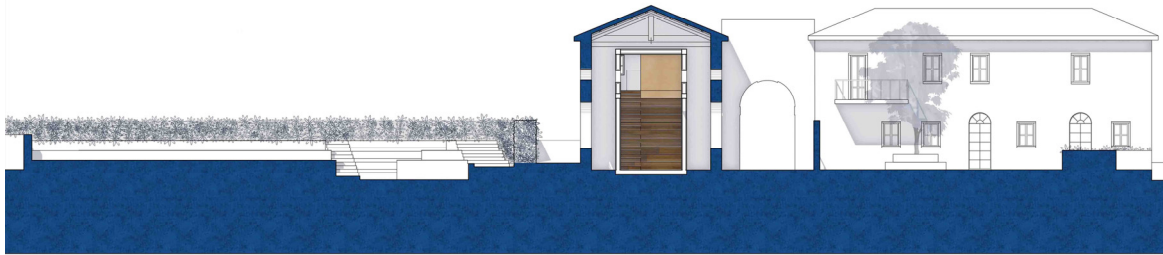
Al piano superiore, si accede tramite una scala posta nell'atrio di accesso, al piano primo troveremo soggiorno e pranzo con un balcone che si affaccia sul giardino, mentre sulla destra troveremo bagno e camera.

Nel secondo corpo di fabbrica, invece, si è pensato di inserire un teatro usufruendo il concetto di “scatola nella scatola”, seguendo l'idea del architetto tedesco Oswald Mathias Ungers, il quale nei primi anni 80, realizzò il 1979-1984 Deutsches Architekturmuseum a Francoforte. L'edificio di riferimento, una villa del 1901, è stato rifunzionalizzato attraverso un'operazione di svuotamento e incorporazione di nuovi volumi di fabbrica all'interno dell'involucro preesistente. Il tema della “casa dentro la casa” e della sequenzialità dello spazio architettonico differenziato costituiscono la matrice fondamentale sulla quale è stato impostato.

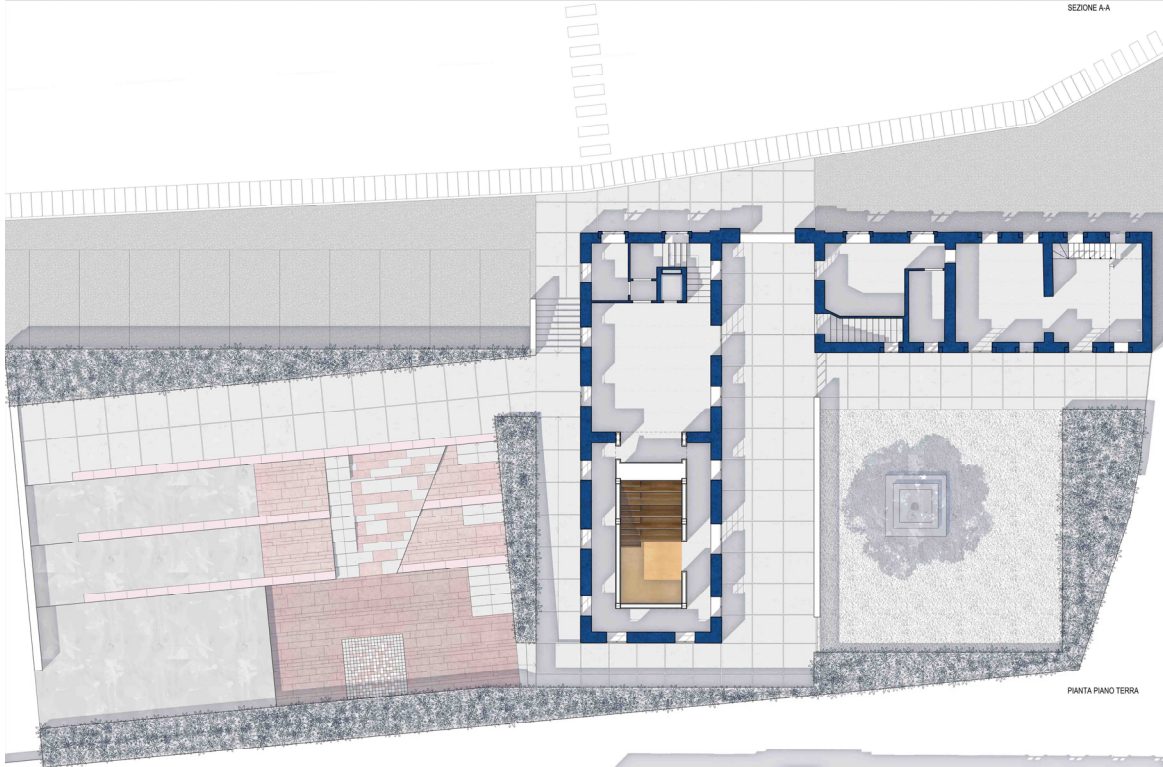
Il teatro, una sorta di parallelepipedo con all'interno una gradinata che determina un teatro chiuso indipendente tramite pareti insonorizzate e chiusure a tenda nella zona di accesso, è stato inserito all' interno del corpo di fabbrica di pianta rettangolare. Si accede dall'atrio tramite un percorso laterale espositivo intorno al volume centrale, oppure tramite scale o ascensore, che permettono di portarsi al primo piano dove si avrà una doppia altezza e una visione sull'intero teatro. I servizi sono posti al piano terra.

Dall'atrio di accesso, percorrendo una rampa, si arriverà alla gradinata posta nel giardino esterno, la quale permetterà attività all'aperto, con uno skyline sul paese di Caprino.

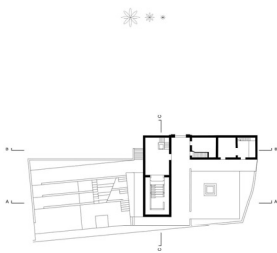
Il tutto è stato definito tramite gabbie con elementi vegetali all'interno.



SEZIONE AA



PIANTA PIANO TERRA



0 1 2,5 5m



PIANTA PIANO PRIMO



## **5.3 L'edificio del teatro**

Come detto in precedenza, il teatro sarà una “scatola nella scatola” con una struttura del teatro in acciaio che sorregge elementi in legno con pannelli che servono ad insonorizzare il teatro stesso.

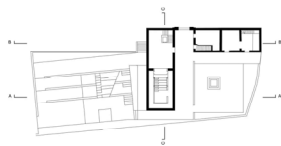
La chiusura al piano superiore sarà creata tramite una tenda per abbattere i rumori prodotti. Il percorso esterno alla “scatola” si può usufruire per ammirare l'esposizione di quadri o altro.



SEZIONE C-C



SEZIONE D-D



0 1 2,5 5m

## 5.4 Rilievo architettonico

Il rilievo è stato realizzato tramite trilaterazioni, coordinate ortogonali e misure parziali e progressive dove il tutto è stato eseguito in maniera scientifica e condotto in più fasi.

Una fase preliminare di individuazione della strumentazione tecnica a disposizione per il rilievo sono stati un metro rigido o pieghevole, una rotella metrica gergalmente detta bindella, livella laser e distanziometro laser.

Il progetto del rilievo, individuazione dei piani di sezione orizzontali per le piante e verticali per le sezioni e i prospetti.

La redazione di schizzi in doppie proiezioni ortogonali dell'edificio rappresentanti piante, sezioni e prospetti come definiti dai piani di sezioni precedentemente individuati.

Definizione dei piani di sezione orizzontali mediante la "battitura" del piano da eseguirsi con livelle laser.

Esecuzione delle misure nei modi più adatti in relazione agli strumenti a disposizione. Se si dispone di strumenti che sono in grado di misurare solo le lunghezze e non gli angoli, è necessario che i segmenti che vengono misurati uniscano i punti da definire secondo un reticolo di triangoli (infatti in un triangolo nota la lunghezza dei lati è nota anche quella degli angoli).



Ingresso esterno



Interno visto dal giardino interno



Corpo di fabbrica parallelo alla strada



Corpo di fabbrica ortogonale alla strada



Interno piano terra



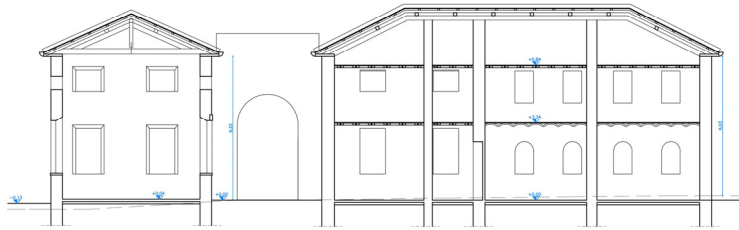
Dettaglio sulla copertura



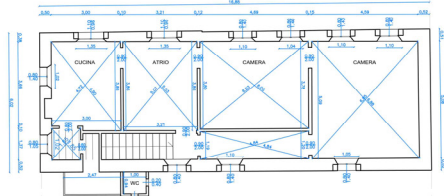
Dettaglio sulla muratura



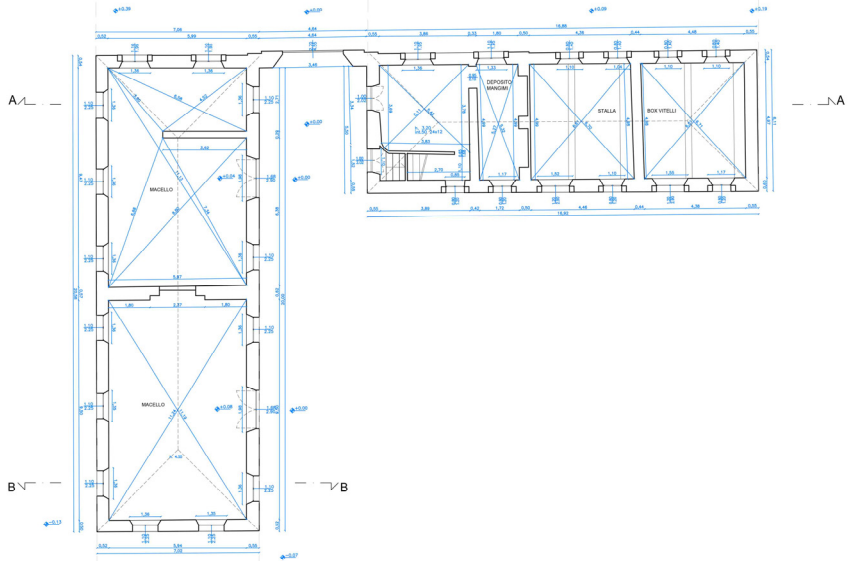
Dettaglio sulla muratura



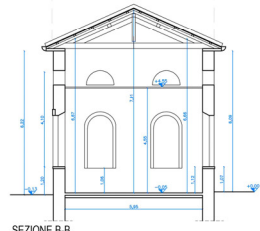
SEZIONE A-A



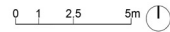
PIANTA PIANO PRIMO



PIANTA PIANO TERRA



SEZIONE B-B



## **5.5 Rilievo materico, dei degradi e quadro fessurativo**

Durante la ricognizione, nel complesso, sono state scattate fotografie dei vari prospetti dell'edificio, dal quale, tramite un'accurata valutazione, sono stati dedotti i materiali visibili superficialmente, sono stati trattati i materiali che avevano un'importanza nella struttura dei corpi di fabbrica.

Sono stati identificati materiali come intonaco di malta cementizia, intonaco di malta di calce aerea, elementi lapidei e mattoni pieni comanda di calce aerea.

Su questi si insidiano degradi come deposito superficiale, mancanze, croste, vegetazione.

Il deposito superficiale è un accumulo di materiali estranei di varia natura, quali, ad esempio, polvere, terriccio, guano, ecc. Ha spessore variabile e, generalmente, scarsa coerenza e aderenza al materiale sottostante, causato da esposizione, scabrosità e deformazione della superficie, impiego di prodotti vernicianti, inquinanti atmosferici.

La mancanza è caduta e perdita di parti. Il termine si usa quando tale forma di degradazione non è descrivibile con altre voci del lessico, spesso causato da fenomeni di umidità ascendente, perdite localizzate degli impianti di smaltimento e/o di convogliamento delle acque, consistente presenza di formazioni saline, di soluzioni di continuità conseguenti alla presenza del di fessurazioni e/o di lesioni strutturali, soluzioni di continuità conseguenti agli stress termici in prossimità dell'innesto di elementi metallici, errori di posa in opera e l'utilizzo di sabbie o malte poco idonee.

La crosta, invece, è strato superficiale di alterazione del materiale lapideo o dei prodotti utilizzati per eventuali trattamenti. Di spessore variabile, è duro, fragile e distinguibile dalle parti sottostanti per le caratteristiche morfologiche e, spesso, per il colore. Può distaccarsi anche spontaneamente dal substrato che, in genere, si presenta disgregato e/o pulverulento. Questo grado è spesso causato da azione di microrganismi e di inquinanti, ossidazione, circolazione d'aria scarsa o assente, residui della combustione di oli derivanti dal petrolio.

Infine la vegetazione è semplicemente impiegata quando vi sono licheni, muschi, edera e piante, dovuti ad accumuli di umidità, attacco di organismi autotrofi (batteri unicellulari, alghe, licheni, piante superiori).



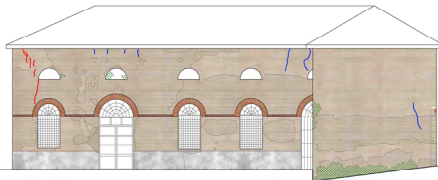
PROSPETTO OVEST



PROSPETTO OVEST



PROSPETTO NORD



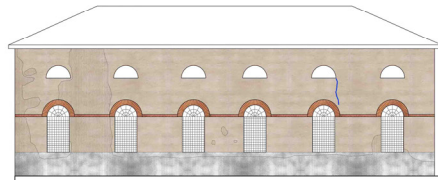
PROSPETTO NORD



PROSPETTO EST



PROSPETTO EST



**LEGENDA QUADRO FESSURATIVO E MATERIALI-DEGRADI:**

	FESSURAZIONE PASSANTE
	FESSURAZIONE NON PASSANTE
	MANCATO AMBORSAMENTO
	INTONACO MALTA DI CEMENTAZIA
	INTONACO MALTA DI CALCE AEREA
	ELAVIMENTO LAPIDEO
	MATTONE PIENO E MALTA DI CALCE AEREA
	MANICAZIA
	DEPOSITO SUPERFICIALE
	CRUDA
	VEGETAZIONE

0 1 2,5 5m

## **6 PROGETTO STRUTTURALE**

Il progetto strutturale è stato calcolato con metodi di intervento globale tramite un software di calcolo che permette di considerare tutte le azioni agenti sul fabbricato. Sulle murature esistenti si è deciso di intervenire tramite un betoncino armato con biocalce e rete elettrosaldata che ricopre intera muratura, in quanto l'edificio è soggetto a soprintendenza per i beni elettronici e paesaggistici.

A livello di fondazioni sono presenti fondazioni esistenti e fondazioni di progetto dove sarà ancorata la struttura in acciaio del teatro, tramite tira fondi e una piazza di base.

I solai nel primo impalcato saranno in legno con cappa di calcestruzzo sovrastante che rendono infinitamente rigida la struttura.

I travetti in legno saranno inseriti in putrelle IPE che scaricano i carichi sulle murature tramite una seconda tabella UPN che sarà ancorata alla muratura tramite perni e capo chiave esterni.

Il software utilizzato per la progettazione e il calcolo degli edifici utilizza il sistema B.I.M. (Building Information Modeling) dedicato al calcolo strutturale, nato appositamente per rispondere alle NTC 2008.

Il programma consente di progettare e verificare strutture di materiale omogeneo e, con l'integrazione di più moduli, strutture miste (calcestruzzo-muratura, calcestruzzo-acciaio, ecc.).

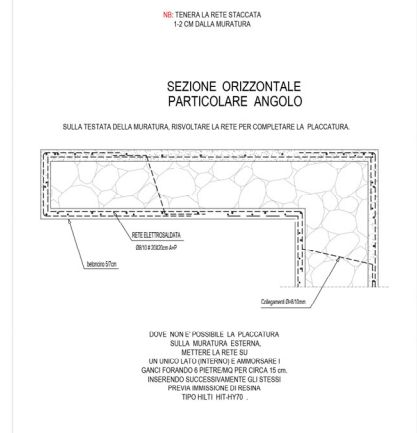
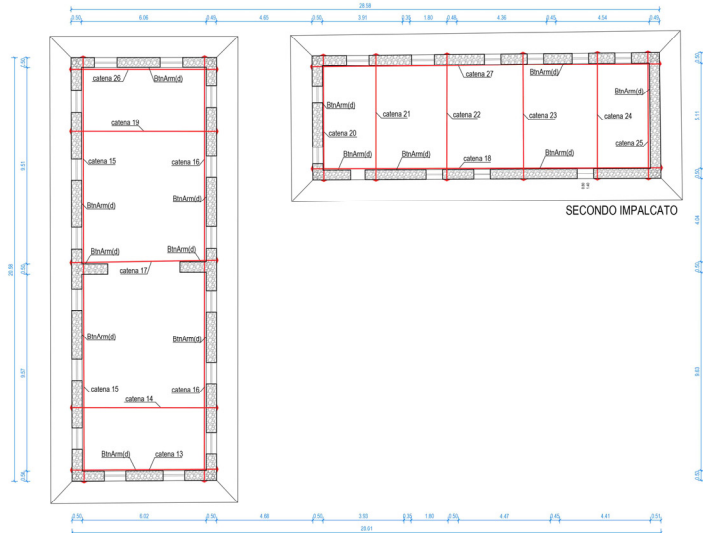
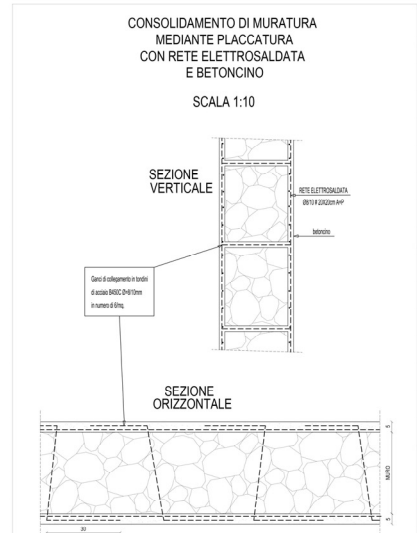
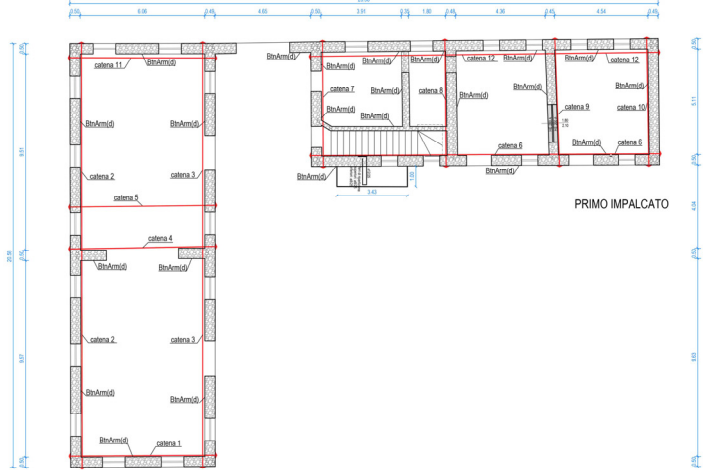
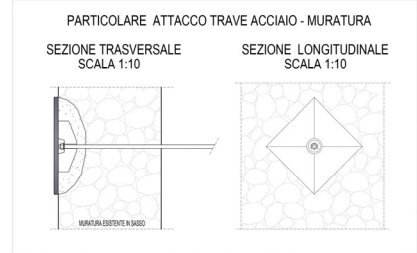
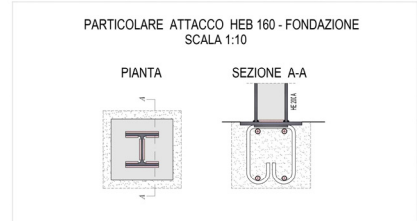
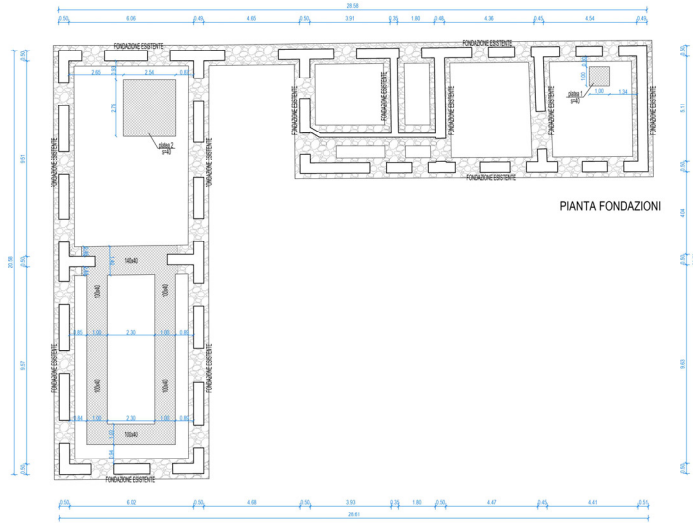
Permette di disegnare elementi strutturali in forma bidimensionale o tridimensionale selezionando le caratteristiche degli oggetti in qualsiasi momento della progettazione.

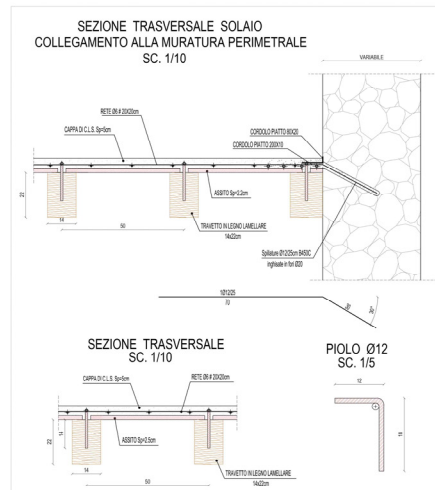
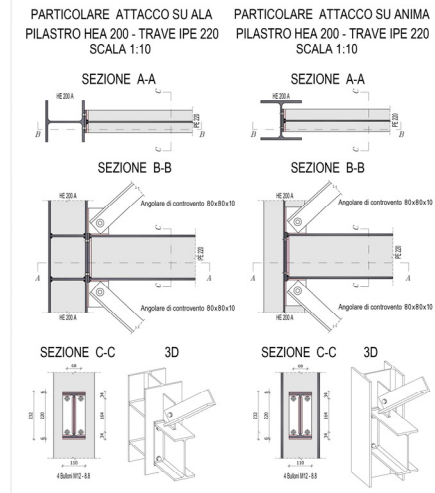
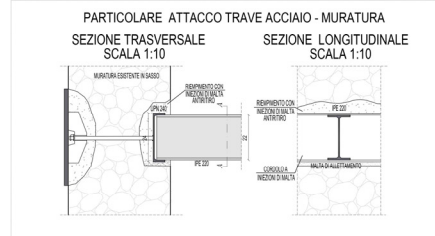
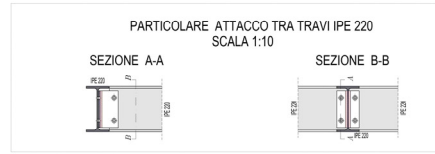
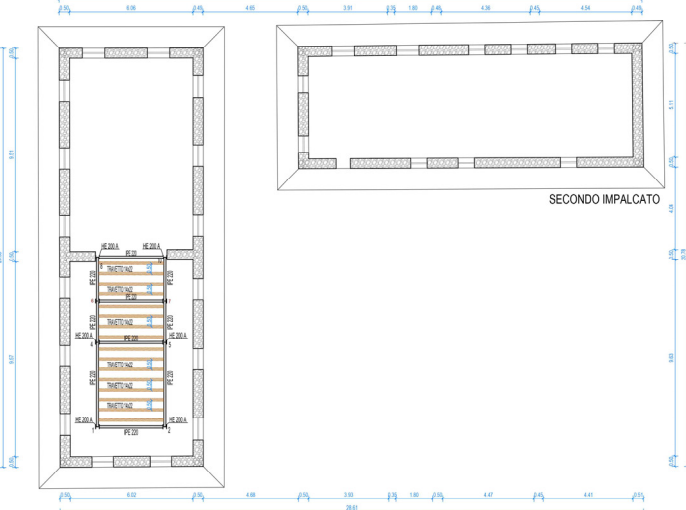
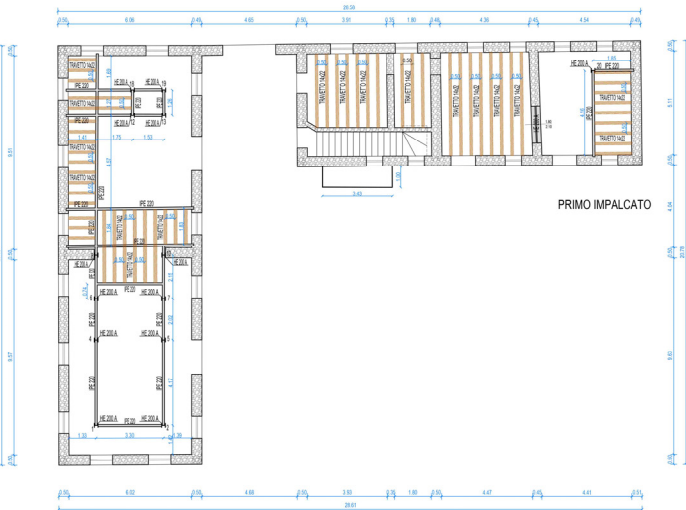
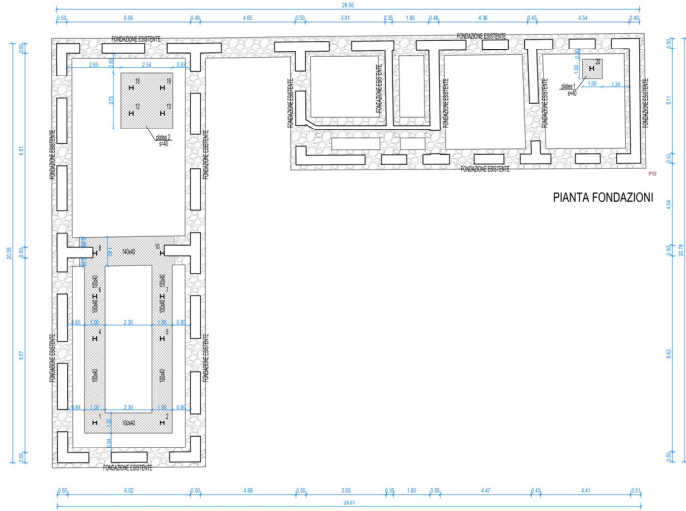
Ogni oggetto è dotato di una rappresentazione grafica e di un database di informazioni che lo individuano univocamente nelle sue caratteristiche dimensionali, geometriche e fisiche (materiale, resistenza, sezioni, etc.). I dati assegnati alle caratteristiche degli oggetti costituiscono un elemento di input per il calcolo e ogni modifica diventa immediatamente e dinamicamente una nuova condizione di verifica.

Diventa così più facile esaminare le caratteristiche fisiche, dimensionali e geometriche della struttura e procedere alle opportune verifiche statiche e dinamiche. L'input consente di inserire, modificare e cancellare gli oggetti tenendo sotto controllo la pianta, la sezione o la vista assonometrica della struttura.

Tutti i dati sono archiviati in un unico database e in un solo file, con tutti i vantaggi che ne conseguono.







Il software è stato utilizzato per una progettazione strutturale globale partendo da valutazione di vulnerabilità sismica dello stato di fatto.

## 6.0.1 VERIFICA DI VULNERABILITA' STATICA E SISMICA ED INTERVENTI DI MIGLIORAMENTO DELLO STATO DI FATTO

### 6.0.1.1 Identificazione Edificio

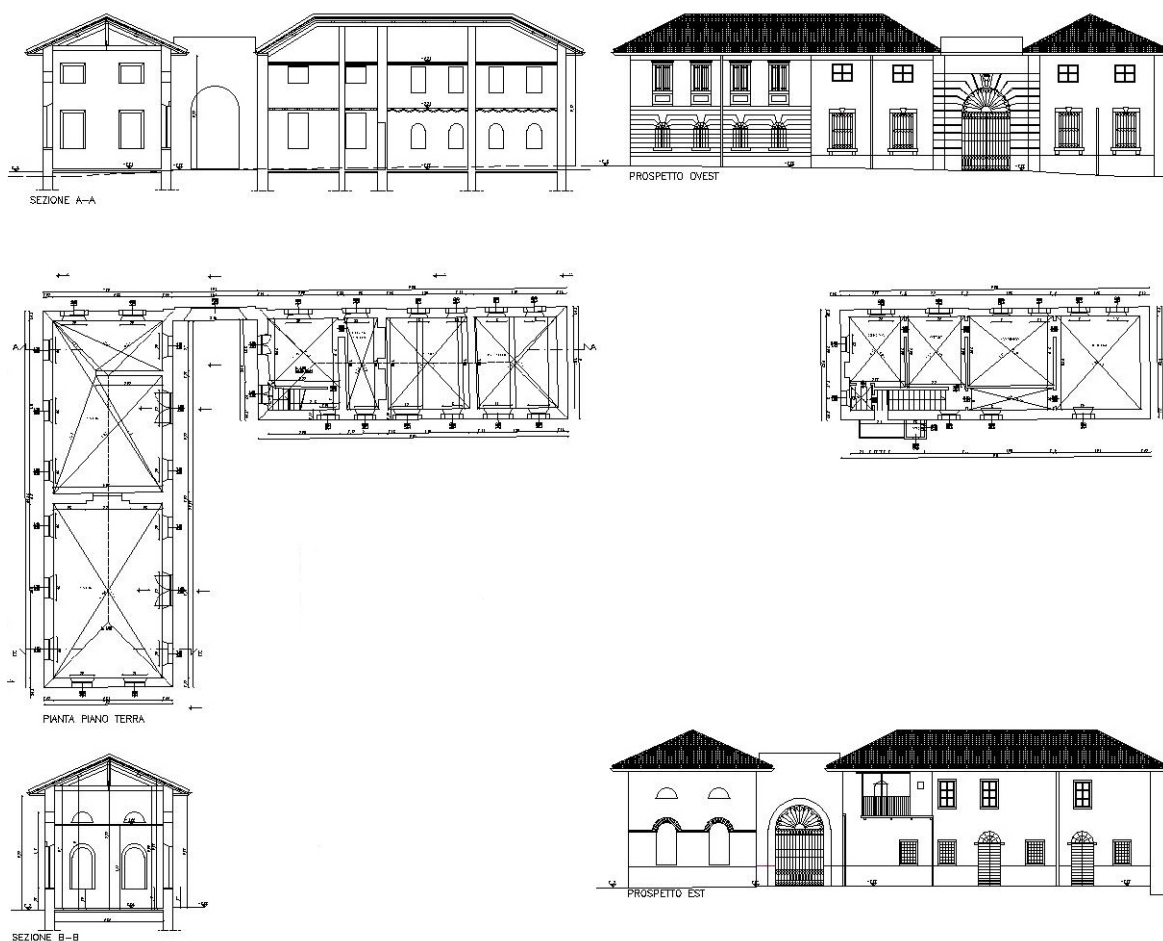


Figura 34 - Fabbricato Ex Macello – Caprino Veronese

### 6.0.1.2 Premessa

L'edificio oggetto del presente studio ha mostrato una assoluta carenza di documentazione tecnica ed amministrativa che ha comportato una intensa campagna di rilievo geometrico e di diagnostica strutturale di primo livello al fine di pervenire ad un attendibile modello di riferimento per la messa a punto del progetto, architettonico e strutturale, nel suo complesso.

Si è dovuto redigere un approfondito studio, combinando soluzioni tecniche che possano al massimo rispettare i principi architettonici e storici della struttura, ma non potranno evitare di incontrare una situazione di oggettiva difficoltà: l'edificio è stato progettato per resistere in condizioni statiche e si trova a far fronte a rispondere ad azioni orizzontali nel presente intervento di miglioramento statico e sismico; la situazione attuale presenta una serie di problemi già in fase statica.

Il progetto di miglioramento statico e sismico segue due fasi fondamentali:

- 1 - Rapporto di vulnerabilità statica e sismica dell'edificio nel suo stato di fatto;
- 2 - Analisi di risposta statica e sismica a seguito degli interventi di progetto.

### 6.0.1.3 Descrizione Edificio

Il fabbricato sito via strada provinciale 8, ubicato ad angolo con via Zambonin, nel comune di Caprino Veronese, è un manufatto realizzato nella seconda metà del 800 e presenta una conformazione planimetrica di base rettangolare ad L, comprendente un piano terra, con un secondo piano solo nel edificio parallelo alla strada.

La struttura principale si presenta disposta su due livelli fuori terra, con interpiano non superiore ai 335 cm, con murature portanti realizzate in mattoni pieni con malta legante.

Lo spessore della gran parte delle murature è non superiore ai 50 cm per il 90 % della superficie resistente.

Sono presenti setti di minori dimensioni, ma essi non garantiscono un positivo effetto antisismico.

Anche il piano superiore è stato realizzato con una muratura di spessore non superiore a quello indicato.

I solai di piano, realizzati con travetti in legno e con tavolato e/o voltine in piastrelle e putrelle sui quali è disposto un successivo getto di cemento, si presentano in condizioni di discreta rigidità.

A parere dello scrivente, le attuali condizioni sono in grado di garantire la risposta statica sotto i carichi previsti dalla normativa per le civili abitazioni:

100 Kg/mq per massetto e pavimentazioni  $A=1$

100 Kg/mq per eventuali tramezzature;  $A=1$

200 Kg/mq per carichi accidentali.  $A=0.33$

E' assolutamente assente qualsiasi cordolatura di piano che possa garantire un adeguato ammassamento tra le pareti tra essi ortogonali e tra i solai e le murature stesse.

#### 6.0.1.4 Analisi di vulnerabilità eseguita

L'azione sismica è stata valutata in conformità alle indicazioni riportate al capitolo 3.2 del D.M. 14 gennaio 2008 "Norme tecniche per le Costruzioni".

Le analisi eseguite sono state condotte su modellazione tridimensionale dello stato di fatto e con gli interventi di progetto.

In particolare il procedimento per la definizione degli spettri di progetto per i vari Stati Limite per cui sono state effettuate le verifiche è stato il seguente:

#### 6.0.1.5 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Le fasi di analisi e verifica della struttura sono state condotte in accordo alle seguenti disposizioni normative, per quanto applicabili in relazione al criterio di calcolo adottato dal progettista, evidenziato nel prosieguo della presente relazione:

Legge 5 novembre 1971 n. 1086 (G. U. 21 dicembre 1971 n. 321)

"Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica".

Legge 2 febbraio 1974 n. 64 (G. U. 21 marzo 1974 n. 76)

"Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche".

Indicazioni progettuali per le nuove costruzioni in zone sismiche a cura del Ministero per la Ricerca scientifica

Roma 1981.

Decreto Ministero Infrastrutture Trasporti 14 gennaio 2008 (G. U. 4 febbraio 2008, n. 29 - Suppl.Ord.) "Norme tecniche per le Costruzioni".

Definizione della Vita Nominale e della Classe d'Uso della struttura, il cui uso combinato ha portato alla definizione del Periodo di Riferimento dell'azione sismica.

Individuazione, tramite latitudine e longitudine, dei parametri sismici di base  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T_c$  per tutti e quattro gli Stati Limite previsti (SLO, SLD, SLV e SLC); l'individuazione è stata effettuata interpolando tra i 4 punti più vicini al punto di riferimento dell'edificio.

Determinazione dei coefficienti di amplificazione stratigrafica e topografica.

Calcolo del periodo  $T_c$  corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello Spettro.

**Parametri:** dell'azione sismica su sito di riferimento

---

**Parametri Edificio**

Classe dell'edificio:

Vita Nominale della Struttura:

Periodo di Riferimento per l'azione sismica:

**Coordinate geografiche Edificio** (datum ED50)

Latitudine:       Altitudine:

Longitudine:      

---

**Parametri di pericolosità Sismica**

Descrizione "Stato Limite"	Tr	Ag/g	F0	T*c	Ss	Cc
Stato Limite Operatività	30	0.0439	2.492	0.230	1.50	1.71
Stato Limite Danno	50	0.0584	2.540	0.240	1.50	1.68
Stato Limite salvaguardia Vita	475	0.1642	2.430	0.280	1.46	1.60
Stato Limite prevenzione Collasso	975	0.2116	2.470	0.280	1.39	1.60

Tr = Periodo di ritorno dell'azione sismica (espresso in anni)  
 Ag/g = Accelerazione orizzontale massima del terreno  
 F0 = Valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale  
 T\*c = Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale  
 Ss = Coefficiente di Amplificazione Stratigrafica  
 Cc = Coefficiente di Amplificazione di Tc

Figura 35 – Determinare gli Spettri di Progetto

I dati così calcolati sono stati utilizzati per determinare gli Spettri di Progetto nelle verifiche agli Stati Limite considerate.

### 6.0.1.6 Verifiche di regolarità

Sia per la scelta del metodo di calcolo, sia per la valutazione del fattore di struttura adottato, deve essere effettuato il controllo della regolarità della struttura.

La tabella seguente riepiloga, per la struttura in esame, le condizioni di regolarità in pianta ed in altezza soddisfatte.

## **REGOLARITA' DELLA STRUTTURA IN PIANTA**

SI La configurazione in pianta è compatta e approssimativamente simmetrica rispetto a due direzioni ortogonali, in relazione alla distribuzione di masse e rigidità.

SI Il rapporto tra i lati di un rettangolo in cui la costruzione risulta inscritta è inferiore a 4.

SI Nessuna dimensione di eventuali rientri o sporgenze supera il 25% della dimensione totale della costruzione nella corrispondente direzione.

SI Gli orizzontamenti possono essere considerati infinitamente rigidi nel loro piano rispetto agli elementi verticali e sufficientemente resistenti. Per edifici in muratura: i solai sono ben collegati alle pareti e dotati di una sufficiente rigidità e resistenza nel loro piano.

## **REGOLARITA' DELLA STRUTTURA IN ALTEZZA**

SI Tutti i sistemi resistenti verticali (quali telai e pareti) si estendono per tutta l'altezza della costruzione.

NO Massa e rigidità rimangono costanti o variano gradualmente, senza bruschi cambiamenti, dalla base alla sommità della costruzione (le variazioni di massa da un orizzontamento all'altro non superano il 25 %, la rigidità non si riduce da un orizzontamento a quello sovrastante più del 30% e non aumenta più del 10%); ai fini della rigidità si possono considerare regolari in altezza strutture dotate di pareti o nuclei in c.a. o pareti e nuclei in muratura di sezione costante sull'altezza o di telai controventati in acciaio, ai quali sia affidato almeno il 50% dell'azione sismica alla base.

SI Nelle strutture intelaiate progettate in CD "B" il rapporto tra resistenza effettiva e resistenza richiesta dal calcolo non è significativamente diverso per orizzontamenti diversi (il rapporto fra la resistenza effettiva e quella richiesta, calcolata ad un generico orizzontamento, non deve differire più del 20% dall'analogo rapporto determinato per un altro orizzontamento); può fare eccezione l'ultimo orizzontamento di strutture intelaiate di almeno tre orizzontamenti. **(Non significativo per strutture in muratura)**

SI Eventuali restringimenti della sezione orizzontale della costruzione avvengono in modo graduale da un orizzontamento al successivo, rispettando i seguenti limiti: ad ogni orizzontamento il rientro non supera il 30% della dimensione corrispondente al primo orizzontamento, né il 20% della dimensione corrispondente all'orizzontamento immediatamente sottostante. Fa eccezione l'ultimo orizzontamento di costruzioni di almeno quattro piani per il quale non sono previste limitazioni di restringimento.

La rigidezza è calcolata come rapporto fra il taglio complessivamente agente al piano e , spostamento relativo di piano (Il taglio di piano è la sommatoria delle azioni orizzontali agenti al di sopra del piano considerato).

Tutti i valori calcolati ed utilizzati per le verifiche sono riportati nei tabulati di calcolo nella relativa sezione.

La struttura è pertanto:

- REGOLARE in pianta
- REGOLARE in altezza

Tale condizione viene mantenute nelle due ipotesi di calcolo, quella dello stato di fatto e nell'ipotesi di progetto.

### 6.0.1.7 Caratteristiche dei materiali

Dai risultati delle prove e delle indagini (vedi relazione) si sono stimate le seguenti caratteristiche dei materiali:

Caratteristiche Lineari		Resistenze di Calcolo	Caratteristiche non Lineari	Grafica
<b>Caratteristiche generiche</b>				
Descrizione	Muratura in pietrame disordinato			...
Sigla caratteristica del materiale	Mur			▼
Peso Specifico	[N/m <sup>3</sup> ]	19'000		
Coefficiente di dilatazione termica	[1/°C]	0.000010		
Modulo Elastico Normale	[N/mm <sup>2</sup> ]	6'900		
Modulo di Poisson		0.25		
<b>Altre caratteristiche</b>				
$f_{cm}(k)$	Resist. a compressione media (caratteristica)	[N/mm <sup>2</sup> ]	2.50	
$\gamma_m$	Coefficiente di sicurezza allo SLV		2.00	
$f_{tk}$	Resistenza caratteristica a trazione	[N/mm <sup>2</sup> ]	0.100	
$f_{ck,o}$	Resistenza caract. a compressione orizzontale	[N/mm <sup>2</sup> ]	2.50	
$f_{vko}$	Resist. caract. a taglio senza compressione	[N/mm <sup>2</sup> ]	0.200	
$\mu$	Coefficiente di attrito		0.40	
$\lambda$	Snellezza limite in condizioni sismiche		20	
<b>Tipo di Rottura a TAGLIO</b>				
MASCHI	Rottura a TAGLIO per scorrimento			▼
FASCE	Rottura a TAGLIO per fessurazione diagonale			▼

Figura 36 – Caratteristiche muratura in mattoni pieni



Caratteristiche Lineari | Resistenze di Calcolo | Caratteristiche non Lineari | Grafica

**Caratteristiche generiche**

Descrizione:

Sigla caratteristica del materiale:

Peso Specifico [N/m³]:

Coefficiente di dilatazione termica [1/°C]:

Modulo Elastico Normale [N/mm²]:

Modulo di Poisson:

Coefficiente di omogeneizzazione:

**Tondini acciaio**

**Altre caratteristiche**

Inputa Resistenza media in luogo della Resistenza caratteristica:

R<sub>ck</sub> Resistenza caratteristica cubica [N/mm²]:

%R<sub>ck</sub> Percentuale di riduzione di R<sub>ck</sub> [%]:

γ<sub>c</sub> Coefficiente di sicurezza allo SLU:

Figura 37 – Muratura in mattoni pieni e rinforzo con intonaco armato (Ipotesi di progetto)

### 6.0.1.8 Valutazione degli spetti

Spettri di Progetto per S.L.U. e S.L.D.

L'edificio è stato progettato per una Vita Nominale pari a 50 e per Classe d'Uso pari a 2.

In base alle indagini geognostiche effettuate si è classificato il suolo di fondazione di categoria D, cui corrispondono i seguenti valori per i parametri necessari alla costruzione degli spettri di risposta orizzontale e verticale:

Stato Limite	Coeff. Ampl. Strat.
Stato limite di operatività	1.00
Stato limite di danno	1.00
Stato limite salvaguardia della vita	1.00
Stato limite prevenzione collasso	1.00

Per la definizione degli spettri di risposta, oltre all'accelerazione ag al suolo occorre determinare il Fattore di Struttura q.

Il Fattore di struttura  $q$  è un fattore riduttivo delle forze elastiche, introdotto per tenere conto delle capacità dissipative della struttura, che dipende dal sistema costruttivo adottato, dalla Classe di Duttilità e dalla regolarità in altezza.

Si è inoltre assunto il Coefficiente di Amplificazione Topografica  $ST$  pari a 1,00. L'edificio è stato progettato per appartenere alla Classe 2.

Tali succitate caratteristiche sono riportate negli allegati tabulati di calcolo al punto “DATI GENERALI ANALISI SISMICA”.

Per la struttura in esame sono stati determinati i seguenti valori:

Stato Limite di salvaguardia della Vita

Fattore di Struttura  $q$  per sisma orizzontale in direzione X: 2,25

Fattore di Struttura  $q$  per sisma orizzontale in direzione Y: 1,50

Fattore di Struttura  $q$  per sisma verticale: 1,50

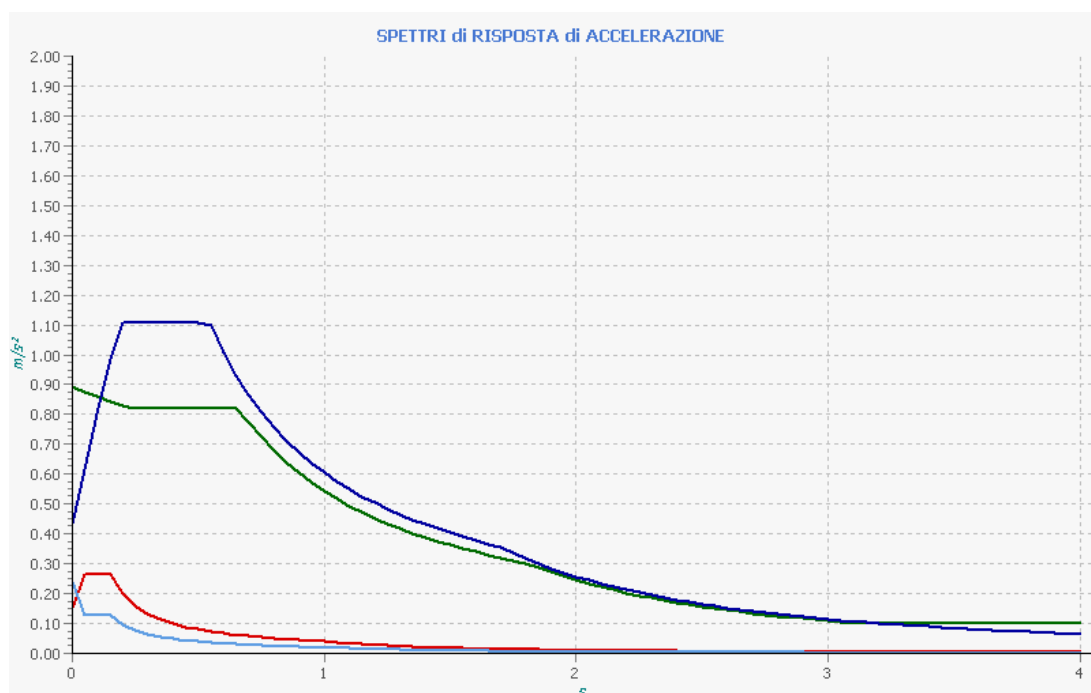


Figura 38 – Spettri utilizzati

### 6.0.1.9 Risultati dell'analisi di vulnerabilità

Di seguito vengono riportate le sintesi dei risultati in termini di sollecitazioni sulle murature esistenti, in termini di compressione, trazione (in direzione verticale ed orizzontale), pressioni sul terreno e spostamenti, in condizioni statiche.

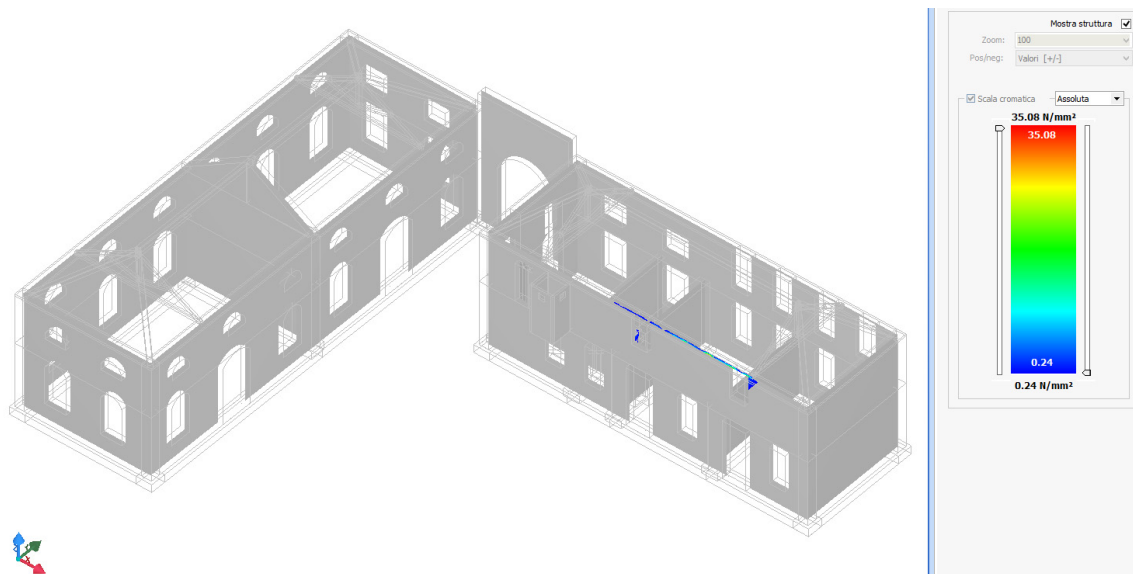


Figura 39 – Tensione di compressione eccedente le resistenze di calcolo

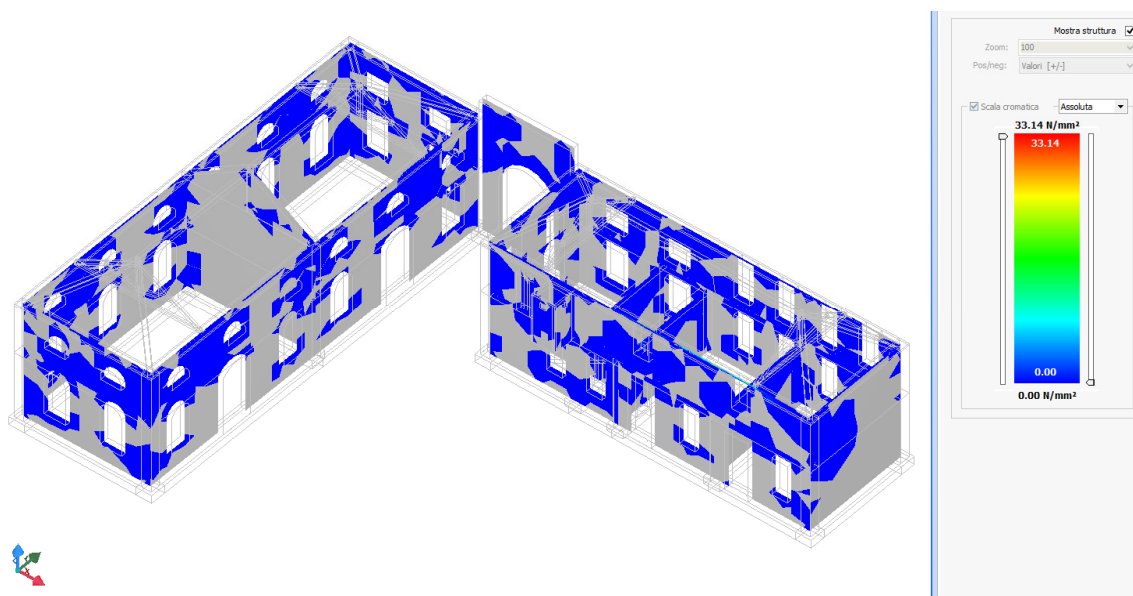


Figura 40 – Tensione di trazione (direzione orizzontale) eccedente le resistenze di calcolo

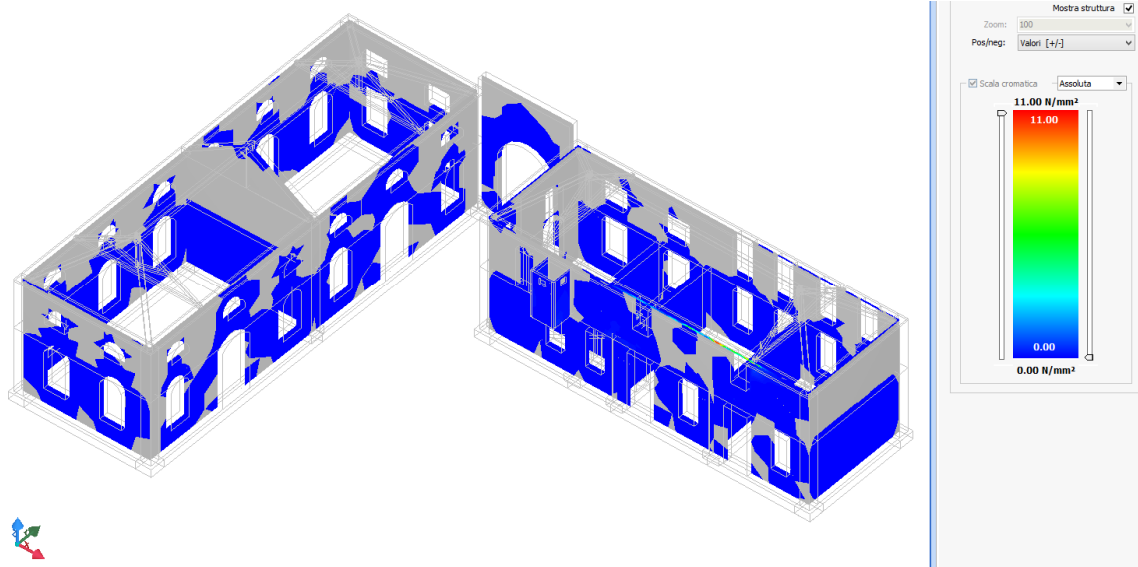


Figura 41 – Tensione di taglio eccedente le resistenze di calcolo

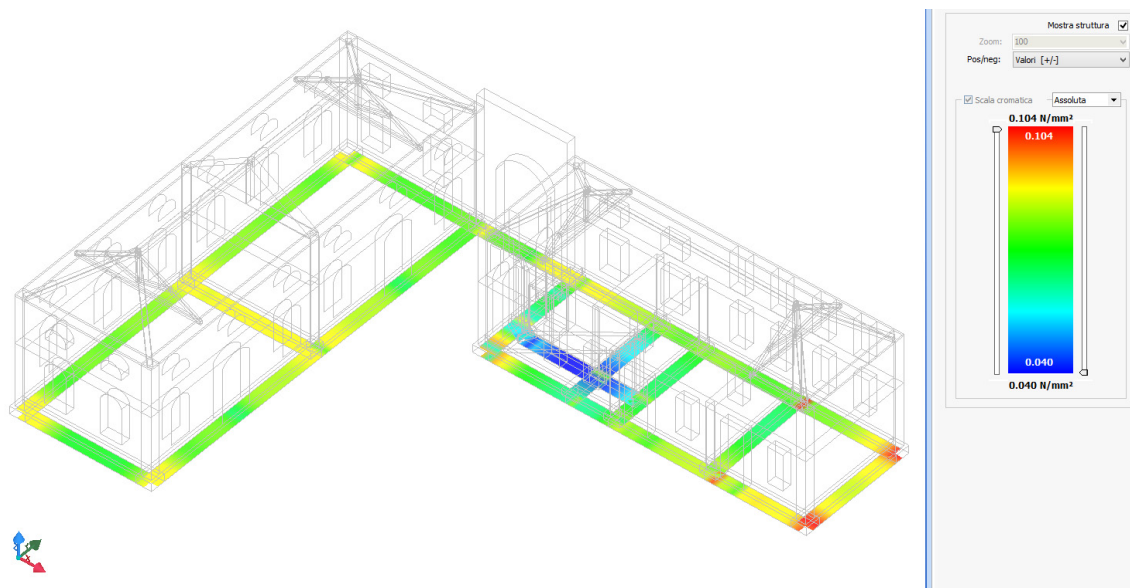


Figura 42 – Pressioni sul terreno in condizioni statiche

L'analisi dello stato di fatto è stata condotta anche in condizioni sismiche, ma per sintesi di svolgimento non se ne riportano risultati specifici, dal momento che già in condizioni statiche restano evidenti una serie di problemi.

L'analisi ha mostrato alcune peculiarità importanti:

- La muratura resiste bene alle sollecitazioni di compressione;
- La muratura ha delle grosse difficoltà in termini di trazione per ovvie carenze di sezioni resistenti (50 cm in mattoni pieni sono uno spessore non idoneo a supportare 2 livelli di costruzione)
- Le massime sollecitazioni di trazione si hanno in corrispondenza degli interpiani e dei tagli delle aperture e sarebbero quindi assorbibili con l'inserimento di strutture resistenti a trazione (cordoli di piano e piattabande)
- L'eccessiva pressione sul terreno, in media di 0.5 Kg/cmq con picchi vicino al 1 Kg/cmq, induce cedimenti differenziali che provocano un leggero stress aggiuntivo sulle murature.

#### 6.0.1.10 Programma degli interventi di miglioramento sismico

Per l'edificio oggetto di studio, al fine di pervenire ad un miglioramento sismico, si rendono necessari interventi strutturali da dimensionare sulla base dei livelli prestazionali che si intendono raggiungere, nel rispetto di quanto indicato dalla vigente normativa.

Si riportano di seguito degli stralci relativi alle NTC 2008:

### INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO

Rientrano negli interventi di miglioramento tutti gli interventi che siano comunque finalizzati ad accrescere la capacità di resistenza delle strutture esistenti alle azioni considerate.

È possibile eseguire interventi di miglioramento nei casi in cui non ricorrano le condizioni specificate al paragrafo 8.4.1.

### INTERVENTO DI ADEGUAMENTO

È fatto obbligo di procedere alla valutazione della sicurezza e, qualora necessario, all'adeguamento della costruzione, a chiunque intenda:

- a) sopraelevare la costruzione;
- b) ampliare la costruzione mediante opere strutturalmente connesse alla costruzione;
- c) apportare variazioni di classe e/o di destinazione d'uso che comportino incrementi dei carichi globali in fondazione superiori al 10%; resta comunque fermo l'obbligo di procedere alla verifica locale delle singole parti e/o elementi della struttura, anche se interessano porzioni limitate della costruzione;

- d) effettuare interventi strutturali volti a trasformare la costruzione mediante un insieme sistematico di opere che portino ad un organismo edilizio diverso dal precedente.

In ogni caso, il progetto dovrà essere riferito all'intera costruzione e dovrà riportare le verifiche dell'intera struttura post-intervento, secondo le indicazioni del presente capitolo. Una variazione dell'altezza dell'edificio, per la realizzazione di cordoli sommitali, sempre che resti immutato il numero di piani, non è considerata sopraelevazione o ampliamento, ai sensi dei punti a) e b). In tal caso non è necessario procedere all'adeguamento, salvo che non ricorrano le condizioni di cui ai precedenti punti c) o d).

Il progetto e la valutazione della sicurezza dovranno essere estesi a tutte le parti della struttura potenzialmente interessate da modifiche di comportamento, nonché alla struttura nel suo insieme.

Occorre ricordare che la struttura è stata realizzata per resistere alle sole condizioni statiche e gli interventi di progetto avranno una funzione di migliorare il comportamento sismico dell'edificio sotto l'azione di forze orizzontali.

Il modello di calcolo acquista la sua validità se viene rispettata una prima ed imprescindibile condizione che possa evitare di verificare le pareti in maniera isolata: un'adeguata rigidezza dei solai nel loro piano, confermato da alcune indagini eseguite.

Questa condizione risolve due gravi problemi attualmente esistenti:

- a) Ripristino delle condizioni di risposta statica degli elementi orizzontali sotto i carichi previsti dalla normativa;
- b) L'ideale risposta delle strutture di fondazione alle tensioni di esercizio con idonea ripartizione delle pressioni sul terreno.
- c) Adeguata ripartizione delle azioni orizzontali tra le murature.

A livello di interpiano è stata evidenziata nel modello di calcolo la presenza di un'azione tagliante superiore alle resistenze caratteristiche della muratura; l'effetto potrà essere abbattuto nella quasi totalità dalla realizzazione dell'intonaco armato che ha la possibilità di garantire un'adeguata risposta alle sollecitazioni di trazione e taglio.

Discorso analogo va eseguito per le tensioni di trazione e taglio in corrispondenza dei vani aperti nella muratura: esse sono assorbibili con il posizionamento di piattabande e mazzette, laddove non presenti, completati dall'intonaco armato.

Un ultimo, ma non in ordine di importanza, approfondimento ricade sulle murature: l'analisi ha mostrato come la stessa soprattutto in alcuni suoi maschi sia carente in termini di area resistente (lo spessore di 50 cm in zona sismica sarebbe adottabile solo negli ultimi piani di un edificio, mentre nel nostro caso lo si ritrova dalla fondazione all'ultimo livello). E' assolutamente da prevedersi il potenziamento della stessa attuabile in due modi con il miglioramento delle capacità resistenti della muratura, utilizzando tecnologie di rinforzo della muratura esistente.

L'adozione della indicata soluzione sarà progettata prevedendo un intonaco armato realizzabile con una composizione di calce e cemento armato con rete elettrosaldata dello spessore non inferiore ai 4 cm per lato di muratura, con elementi di collegamento (connettori) in misura non inferiore ai 4 per mq.

Ad ogni buon conto, tutte le murature vanno comunque riprese nella loro completezza con adeguati rinzaffi di malta cementizia ed operazioni di cucì e scuci nei tratti di lesione degli elementi lapidei.

## 6.1 VERIFICHE LOCALI

Sono state eseguite verifiche locali per sopperire ai meccanismi che danno origine al collasso della struttura. Le verifiche eseguite sono state basate sullo studio del quadro fessurativo rilevato opportunamente in loco.

### 6.1.1.1 Meccanismo di ribaltamento semplice

Il ribaltamento semplice delle pareti esterne di edifici in muratura è una delle cause più frequenti di crolli sotto l'effetto dell'azione sismica. Tale meccanismo si verifica generalmente per la carenza di connessione tra la parete investita dal sisma e quelle ortogonali. In presenza di cordoli, tiranti, catene, ecc. difficilmente si manifesta questo tipo di meccanismo, in quanto tali elementi non ostacolano le ribaltamento.

Nel calcolo la parete viene schematizzata come unico macroelemento capace di ruotare di rigidamente intorno alla cerniera cinematica. Il materiale viene considerato infinitamente rigido e resistente.

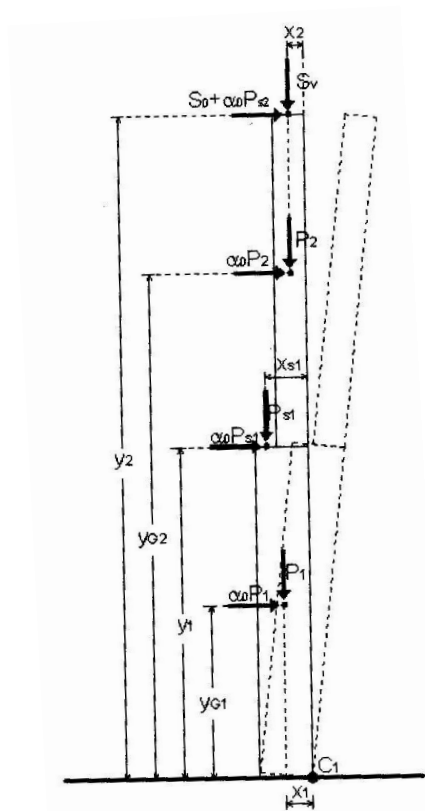


Figura 43 - Schema ribaltamento semplice

DATI



$$h = 6.60 \text{ m} \quad b_{\max} = 2.22 \text{ m} \quad t = 0.55 \text{ m} \quad \gamma = 19 \text{ KN/m}^3 \quad L_{\text{sol}} = 5.97 \text{ m}$$

$$P_{\text{sol}} = 2.5 \text{ KN/m}^2 \quad A_{\text{inf}} = b_{\max} \cdot L_{\text{sol}} = 6.63 \text{ m}^2 \quad a_g = 0.1642g \quad s = 1.5 \quad q = 2$$

$$w = \gamma \cdot h \cdot t = 68.97 \text{ kN} \quad S_c = P_{\text{sol}} \cdot A_{\text{inf}} = 2.5 \cdot 6.63 = 16.58 \text{ kN}$$

$$L_e = \alpha \cdot w \cdot \theta \cdot h/2 + \alpha \cdot S_c \cdot \theta \cdot h - w \cdot \theta \cdot t/2 - S_c \cdot \theta \cdot t/2 = 0$$

$$\alpha = (w \cdot t/2 + S_c \cdot t/2) / (w \cdot h/2 + S_c \cdot h) =$$

$$(68.97 \cdot 0.55/2 + 16.58 \cdot 0.55/2) / (68.97 \cdot 6.60/2 + 16.58 \cdot 6.60) = 0.0698$$

$$gM^* = (w \cdot h/2 + S_c \cdot h)^2 / (w \cdot h^2/4 + S_c \cdot h^2) =$$

$$= (68.97 \cdot 3.30 + 16.58 \cdot 6.60)^2 / (68.97 \cdot 1.65^2 + 16.58 \cdot 6.60^2) = 128.82$$

$$e^* = gM^* / (w + S_c) =$$

$$= 128.82 / (68.97 + 16.58) = 1.51$$

$$a_0^* = (\alpha \cdot g) / (e^* \cdot 1.35) =$$

$$= (0.0698 \cdot g) / (1.51 \cdot 1.35) = 0.034g$$

$$a = (a_g \cdot s) / q = (0.1642g \cdot 1.5) / 2 = 0.123g$$

$$a_0^* > a \rightarrow 0.034g > 0.123g \quad \text{NON VERIFICATO}$$

Ottenuta una verifica non soddisfatta, si interviene inserendo una catena, facendo una verifica di controllo se il dimensionamento della catena è corretto e progettando il capo chiave della stessa.

TIRANTE

$$(w \cdot t/2 + S_c \cdot t/2 + T \cdot h) \cdot (g / e^* \cdot 1.35)$$

$$T = (((0.123 \cdot ((68.97 \cdot 6.60/2 + 16.58 \cdot 6.60) \cdot (1.51 \cdot 1.35)))) - (68.97 \cdot 0.55/2 + 16.58 \cdot 0.55/2)) / 6.60) = 9.24 \text{ KN} = 9240 \text{ N}$$

$$A_{\text{res}} = T / f_{yd} = 9240 / 391.3 = 23.61 \text{ mm}^2$$

$$\varnothing = (A_{\text{res}} \cdot 4 / \pi)^{1/2} = (23.61 \cdot 4 / \pi)^{1/2} = 5.68 \text{ mm} \quad \text{SI ADOTTA } \varnothing 6 \text{ Ares} = 28.00 \text{ mm}^2$$

## VERIFICA DI CONTROLLO

$$\alpha = (w \cdot t/2 + Sc \cdot t/2 + T \cdot h) / (w \cdot h/2 + Sc \cdot h) =$$

$$(68.97 \cdot 0.55/2 + 16.58 \cdot 0.55/2 + 9.24 \cdot 6.60) / (68.97 \cdot 6.60/2 + 16.58 \cdot 6.60) = 0.25$$

$$gM^* = (w \cdot h/2 + Sc \cdot h)^2 / (w \cdot h^2/4 + Sc \cdot h^2) =$$

$$= (68.97 \cdot 3.30 + 16.58 \cdot 6.60)^2 / (68.97 \cdot 1.65^2 + 16.58 \cdot 6.60^2) = 128.82$$

$$e^* = gM^* / (w + Sc) =$$

$$= 128.82 / (68.97 + 16.58) = 1.51$$

$$a_0^* = (\alpha \cdot g) / (e^* \cdot 1.35) =$$

$$= (0.25 \cdot g) / (1.51 \cdot 1.35) = 0.123g$$

$$a = (ag \cdot s) / q = (0.1642g \cdot 1.5) / 2 = 0.123g$$

$$a_0^* > a \rightarrow 0.123g > 0.123g \quad \text{VERIFICATO}$$

CAPOCHIAVE      lunghezza a=0.40    larghezza b=0.02    altezza c=0.065

$$f_{ctd} = f_{ctm} / (Y_m \cdot FC) = 1.2 / (2 \cdot 1.35) = 0.444 \text{ daN/cm}^2$$

$$f_{vd0} = f_{vm0} / (Y_m \cdot FC) = 0.6 / (2 \cdot 1.35) = 0.222 \text{ daN/cm}^2$$

$$T_{m,a} = 2 \cdot f_{ctd} \cdot t \cdot (a + b + b \cdot t) = 2 \cdot 0.444 \cdot 55 \cdot (40 + 2 + 2 \cdot 55) = 7423.68 \text{ daN}$$

$$T_{m,t} = 2 \cdot t (f_{vd0} \cdot (a + b + b \cdot t) + 0.4 \cdot 0.8 \cdot 2^{1/2}/2 \cdot (a + b + b \cdot t)) =$$

$$= 2 \cdot 55 (0.222 \cdot (40 + 2 + 2 \cdot 55) + 0.4 \cdot 0.8 \cdot 2^{1/2}/2 \cdot (40 + 2 + 2 \cdot 55)) = 7495.14 \text{ daN}$$

$$T_m = \min (T_{m,a}; T_{m,t}) = 7423.68 ; 7495.14 = 7423.68 \text{ daN}$$

$$T_m = 7424 > T = 924 \text{ daN} \quad \text{VERIFICATO}$$

$$M = T \cdot a / 8 = 9240 \cdot 40 / 8 = 46200 \text{ daNcm}$$

$$V = T / 2 = 4620 \text{ daN}$$

### 6.1.1.2 Meccanismo di ribaltamento del cantonale 1

Il meccanismo di ribaltamento del cantonale interessa generalmente la parte di struttura d'angolo di un edificio. I macroelementi che partecipano al meccanismo sono parte delle due facciate ortogonali. Il meccanismo è favorito dalla spinta di tetti a padiglioni in cui i puntoni spingono direttamente sull'intersezione dei due muri d'angolo. Anche l'assenza di cordoli favorisce l'attivazione del meccanismo. Nei casi in cui è presente un quadro fessurativo, la geometria di macroelementi è facile da determinare.

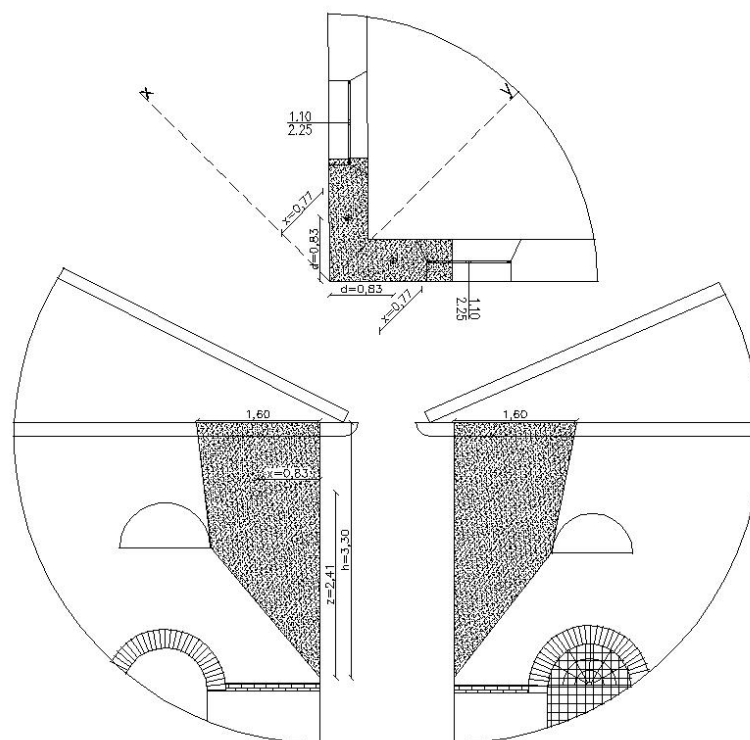


Figura 44 - Schema di ribaltamento dei cantonale 1

DATI

$$h = 3.30 \text{ m} \quad t = 0.55 \text{ m} \quad \gamma = 19 \text{ KN/m}^3 \quad A_{\text{inf}_{\text{tetto}}} = 12.33 \text{ m}^2 \quad P_{\text{tetto}} = 2.5 \text{ KN/m}^2$$

$$A_{\text{ribal}} = 3.67 \text{ m}^2 \quad x_s = 0.37 \quad a_g = 0.1642g \quad s = 1.5 \quad q = 2$$

$$P = \gamma \cdot t \cdot A_{\text{ribal}} = 38.35 \text{ kN} \quad P_c = P_{\text{tetto}} + A_{\text{inf}_{\text{tetto}}} = 2.5 \cdot 12.33 = 30.82 \text{ kN}$$

$$a_0^* = ((P \cdot x) \cdot 2 + P_c \cdot x_s) / ((P \cdot z) \cdot 2 + P_c \cdot h) =$$

$$((38.35 \cdot 0.77) \cdot 2 + 30.82 \cdot 0.37) / ((38.35 \cdot 2.41) \cdot 2 + 30.82 \cdot 3.30) = 0.2459g$$

$$a = (a_g \cdot s) / q = (0.1642g \cdot 1.5) / 2 = 0.123g$$

$$a_0^* > a \rightarrow 0.2459g > 0.123g \quad \text{VERIFICATO}$$

### 6.1.1.3 Meccanismo di ribaltamento del cantonale 2

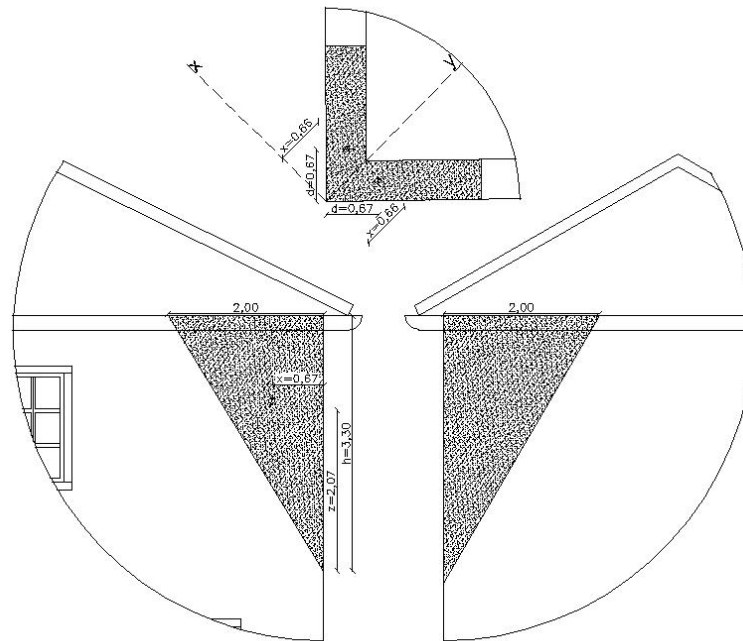


Figura 45 - Schema di ribaltamento dei cantonale 2

#### DATI

$$h = 3.30 \text{ m} \quad t = 0.55 \text{ m} \quad \gamma = 19 \text{ KN/m}^3 \quad A_{\text{inf}_{\text{tetto}}} = 9.46 \text{ m}^2 \quad P_{\text{tetto}} = 2.5 \text{ KN/m}^2$$

$$A_{\text{ribal}} = 3.29 \text{ m}^2 \quad x_s = 0.37 \quad a_g = 0.1642g \quad s = 1.5 \quad q = 2$$

$$P = \gamma \cdot t \cdot A_{\text{tetto}} = 34.38 \text{ kN} \quad P_c = P_{\text{tetto}} + A_{\text{inf}_{\text{tetto}}} = 2.5 \cdot 12.33 = 23.65 \text{ kN}$$

$$a_0^* = ((P \cdot x) \cdot 2 + P_c \cdot x_s) / ((P \cdot z) \cdot 2 + P_c \cdot h) =$$

$$((34.38 \cdot 0.66) \cdot 2 + 23.65 \cdot 0.37) / ((34.38 \cdot 2.07) \cdot 2 + 23.65 \cdot 3.30) = 0.2456g$$

$$a = (a_g \cdot s) / q = (0.1642g \cdot 1.5) / 2 = 0.123g$$

$$a_0^* > a \rightarrow 0.2456g > 0.123g \quad \text{VERIFICATO}$$

In entrambi i casi il calcolo risulta soddisfatto, anche se in presenza di leggere fessurazioni ma indipendentemente si è deciso di intervenire con catene che annullano il fenomeno di ribaltamento.

## 6.2 VERIFICA DELLO STATO DI PROGETTO

### 6.2.1.1 Stato di progetto - intervento globale con betoncino armato e interventi locali

Nel modello seguente si può notare come il calcolo di verifica è stato effettuato tramite rinforzi locali, come catene, e globali, come betoncino armato con malta di biocalce.

Inoltre si può notare nella pianta, come anche la collaborazione della nuova struttura in acciaio introdotta con il progetto non comporta problemi alla struttura esistente e risulti verificata.

Nel modello seguente si nota come la verifica a flessione nel piano, fuori piano, il taglio nel piano, il ribaltamento dei maschi e delle fasce e dei capochiave delle catene risulti verificata oltre al telaio in acciaio e alle nuove fondazioni in calcestruzzo armato introdotte.

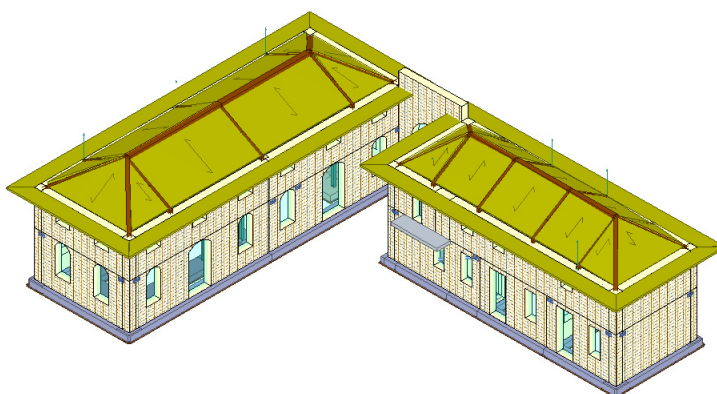


Figura 46 - Modello di calcolo tridimensionale

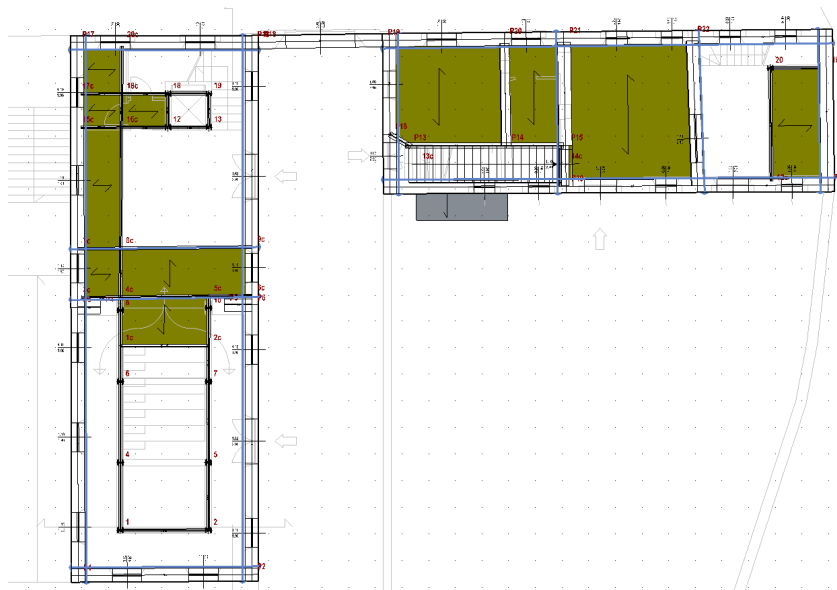


Figura 47 - Pianta di calcolo

### 6.2.1.2 Verifica pressoflessione fuori piano - Verifica pressoflessione nel piano - Verifica taglio nel piano

Nel modello che segue, si può vedere come tutte le verifiche di pressione fuori piano, pressione nel piano, taglio nel piano, ribaltamento e capo chiavi delle catene risultano soddisfatte.

Inoltre, anche la struttura introdotta ex novo risulta soddisfatta e collegata opportunamente alla struttura esistente.

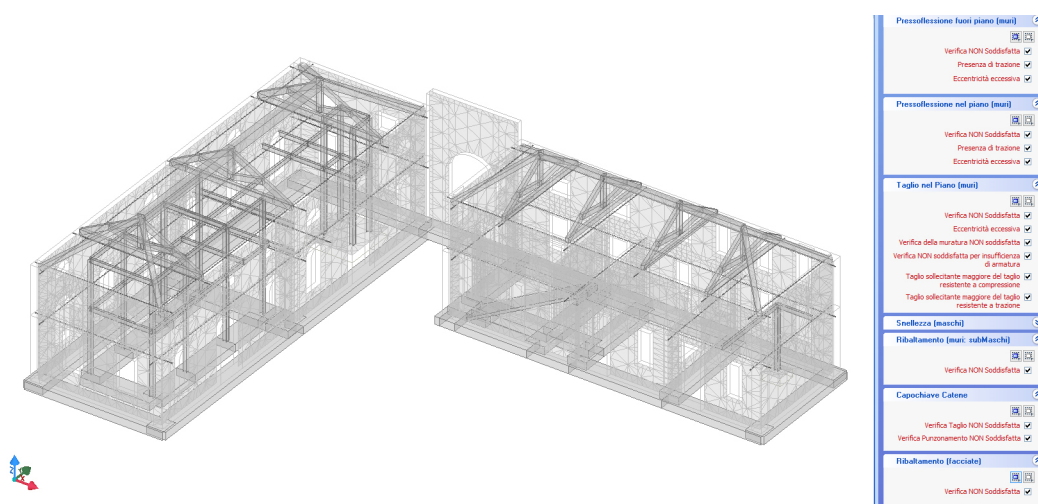


Figura 48 - Modello di calcolo tridimensionale che dimostra le verifiche soddisfatte



**Ringraziamenti:**

Un ringraziamento particolare ai miei relatori Massimiliano Bocciarelli e Luisa Ferro per la pazienza dimostrata e per i preziosi consigli, i quali hanno contribuito ampiamente all'arricchimento dei contenuti della tesi.

Un ulteriore ringraziamento all'Arch. Elena Ciapparelli, collaboratore della professoressa Ferro, la quale ha occupato parte del suo tempo per aiutarmi nello sviluppo degli elaborati. Ringrazio poi tutto il personale del Comune di Caprino, i miei tutor del tirocinio Arch. Monese Giuseppe, Arch. Alberghini Morena e Ing. Pellegrini Luca per i preziosi suggerimenti e per la dedizione con cui mi hanno seguito in questo mio progetto.

Desidero ringraziare, inoltre, con molto affetto i miei genitori Tomasi Maurizio e Grigoli Mariarosa per il loro sostegno, il grande aiuto che mi hanno dato standomi vicino in ogni momento e soprattutto per avermi offerto la possibilità di frequentare l'università.

Inoltre desidero ringraziare colei che si definisce il "pilastro portante della tesi" per il sostegno e l'aiuto datomi, anche se qualcosa è stato fatto al contrario.





# BIBLIOGRAFIA

## Normative

D. L. 22/01/2004, n. 42, "Codice dei beni culturali e del paesaggio"

D.M. 14/01/2008 (NTC), "Norme tecniche per le costruzioni".

PIANO REGOLATORE COMUNALE DI CAPRINO VERONESE

## Bibliografia Biblioteca Caprino Veronese

SENATORE GONDOLA V., *Quaderni culturali caprinesi, N.5-2010, Sommacampagna*, Cierre Grafica, 2010.

ARMANI G., *Strade nel caprinese, Storia, economia e vita*, La grafica, Mori, 2008

MARCHI S., *Saluti da Caprino Veronese, le cartoline raccontano*, Redaprint, Cavaion Veronese, 2013

ROCCHI P., MARNETTO R., VARI A., LEONORI M., *Il sistema CAM, cuciture attive dei manufatti*, Roma, Preprogetti, 2014

## Bibliografia Biblioteca Politecnico di Milano

VINCI MICHELE, *Metodi di calcolo e tecniche di consolidamento per edifici in muratura : analisi, esempi di calcolo, particolari costruttivi*, Palermo, Dario Flaccovio Editore, 2012.

CARBONE VINCENZO I., FIORE A., PISTONE G., *Le costruzioni in muratura : interpretazione del comportamento statico e tecniche di intervento*, Milano, Hoepli, 2001.

## Archivio Stato di Venezia

- ASVe, Beni Inculti, Disegni Verona, Mazzo II (particolare)
- ASVe, Provveditori sopra i beni Inculti, disegni Verona, rotolo 7, mazzo 7, disegno 9 (particolare)

### **Archivio di Stato di Verona**

- ASVr, Catasto austriaco, sezione Caprino, foglio 9
- ASVr, Catasto austriaco, sezione Boi di Pesina, foglio 12

### **Archivio Comunale di Verona**

- ACCVr, busta n. 44
- ACCvr, 1873, busta n. 42
- ACCVr, Caprino, busta 2, cartella “Cessione di terreno con imposizione di tassa livellaria-1748”

### **Siti internet**

<http://www.comune.caprinoveronese.vr.it/pagina.asp?Id=29>

<http://www.exmacellobenecomune.org/tag/fondazione-di-comunita/>