

**ALMA MATER STUDIORUM - UNIVERSITÀ DI BOLOGNA**

---

**SCUOLA DI INGEGNERIA E ARCHITETTURA**

*DIPARTIMENTO DI ARCHITETTURA*

*CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA EDILE-ARCHITETTURA*

**TESI DI LAUREA**

in

Architettura Tecnica e Tipologie Edilizie

**LE VILLE RURALI DEL BASSO MANTOVANO**

**Tecniche d'intervento mirate al consolidamento strutturale.**

CANDIDATO

RELATORE:

MAZZEI GIUSEPPINA

Chiar.mo Prof. GIOVANNI MOCHI

CORRELATORE:

Ing. ANDREA GUIDOTTI

Anno Accademico 2012/13

Sessione II

1.INQUADRAMENTO .....	1
1.1CENNI STORICI .....	2
1.1.2 LA CENTURIAZIONE DELL'AGRO MANTOVANO .....	7
1.2 IL TERRITORIO MANTOVANO E LA CORTE RURALE .....	10
2.CARATTERI TIPOLOGICI. ....	12
2.1 L'INSEDIAMENTO RURALE. ....	12
2.1.1 TIPI EDILIZI ISOLATI RURALI. ....	16
2.1.1.1 INSEDIAMENTO A BLOCCO.....	17
2.1.1.2 INSEDIAMENTO A CORTE APERTA .....	18
2.1.1.2.1 LA VILLA PADRONALE .....	17
2.2 TIPOLOGIE DELLA CORTE MANTOVANA .....	24
2.2.1 LE CORTI APERTE DEL BASSO MANTOVANO .....	30
<b>CORTE LA TEDOLGA</b> .....	32
<b>CORTE CASALE DI VIRGILIO</b> .....	34
<b>CORTE VERZANA</b> .....	36
<b>LA GALVAGNINA</b> .....	38
<b>CORTE FACCALINA</b> .....	42
<b>CORTE COLONNE</b> .....	44
<b>CORTE BARDELLA</b> .....	46
<b>CORTE ROZZA</b> .....	48
<b>CORTE PASSIONCELLA</b> .....	50
<b>IL PALAZZONE</b> .....	52
<b>IL ROCCIO</b> .....	53
<b>VILLA ANGELI</b> .....	54
<b>VILLA NIEVO</b> .....	56
<b>VILLA LE QUADRE</b> .....	57
3. PROBLEMATICHE E RECUPERO .....	58
3.1 COSTRUZIONI IN MURATURA.....	60

3.1.1 CARATTERISTICHE MECCANICHE .....	61
3.1.2 STATI LIMITE NEI PANNELLI MURARI.....	64
3.2 PRINCIPALI PROBLEMATICHE.....	69
3.2.1 QUADRI FESSURATIVI.....	69
3.2.2 CEDIMENTI DI FONDAZIONI.....	71
3.2.2.1 DISSESTO ASEGUITO DI ROTAZIONE. ....	73
3.2.2.2 DISSESTO PER SCHIACCIMENTO. ....	75
3.2.3 DEGRADO DEI MATERIALI.....	76
3.2.4 PERICOLO SISMICO .....	80
3.2.4.1 ANALISI DELLA QUALITA' MURARIA .....	82
3.2.4.2 ANALISI DEI MECCANISMI LOCALI .....	83
3.2.4.3 ANALISI GLOBALE.....	84
4 QUADRO NORMATIVO.....	87
4.1 QUADRO NORMATIVO EUROPEO .....	87
4.2 QUADRO NORMATIVO IN ITALIA .....	87
4.3 NORMATIVA TECNICA.....	88
4.4 ADEGUAMENTO E MIGLIORAMENTO SISMICO NELLE NORMATIVE ITALIANE .....	89
4.5 QUADRO NORMATIVO VIGENTE.....	90
4.6 MODELLI E CRITERI DI VERIFICA PROPOSTI PER EDIFICI IN MURATURA.....	93
4.6.1. VERIFICHE LOCALI .....	93
4.6.2 VERIFICHE GLOBALI .....	
4.7 FATTORE DI CONOSCENZA FATTORE DI CONFIDENZA .....	95
 <b>5.RISOLUZIONE PROBLEMATICHE.</b>	
<b>TECNICHE D'INTERVENTO FINALIZZATE AL CONSOLIDAMENTO STRUTTURALE.</b>	
5.1 MURATURE.....	98
5.2 SOLAI.....	100
5.2.1 PROBLEMI DI NATURA MECCANICA.....	101
5.3 COPERTURE .....	103

5.4 FONDAZIONI.....	108
5.5 TECNICHE D'INTERVENTO .....	111
5.5.1 MURATURE.....	111
5.5.2 SOLAI .....	113
5.5.3 COPERTURE.....	113
5.5.4 FONDAZIONI .....	113
<b>6. CASO DI STUDIO Villa Arrigona, Moglia, Mantova .....</b>	<b>129</b>
6.1 INQUADRAMENTO.....	131
6.1.1 CENNI STORICI .....	131

.....

**EDIFICIO PADRONALE VILLA ARRIGONA**

Analisi dei tracciati regolatori di piante e facciate

Rilievo e analisi stato di fatto

Definizione e analisi dei Quadri Fessurativi

Analisi dei sistemi strutturali

Saggi su murature solai e fondazioni

Interventi su murature solai e fondazioni

## **Introduzione.**

Oggetto di studio di questa tesi è la Dimora Padronale delle corti rurali aperte della Bassa Pianura Mantovana.

Da una prima analisi del territorio rurale mantovano, sono emersi tutti quei caratteri conformativi, sia di natura geografica, che storica che ne hanno determinato l'attuale configurazione e che in uno specifico arco temporale si sono rivelati determinati caratteri generativi delle corti rurali aperte.

Lo studio dell'impianto planimetrico delle numerosissime corti rurali del territorio mantovano, ha portato poi, alla determinazione del diverso ruolo gerarchico degli edifici costituenti le corti, e di come esso si rispecchia nelle soluzioni formali/architettoniche.

Segue una rassegna delle maggiori Dimore Padronali della bassa pianura, il cui studio ha portato all'individuazione dei caratteri tipologici di tali costruzioni, ai loro sistemi costruttivi, ai tracciati regolatori che ne hanno determinato sia la configurazione planimetrica che le proporzioni di facciata. Lo scopo ultimo è stato quello di identificare quali, tra i possibili interventi di consolidamento strutturale, possano essere più adeguati alla tipologia in esame, al fine di determinare come meglio agire per poter preservare questo enorme patrimonio, testimonianza architettonica del passato, di antichi modi di costruire e di vivere il territorio, troppo spesso in stato di degrado e abbandono.

La tesi si articola in tre parti.

La prima parte affronta l'identificazione e l'individuazione delle corti rurali e in specifico delle Dimore Padronali appartenenti alle suddette corti.

L'individuazione delle caratteristiche tipologiche di tali edifici, la loro conformazione planimetrica e prospettica.

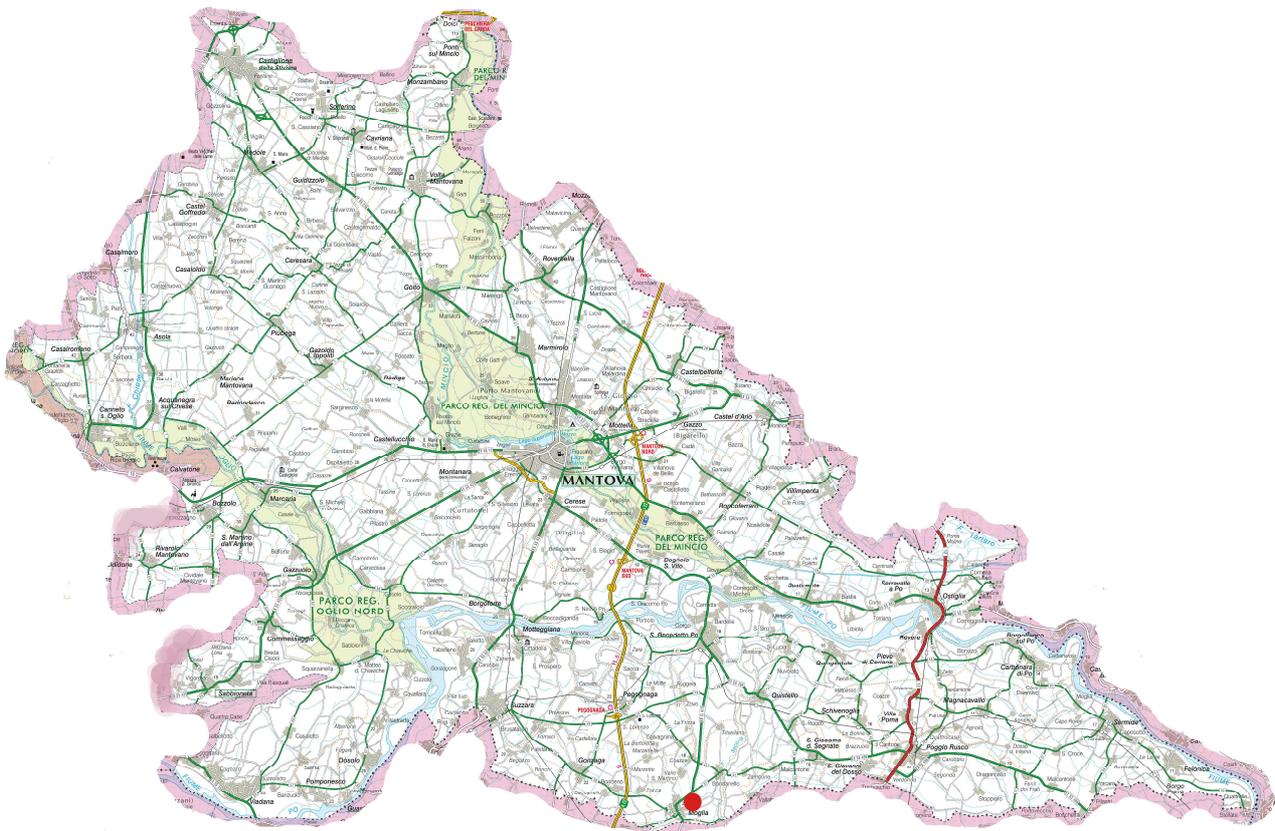
La seconda parte è di tipo progettuale, dopo lo studio delle caratteristiche strutturali degli edifici in muratura e delle problematiche relative al recupero, si definisce e coordinano una serie di nodalità critiche compatibili sia con le richieste prestazionali delle normative vigenti, sia con il mantenimento di quelle risoluzioni formali storiche che ne caratterizzano l'appartenenza ad una tipologia, da preservare in ogni suo elemento. In questi edifici l'adeguamento alle normative prestazionali (risparmio energetico e sicurezza agli eventi sismici) non ha le attenuazioni previste per gli edifici tutelati, è dunque importante che gli interventi di manutenzione straordinaria, di restauro, di nuova costruzione, che si rifanno alla Tradizione, non presentino forti sgrammaticature sul piano formale, contribuendo così al degrado degli ambiti architettonici e più in generale rurali e urbani.

La terza ed ultima parte è relativa allo studio di una Dimora Padronale appartenente ad una corte rurale aperta in provincia di Mantova.

Dall'analisi dell'impianto planimetrico e delle proporzioni delle facciate sono emersi, anche in questo caso quei caratteri tipici esaminati nello studio degli altri edifici appartenenti alla stessa classe tipologica.

Dopo una prima fase di sopralluogo e rilievo, e la possibilità di esaminare e assistere alle fasi di: indagine sull'edificio (sondaggi su fondazioni, carotaggi su murature e solai); di definizione dei sistemi costruttivi e degli elementi strutturali; alla definizione del quadro fessurativo e dei principali meccanismi di collasso; alla definizione delle diverse tipologie di solaio e di muratura presenti, e degli interventi atti al consolidamento strutturale e al miglioramento sismico; si è analizzata la conformità degli interventi scelti con le linee guida individuate nella seconda parte della trattazione.

# 1.INQUADRAMENTO



La descrizione di un determinato territorio è legata indissolubilmente alla conoscenza della sua storia politica, economica, sociale e militare. Risulta così necessaria sia la ricostruzione di una successione temporale di eventi, responsabili dell'assetto di una determinata realtà umana e geografica, che la comprensione delle dinamiche che hanno contribuito alla costruzione materiale di un paesaggio e di un *habitat* antropico.

“ Il grado di artificialità di un “Paesaggio o *habitat*”, al di fuori del costruito più evidente, ritenuto tale per comune definizione , spesso sfugge a chi ritiene che l'ambiente extraurbano sia prevalentemente opera di

natura piuttosto che di artificio.”(1)  
“L'incombenza dei fiumi, nel mantovano, determinò in larga misura i movimenti degli uomini e la loro organizzazione comunitaria. Specialmente nella fascia bassa. Si tratta probabilmente della nota predominante del territorio mantovano, in particolare a sud di Mantova, elemento che unisce tutta la vicenda dell'insediamento rurale. La pressione antropica sul territorio mantovano si manifestò anche in altri due ordini di realizzazioni, la crescita di piccole signorie fondiarie locali, spesso in lotta fra di loro, la quale spinse a una sorta di militarizzazione del territorio, con la costruzione di dimore

protette: corti e castelli, villaggi fortificati, rocche, recinzioni, che furono anche presidi

stradali e idraulici, luoghi di raccolta dei grani.”(2)

## 1.1 CENNI STORICI.

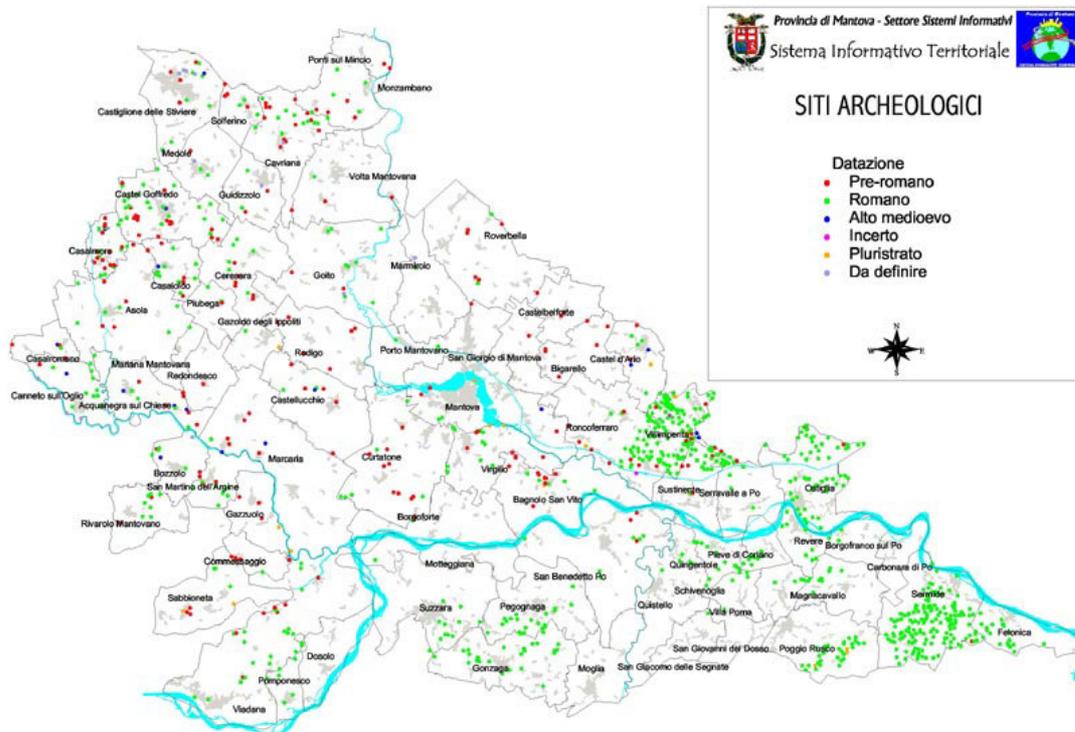


Fig.(1) Siti archeologici provincia di Mantova [da [www.bradacisoni.it](http://www.bradacisoni.it)]

*«Quindi passando la vergine cruda  
vide terra, nel mezzo del pantano,  
senza coltura e d'abitanti nuda.  
Lì per fuggir ogni consorzio umano,  
ristette con suoi servi a far sue arti,  
e visse, e vi lasciò il suo corpo vano.  
Li uomini poi che'ntorno erano sparti  
s'accolsero a quel luogo,  
ch'era forte  
per lo pantan ch'avea da tutte le parti.  
Per la città sovra quell'ossa morte;  
e per colei che'l luogo prima elesse,  
Mantua l'appellar sanz'altra sorte».*  
(*Inferno*, XX, 82-93).

“La fondazione della città di Mantova, così come è narrata nel racconto dei celebri versi danteschi, è da ritenersi certamente leggendaria. I versi di Dante forniscono

tuttavia una sia pur sommaria caratterizzazione del sito, individuando

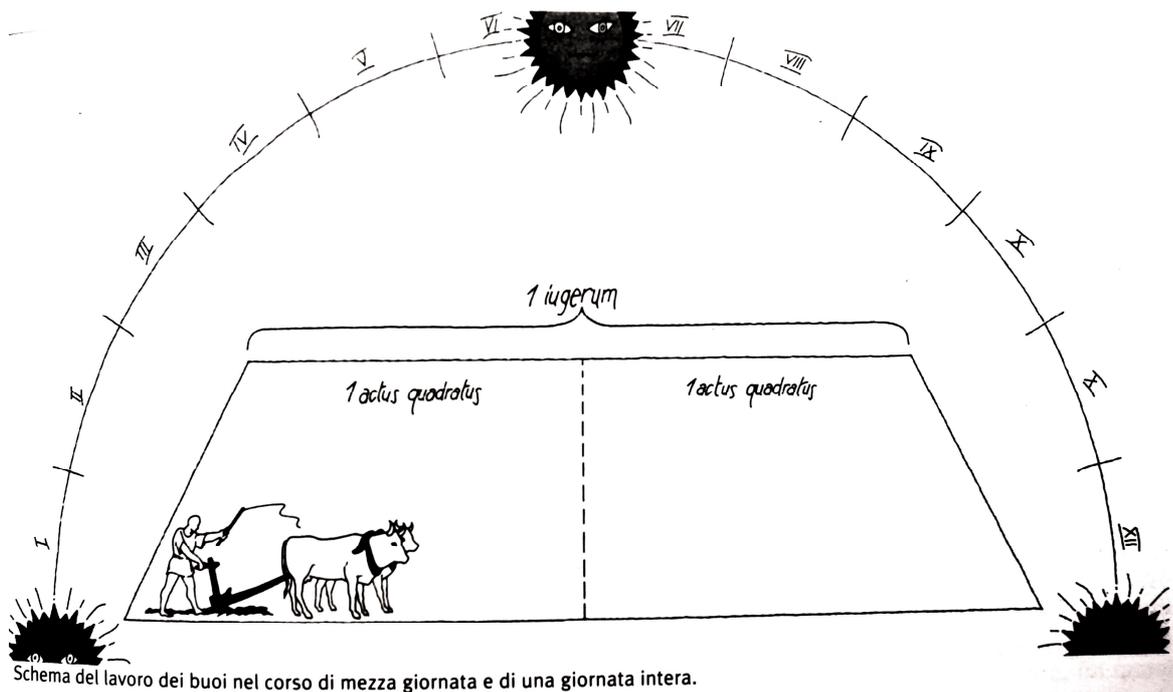
connotazioni destinate a rimanere inalterate nel tempo: un insediamento urbano circondato dalle stagnanti acque del fiume Mincio e un elevato grado di sicurezza difensiva. Due elementi che nell'intreccio di supposizioni che accompagnano le origini della città, sospese tra storia e leggenda, definiscono l'anima stessa di questo territorio attraverso i secoli. È opinione comune che la città di Mantova sia di fondazione etrusca. La leggenda che ha, come è noto antiche e illustri tradizioni letterarie, attribuisce all'indovina Manto, figlia di Tiresia, la fondazione della

città, mito che ebbe, specie nel Rinascimento, non trascurabili riflessi anche nelle arti figurative. Lo stanziamento di popolazioni etrusche nella zona della Pianura Padana è attestato attorno al 1000 a. C. e i territori lungo il corso del fiume Mincio, importante via commerciale di collegamento con i percorsi pedemontani in direzione di Como e di Brescia e in comunicazione con i paesi d'Oltralpe, furono caratterizzati da una fioritura di centri che si protrasse fino alla romanizzazione.”(3)

“Nei secoli successivi alla romanizzazione l'agricoltura stanziata nell'agro mantovano appariva notevolmente evoluta e diffusa con caratteri che si manterranno nel tempo. Le sistemazioni idrauliche agrarie ricevevano

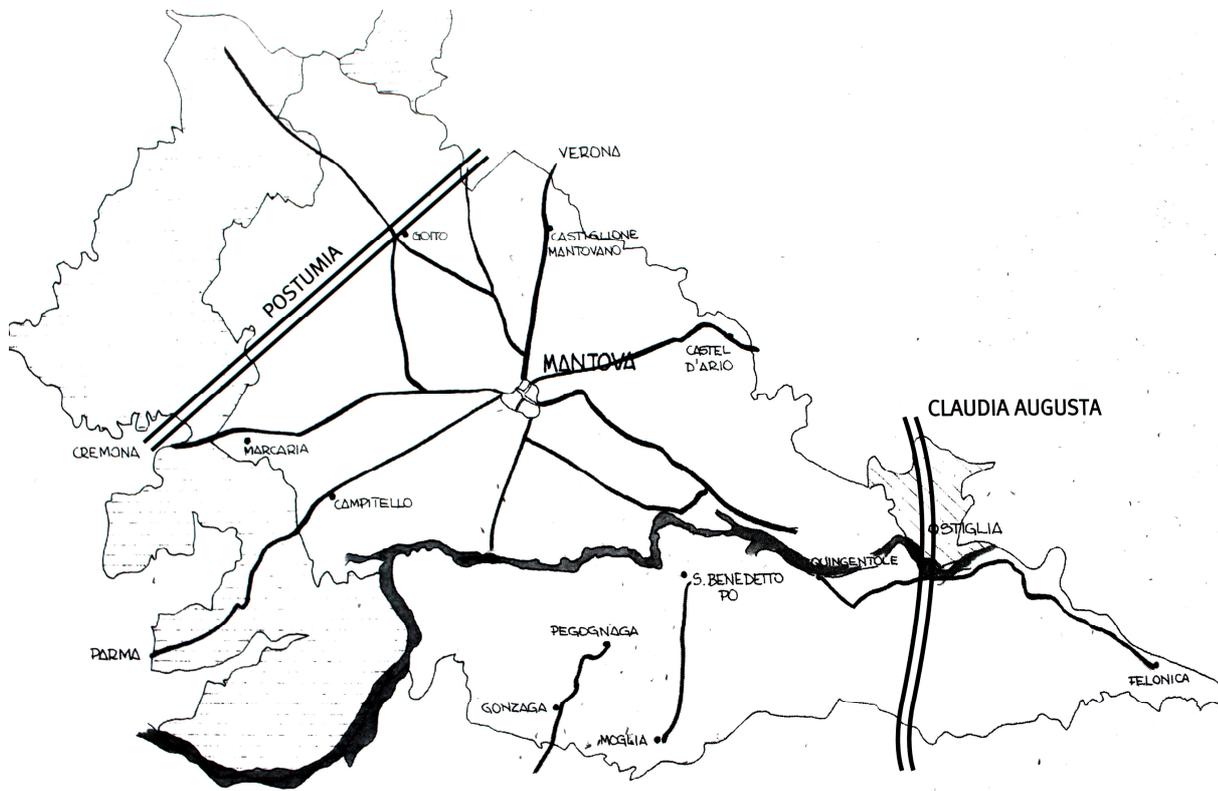
un'attenta cura: il campo coltivato veniva delimitato da fossetti di scolo che, nell'estate potevano ricevere, a mezzo di adatti sbarramenti, acque per rinfrescare le coltivazioni. Il campo aveva forma quadrata ed era dimensionato in modo che le lavorazioni principali si potevano compiere nel corso di una giornata. Fig.(2)

Importanti segni lasciarono le opere idrauliche romane, arginature, rettifiche di alvei naturali, scavi di canali artificiali. La romanizzazione ebbe sull'ambiente mantovano un momento di grande impatto con la centuriazione, la cui trattazione si rimanda al paragrafo successivo. .”(2)



Schema del lavoro dei buoi nel corso di mezza giornata e di una giornata intera.

Fig.(2) [Schema del lavoro dei buoi nei campi nell'arco di una giornata da Dino Niccolini, La corte rurale del Mantovano, Silvana, Milano, 1984]



. Le strade nell'Alto Medioevo.

Fig. (3) Le strade nell'Alto MedioEvo [ da Eugenio Camerlenghi, Lineamenti di storia e geografia del paesaggio, Tre Lune, collana Mantovarchitettura, Mantova, 2003.]

“In seguito alla decadenza dell’Impero Romano ebbe inizio il cosiddetto periodo delle invasioni barbariche: Marcomanni, Visigoti, Unni e Ostrogoti si abbattono sull’Italia settentrionale. La tradizione vuole che proprio in territorio mantovano, nei pressi di Governolo, il papa Leone I sia riuscito a fermare l’onda devastatrice di Attila e dei suoi Unni. Nell’anno 568, i Longobardi, popolo di

stirpe germanica penetrarono nel paese seguendo i percorsi delle strade romane, fra cui la via Postumia, e occuparono il Friuli e in seguito Vicenza, Verona e le altre città del Veneto, proseguendo poi per Brescia, Bergamo, Milano e altri centri dell’Italia settentrionale. Pare comunque che il dominio longobardo non abbia portato al territorio interventi degni di rilievo.

Con la vittoria di Carlo Magno il Mantovano passò ai Franchi e alla metà dell'IX secolo Mantova entrò a far parte, insieme a Bergamo, Brescia, Piacenza, Parma, Reggio e Modena della marca Attoniana, così chiamata perchè affidata agli Attoni di Canossa dal carolingio Ludovico II. Fu un periodo in cui le condizioni del territorio iniziarono progressivamente a migliorare e si assistette ad una graduale e costante ascesa della città che da «piccolo aggregato di case piantate in un'isola cinta da pali, e di mura per la difesa» iniziava a trasformarsi in un centro sempre più importante sia politicamente sia commercialmente. Al dominio dei Canossa, l'ultima discendente dei quali fu la contessa Matilde, che tanta parte ebbe nel conflitto tra Impero e Papato, si oppose la coalizione di forze nuove che preparò l'avvento del Comune, istituzionalizzato, con la discesa dell'imperatore Enrico V, nel 1116.”(3)

“Intorno al 1200 si va strutturando una fitta rete di canali minori e maggiori, in grado di utilizzare ogni più piccolo dislivello per convogliare le acque eccedenti verso i recapiti fluviali, regolati da una corona di chiuse e

paratoie idonee a contenere i rigurgiti nelle fasi di piena. Nasce così un sistema di digagne e chiaviche che rimarrà specifico di questa parte di territorio mantovano fino alle bonifiche contemporanee oltre.”(2)

“Al periodo comunale, fece seguito all'inizio del XIII secolo, un confuso periodo di lotte intestine tra le famiglie più importanti al fine di assicurarsi il governo della città. Il 16 marzo 1328 Luigi Gonzaga s'impadronì del potere.

Il Gonzaga era infatti riuscito a sottrarsi all'egemonia viscontea, tutto ciò grazie agli equilibri politici, ma anche alla forza delle armi e al deciso potenziamento dell'assetto fortificatorio della città e del territorio.

Il 21 gennaio 1707, il duca Ferdinando Carlo Gonzaga Nevers fu costretto ad abbandonare Mantova e il possesso del ducato gonzaghese fu dichiarato ereditario della Casa d'Austria.



Fig.(4) Bonifica da arginino [da <http://www.oltrepomantovano.eu/consorzio/> ]

L'annessione all'Impero si rivelò determinante per il futuro del Mantovano; l'insediamento del governo imperiale segnò, infatti, per l'ex ducato l'inizio di un periodo di profondi cambiamenti dopo la fase di decadenza che aveva caratterizzato gli ultimi decenni della signoria gonzaghesca. Dopo circa quattro secoli, Mantova cessò improvvisamente e definitivamente di essere capitale dell'omonimo stato per trasformarsi di fatto in capoluogo di una delle numerose entità provinciali che all'epoca costituivano l'Impero; inoltre per la sua collocazione geografica, così come per la sua posizione

naturalmente fortificata, congiunta alle opere difensive di tradizione rinascimentale e per il suo ruolo di postazione avanzata nell'accerchiamento della Repubblica di Venezia, alla città fu da subito riconosciuto ed attribuito un fondamentale valore strategico-militare nell'ambito della difesa dei territori imperiali dell'Italia settentrionale.

A partire dalla seconda metà del XVIII secolo le contingenze militari lasciarono finalmente spazio a programmi di intervento riformatore, finalizzati alla ristrutturazione dell'intero apparato statale. Accanto ai numerosi interventi di carattere civile, ispirati alle

nuove esigenze della società illuminista, si continuarono però a registrare sistematici interventi in ambito militare, differenziati da quelli del periodo precedente per un più accentuato carattere programmatico.

Nella primavera del 1796 Napoleone Bonaparte entrò in Italia e il 2 febbraio 1797, dopo un lungo assedio, la fortezza di Mantova si arrendeva ai francesi.

Dopo il 15 febbraio 1802, con la creazione della repubblica Italiana che surrogava la Cisalpina, Mantova guadagnò una prefettura, l'amministrazione dipartimentale e municipale oltre che una camera di commercio e il tribunale mercantile. Questi riconoscimenti, confermati poi in seguito alla proclamazione del regno d'Italia il 17 marzo 1805, dimostrano quale fosse l'importanza tributata dai francesi alla città a livello amministrativo, un rango che le veniva assegnato dalla storia, ovvero dall'essere stata capitale del ducato gonzaghesco, e dalla geografia, per la centralità della sua posizione rispetto alla valle del Po con chiare

implicazioni strategiche e militari. Nell'aprile del 1815 gli Austriaci, eloquentemente acclamati dal popolo, rientrarono in città. Archiviati i sogni repubblicani, terminati gli anni delle grandi feste, fu ripristinato il vecchio ordinamento e Mantova entrava come provincia a far parte del nuovo Regno Lombardo-Veneto.

L'annessione al regno d'Italia, che coincise certamente per il Mantovano con un progressivo affrancamento dai vincoli militari, portò però alla conclusione di un lungo periodo che aveva visto questo territorio tra i protagonisti assoluti degli avvenimenti bellici degli ultimi due secoli, anche attraverso la realizzazione di mirabili opere, strutture e complessi a carattere militare, una architettura strettamente connessa alla morfologia e alla conformazione geografica, aggiornata alle più moderne teorizzazioni ed esigenze dell'arte della guerra, che ha inciso profondamente sul disegno del territorio.”(3)

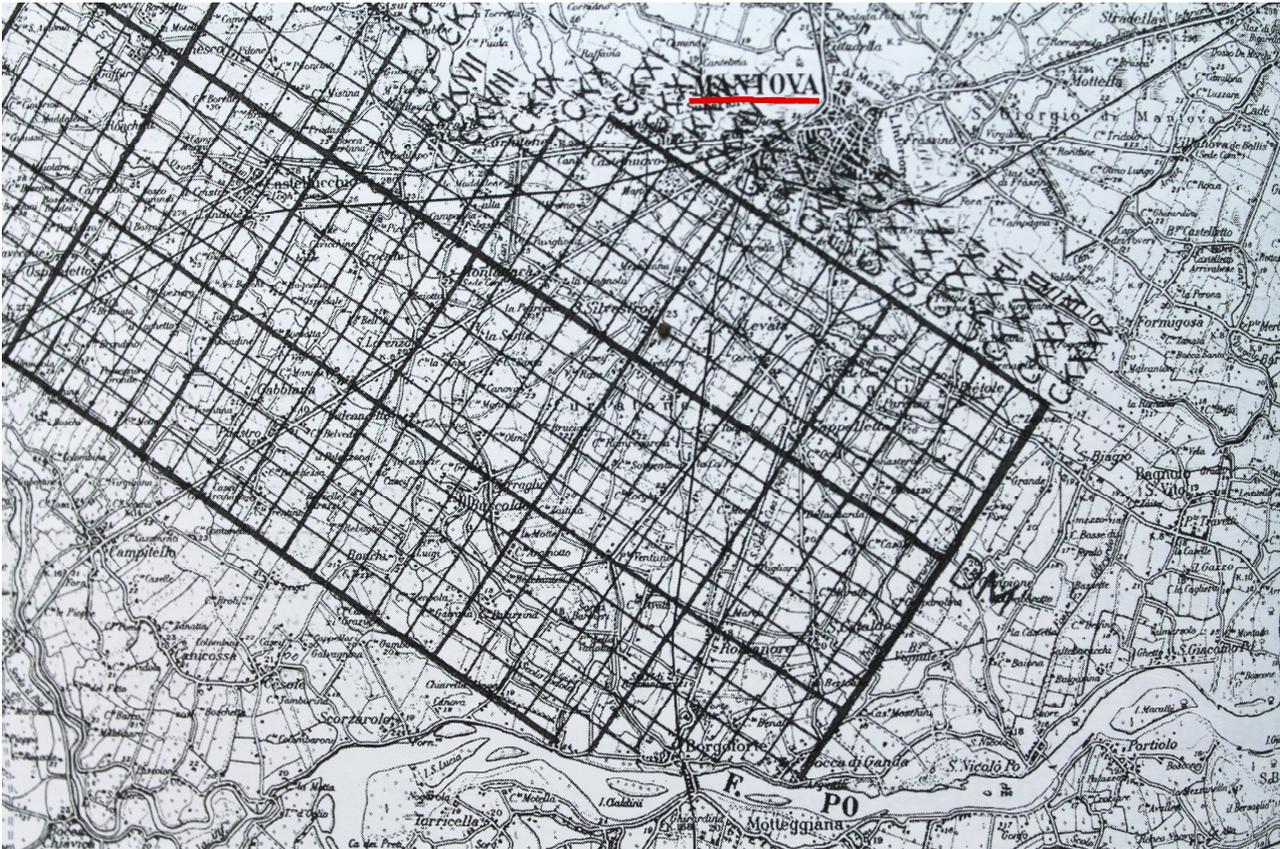


Fig.(5) La centuriazione romana [da Elena Mutti ghisi, La centuriazione triumvirale dell'agro mantovano, Cavriana Cavriana, 1981.]

## 1.1.2 LA CENTURIAZIONE DELL'AGRO MANTOVANO.

“La valle padana era una terra estremamente fertile e ricca. Tuttavia quando i Romani cominciarono la penetrazione nell'Italia settentrionale trovarono una regione ancora

disorganizzata e in parte deserta; i grandi fiumi che solcavano la pianura, soggetti a frequenti piene, creavano aree paludose che impedivano l'insediamento. L'opera di

romanizzazione della valle padana fu anche rivolta alla trasformazione del territorio, che si concretizzò in bonifiche, disboscamenti e lottizzazioni.

La centuriazione dell'agro mantovano rientra quindi nel quadro della romanizzazione della valle padana, la quale si rese necessaria a causa della distribuzione di terre ai veterani di Ottaviano.

Essa non fu solamente un importante atto di trasformazione fondiaria ed economica di questo territorio ma diversamente da ogni altra opera del genere, essa continua ad essere indissolubilmente correlata al canto di Virgilio, ai veteres coloni costretti ad abbandonare le antiche proprietà al *barbarus*

*miles* che ne diventava il nuovo padrone (Virgilio, *Eclogae* I, vv. 3-4). “(4)

Oggi è possibile intuire la presenza di questo regolare disegno agrario osservando le tracce che esso ha lasciato sul terreno.

Le linee della centuriazione costituivano infatti una vera e propria rete viaria. Non è certamente facile individuare oggi i

confini del territorio mantovano in era romana poiché sono numerosi i mutamenti territoriali succedutisi nel corso dei secoli. “Nel ricostruire il reticolo dell’antica centuriazione dell’agro mantovano sono stati seguiti i metodi del Castagnoli :<< *il criterio che permette di attribuire all’età romana le tracce di divisioni agrarie è l’assoluta regolarità dell’allineamento nel suo complesso, salvo cioè deviazioni locali, e l’ortogonalità degli incroci, elementi che di rado si trovano in epoche non romana. Ciò però non basta, occorre che le distanze tra i limites siano un multiplo di un’unità di misura antica, oppure che vi siano altri elementi che ne accertino l’antichità, come per esempio manufatti antichi dipendenti della loro giacitura dal disegno della suddivisione agraria* >>.La zona del mantovano in cui sono più evidenti le testimonianze dell’antica centuriazione è quella circostante la *via Postumia*. Data la difficile natura idrografica del territorio e la lieve pendenza del suolo, si dovette dare ai *decumani* un orientamento che seguiva la

pendenza naturale del terreno, in modo da favorire lo scorrimento delle acque, impedendo che esse si fermassero a formare paludi.

### L'inclinazione del *decumanus maximus*

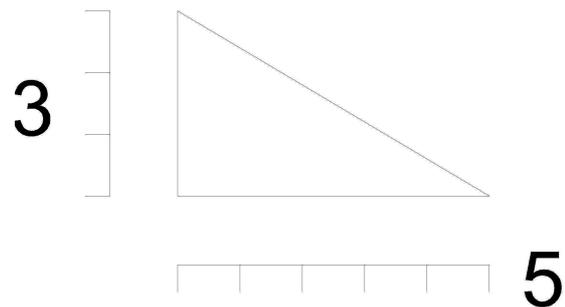


Fig.(6) Inclinazione del *decumanus maximus*, ricostruzione grafica dal testo.

Questo tracciato corre da Nord-Ovest a Sud-Est per oltre dieci chilometri in mezzo alla campagna. Per avere la certezza che tali tracce potessero costituire i resti dell’antica divisione agraria, bisognava che le distanze tra di loro fossero un multiplo di una unità di misura lineare antica. Tale misura si è rivelata intorno ai 710 metri, inducendo a pensare a centurie di 20 *actus* di lato che è il modulo adottato in epoca triumvirale. I *limites* centuriali sono per lo più costituiti da strade di maggior o minor importanza, alcune ancor oggi efficienti, da sentieri che si perdono nei campi, da fossi di scolo o canali. Sfortunatamente in questo territorio non si è in grado di stabilire quali fossero il

*kardo* e il *decumanus maximus*, ovvero gli assi portanti della centuriazione.

Quale fosse il numero delle centurie non è possibile dirlo con certezza innanzi tutto perché manca la certezza riguardo ai confini dell'agro mantovano, poi perché alcune zone boschive o paludose furono escluse dalla centuriazione.

All'interno delle centurie, si sono evidenziate tracce che testimoniano le ripartizioni a cui vennero sottoposte per assegnare le porzioni di terreno ai veterani. In epoca triumvirale la suddivisione più usata era quella della centuria in 4 parti di 50 iugeri ciascuna, ma esaminando le tavolette IGM si nota che in alcuni casi i quattro quadrati in cui risulterebbe divisa una centuria, portavano un'ulteriore suddivisione interna nella direzione dei *kardines*, rappresentata da un piccolo fossato o da un sentiero. Si è ipotizzato così che le ripartizioni interne delle centurie potessero essere state eseguite tracciando in direzione parallela al *decumanus maximus*, un *limes intercisivus* che divideva in due parti la centuria, quindi in direzione dei *kardines* avrebbero segnato, ad uguale distanza tra loro, tre *limites* interni, frazionando così la centuria in due parti uguali, secondo la direzione dei *decumani*, e in quattro parti uguali secondo la direzione dei *kardines*. In questo modo la centuria di 200 iugeri sarebbe stata divisa in 8 appezzamenti rettangolari di 25 iugeri. In ogni

centuriazione non veniva adottato sempre lo stesso sistema di suddivisione, esso cambiava a seconda delle assegnazioni, dell'importanza dell'assegnatario, della fertilità del suolo o della sistemazione da dare al territorio. Se l'area di ogni centuria di 710 metri per lato viene ripartita per il numero degli appezzamenti che essa conteneva, si ottiene per ogni appezzamento una superficie di poco più di 6 ettari. Questa misura in relazione con la biolca, misura agraria attualmente in uso nel mantovano, risulta la ventesima parte di un'assegnazione. L'opera di centuriazione non consiste in un arido tracciato di linee, rappresenta bensì un momento della storia di Roma ed un documento di civiltà, rivolta alla trasformazione del territorio. Se la funzione che i romani svolsero nella pianura padana fu quella di formare e sviluppare centri abitati, quando l'Impero romano decadde per il nostro territorio iniziò una nuova epoca. Molti avvenimenti si succedettero a sconvolgere ciò che con pazienza era stato costruito ed anche la centuriazione subì inevitabilmente un deterioramento.” (4)

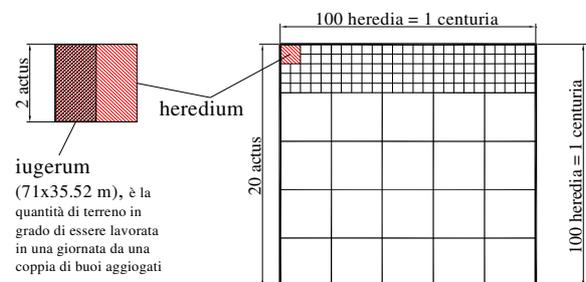


Fig.(7) La suddivisione dei fondi nella limitatio romana, ricostruzione grafica dal

## 1.2 IL TERRITORIO

### MANTOVANO E LA CORTE RURALE

“L’intervento insediativo ed edilizio quasi mai è esente da influenze, condizionamenti, aggiustamenti, variazioni del modello edilizio, della forma e del tipo costruttivo, influenze determinate tutte dalla natura del luogo, non solo nei suoi elementi ambientali, ma anche in ciò che la storia, quindi l’antropizzazione ha stratificato sul luogo stesso.”(6)

Nella campagna mantovana l’orientamento non è semplice traccia topografica, ma si trasforma in sistema fondiario-proprietario ed insediativo; è evidente che, più che ragioni mitiche o regole gromatiche, abbia influito l’esigenza del deflusso idrico.

Il fattore orientamento è dominante nella costruzione della corte mantovana, ma non sempre legato al soleggiamento; se regola generale nel mantovano è quella di porre i lati non edificati a sud o a sud-est e di non finestrate i muri occidentali o settentrionali, molti altri fattori porteranno a correggere e spesso ad invertire tale regole.

testo.

Nell’insediamento della <<bassa>>, in genere le corti si aprono verso il fiume su entrambe le sponde e quindi con opposti orientamenti.

La lettura sull’orientamento dell’organismo architettonico è più agevole sulla trama idrico-stradale-fondiaria.

I tre elementi canale-fiume, tracciato stradale e lotto, si fondono in un unico reticolo in genere isoorientato che costituisce uno tra gli elementi di più radicata permanenza degli antichi modi d’uso del territorio rurale.

La struttura della << corte mantovana >>, tanto in senso economico, quanto in senso edilizio è un organismo complesso e articolato di edifici gerarchicamente e funzionalmente distinti, in contrapposizione ad un precedente modo di abitare la campagna. Rappresentava un processo sincrono di accorpamento fondiario e di organizzazione della produzione e della rendita; processo che nel mantovano fu uno dei cardini della fortuna dei Gonzaga che si sostituirono alle precedenti proprietà ecclesiastico-feudali, in cui l’accorpamento e la proprietà stessa erano solo ormai nominali e assoluta era l’indifferenza verso l’organizzazione produttiva.”(6)



Fig.(8) Corte la vecchia, Marcaria, Mantova [da [www.lombardia.beni.culturali.it](http://www.lombardia.beni.culturali.it)]

## **2.CARATTERI TIPOLOGICI**

### **2.1 L'INSEDIAMENTO RURALE.**

“Alla base della strutturazione della campagna c'è il rapporto tra casa rurale, uso e divisione del suolo e forme di insediamento; alla base della conformazione della città c'è un continuo dialogo tra tessuto di base, percorsi ed emergenze. Alla base di questa analisi che mette in relazione le attività e i relativi insediamenti con il territorio che li ospita sta anche la considerazione del diverso rapporto città-campagna che ha caratterizzato i diversi momenti storici, vedendo l'alternarsi della prevalenza della cultura urbana o della cultura agricola. Secondo questo rapporto si possono verificare le modificazioni dell'assetto spaziale (fisico) del territorio. I fattori, che, variando, caratterizzano nell'uno o nell'altro senso l'interesse degli abitanti sono di natura politica, sociale, economica e sono strettamente connessi con gli eventi storici. “(7)

Spazio urbano e spazio rurale, pur nella diversità delle forme, nascono entrambi da esigenze dettate dalla necessità e impiegano conoscenze tecnico-scientifiche; in entrambi i casi la costruzione è il risultato di un'azione ripetuta dell'uomo sull'ambiente.

“Nella costruzione dei campi, come per la casa, la concezione di uno spazio adeguato nasce dall'instaurarsi di relazioni tra gli uomini e ciò che essi vivono e considerano

come il proprio spazio. Una qualità specifica unitaria del paesaggio è data dalla stessa struttura agraria della coltivazione promiscua e dalla regola geometrica dei moduli di partizione territoriale e dei fondi; lo spazio aperto, ripetuto e semplice in cui individuale e complessivo, privato e pubblico, si alternano senza contraddizione all'interno della struttura generale.

Nella bonifica dei territori paludosi è implicita una capacità da parte dell'uomo di vedere oltre le vocazioni naturali del suolo, di svelare e mettere a frutto le potenzialità produttive, spesso nascoste del territorio. L'azione di trasformazione e coltivazione del suolo ha in primo luogo bonificato e rimodellato il terreno, costruendo un sistema di canali e di condotte per il drenaggio e per l'irrigazione del suolo.

Dalla colonizzazione romana, al periodo medioevale, fino all'organizzazione sette-ottocentesca ed anche in tempi recenti, si è conservata un'uniformità delle coltivazioni data dall'alternarsi di alcune culture, sempre le stesse all'interno dello stesso fondo.

Le divisioni derivano dall'organizzazione dei coltivi in rapporto al sistema dei tracciati, da limiti derivanti dai confini di antichi insediamenti, da particolarità morfologiche del suolo e solo in misura secondaria, dai confini di proprietà.

La relazione tra modi d'uso e definizione formale e dimensionale degli appezzamenti è

strettissima: mentre nel precedente sistema di coltivazione i confini del campo erano determinati dall'irregolare allargarsi del fuoco dei debbi, con la diffusione dell'aratro, gli appezzamenti si conformano secondo le nuove tecniche di lavorazione ad arature incrociate e all'alternanza biennale della coltura e del riposo, e si fissano in una struttura ortogonale; forma e dimensione si definiscono in base a quei modi d'uso: la lunghezza del campo romano (1 actus) è, secondo Plinio, da riferirsi alla lunghezza del solco che un paio di buoi era in grado di tracciare in un sol tratto "(8).



Fig.(9) Corte Bonauent, Cstelgoffredo, Mantova [da Dino Niccolini, *La corte rurale del Mantovano*, Silvana, Milano, 1984]

Al campo, che misura uno iugero, sono collegate la forma e la misura dell'heredium, di due iugeri, della centuria, di cento heredia. L'heredium si costituisce come elemento direttamente collegato alle esigenze proprie del maggese, è un'unità agraria che deriva

dalla giustapposizione di due campi destinati rispettivamente alla coltura e al riposo, e corrisponde ad un appezzamento quadrato di due actus di lato; un quadrato di 20x20 actus a sua volta forma la centuria, unità formale e dimensionale di colonizzazione romana.

Nella costruzione romana le divisioni agrarie le forme e i tracciati dell'urbanizzazione del territorio si identificano, cosicché si stabilisce un vincolo reciproco tra la divisione del suolo e forma insediativa. Nei secoli successivi ha inizio un periodo di progressiva messa a punto degli elementi e dei rapporti su cui si struttura il territorio e la coltivazione della campagna.

Nel ripercorrere le diverse vicende storiche si vede come una struttura sociale aperta, qual è quella legata alla mezzadria, coincida con una dimensione della proprietà medio-piccola che non ha mai consentito la formazione di grandi latifondi. La residenza sparsa, la forma della divisione della proprietà ed un tipo di uso del suolo per fondi che si ripetono sempre uguali hanno dato luogo ad un sistema aperto.

Le antiche divisioni tendono a permanere conservando la regola modulare della centuratio e dei fondi. L'intero territorio tende a conservare una condizione complessiva unitaria, in cui le grandi divisioni interne sono ancora legate agli antichi tracciati, all'orditura della centuratio e al sistema delle scoline, alla viabilità minore.



Fig.(10) Corte Murata, San Cataldo, Mantova [da Dino Niccolini, *La corte rurale del Mantovano*, Silvana, Milano, 1984]

Il podere, inteso come elemento formale e funzionale, corrisponde nei suoi caratteri intrinseci a questi principi. Attraverso le sue parti costitutive e la sua destinazione d'uso questo elemento fissa i caratteri di ciò che si può considerare un'unità di messa in valore del suolo.

Esso mostra uno schema tipico che nasce dal rapporto tra le single parti che lo costituiscono: campi, fabbricati rurali, orto, prato.

I campi seguono un disegno semplice ordinato e regolare, al centro o lungo un lato è disposto il cortile con la casa. Il fondo è formato da più appezzamenti detti morelli,

raggruppamenti di campi orientati nella stessa direzione, che sono ad un tempo unità agrarie e idrauliche. L'orditura viaria del podere si sovrappone a quella del sistema idraulico, formato da un insieme di condotti collegati fra loro, che convogliano le acque ai collettori generali e circondariali, fino ai corsi d'acqua.

Il disegno dei tracciati ortogonali si traduce nel verde delle cortine alberate: fossi e scoline sono quasi sempre munite di filari o di siepi.

Si delinea così un'idea costruttiva che investe con la medesima intenzionalità la casa e i campi, non soltanto perché essi sono intesi come fatto unitario, ma anche perché lo spazio costruito con il verde si realizza

utilizzando gli stessi principi dell'architettura di cui conferma il senso e l'identità. Il rapporto tipologia rurale/divisione del suolo costituisce un elemento portante per la comprensione della costruzione della pianura. La forma dell'insediamento è dotata di una sua individualità e autonomia che non sono intaccate dal legame che unisce l'insediamento al tipo edilizio e all'uso e divisione del suolo, in particolare nel fondo: tramite quest'ultimo il rapporto tra il tipo edilizio e la forma dell'insediamento diventa significativo.

L'insediamento rurale in stretta relazione con il sistema agrario può essere inteso come un elemento in cui si concentra il legame fra casa e campo, dall'altro come elemento dotato di una sua autonomia.

Se si guarda la lunga storia del territorio in esame, emerge la costante riconferma del tipo, anche se non sempre dei luoghi o delle forme, dell'insediamento disperso dato dalla colonizzazione originaria; sebbene le diverse epoche storiche abbiano alternato la prevalenza dell'una o dell'altra forma insediativa, esso coesiste sempre accanto all'insediamento concentrato in centri di modeste dimensioni, e dà luogo ad una campagna diffusamente costruita. La distribuzione degli insediamenti rurali dà luogo ad una configurazione ordinata e regolare: le case isolate sono disposte a distanze costanti, quasi sempre lungo le strade o in prossimità di un incrocio, o su lotti più interni.”(9)

## 2.1.1 TIPI EDILIZI ISOLATI RURALI.

L'insediamento rurale costituisce l'elemento centrale della struttura della campagna; l'analisi del rapporto tra tipologia edilizie e morfologia insediativa (per la quale si intende la forma complessiva dell'insediamento rurale, che coincide con la dispersione quasi assoluta della abitazioni) assume un ruolo centrale nello studio del territorio. A tal fine è indispensabile porre l'accento sulle relazioni tra le parti costitutive dell'insediamento, il podere ed i tracciati di partizione.

I tipi e le forme delle case rurali dipendono sia dall'uso e dalla destinazione delle singole parti, per cui l'insediamento corrisponde all'organizzazione del lavoro, sia dall'influenza delle condizioni naturali ed economiche.

La pianura presenta due tipi d'insediamento abitativo caratteristici:

- **a blocco**
- **a corte aperta**

A entrambi corrisponde indifferentemente il sistema di conduzione della mezzadria o dell'affittanza, lo stesso rapporto tra insediamento disperso e campi coltivati a rotazione, nonostante negli studi di geografia umana si associno ai due tipi diversi sistemi di sfruttamento agricolo.



Fig.(11) Corte Costavecchia [ da [www.cortecostavecchia.it](http://www.cortecostavecchia.it)]

Per quanto affermato si può pensare che l'unica discriminante nella scelta del primo o del secondo tipo possa essere una motivazione strategica ed economica: l'insediamento a blocco, come si potrà capire nell'analisi che segue, per sua stessa costituzione richiede un impiego minore di risorse ed uno sforzo minore per essere difeso in eventuali periodi di crisi. Non si può affermare con certezza la presenza, in passato, della casa **a corte chiusa**. Quest'ultimo tipo, che si trova ancora in ambito appenninico e nella pianura padana settentrionale, rappresenta una concezione spaziale simile a quella dell'antica domus romana: le parti e gli elementi della casa si raccolgono attorno ad una corte interna e privata, che non dialoga

con gli spazi pubblici della strada (in città) o dei campi (in campagna).

Negli insediamenti a corte aperta e a blocco invece gli edifici ed il podere si ricollegano con unitarietà, sono parti inscindibili dello stesso organismo e la corte è il tramite di tale unione.” (9)

### **2.1.1.1 INSEDIAMENTO A BLOCCO**

“Deriva dall'accostamento in senso orizzontale del volume della casa a quello della stalla sotto un unico tetto. La volumetria è quindi quella di un unico corpo compatto che si sviluppa longitudinalmente (oppure in profondità). Diverso è il tipo a blocco in altezza, con abitazione sovrapposta al riparo per gli animali e per gli attrezzi, dove quindi le funzioni sono separate in verticale: questa variante è però più presente nelle aree collinari, che qui non verranno trattate.

L'insediamento è formato dalla giustapposizione longitudinale del blocco dell'abitazione e di quello della stalla e del portico per il ricovero di attrezzi e, temporaneamente, dei prodotti da lavorare: entrambi gli elementi risultano distribuiti nella maggior parte dei casi secondo uno schema unidirezionale (a corpo semplice), dove la loggia funge da elemento di separazione; in qualche caso la stalla è disposta a corpo doppio.

In questo tipo insediativo, raggruppando tutti gli elementi sotto lo stesso tetto, viene a mancare quel grado di complessità e di ricchezza che, come si vedrà, nella corte aperta ha origine dal rapporto reciproco tra le parti.

Nella casa la relazione che le stanze di abitazione stabiliscono con l'esterno è relativamente debole: la loggia assume più che altro la funzione di elemento di disimpegno,

Di fatto rimane esterna rispetto ai locali abitativi, in quanto hanno una disposizione unidirezionale.

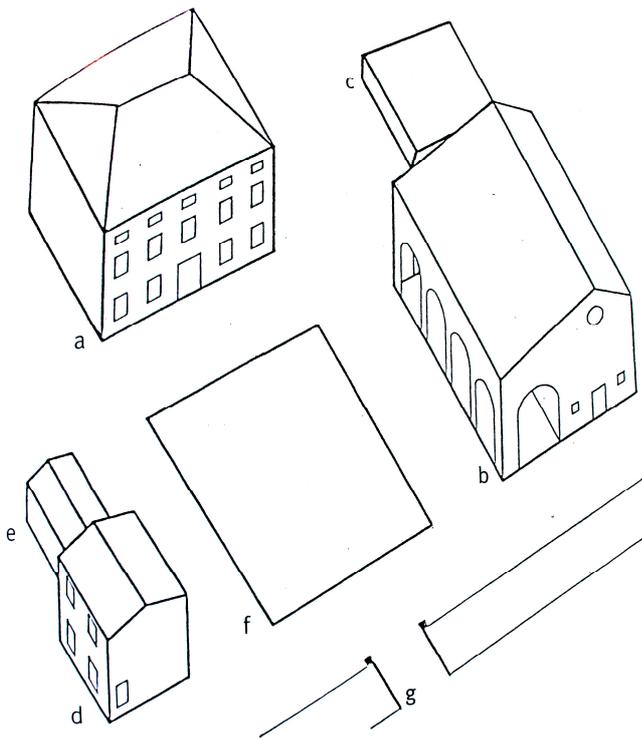


Fig.(13) Corte rurale aperta [da Dino Niccolini, La corte rurale del Mantovano, Silvana, Milano, 1984]

### 2.1.1.2 INSEDIAMENTO A CORTE APERTA

“Rispetto al tipo a blocco presenta una struttura più complessa, in cui le singole parti si configurano come elementi autonomi e si dispongono, staccati tra loro, all’interno di uno spazio libero che è l’aia. Ulteriore carattere distintivo è la possibilità di realizzazione per fasi successive, cioè di un processo di accrescimento per elementi aggiunti, più problematico nella corte chiusa.

La corte aperta mostra un evidente rapporto con quanto la circonda, poiché tutti gli edifici si orientano verso la strada o i

campi, non verso uno spazio interno privato; la relazione tra casa e strada è inequivocabile e segue alcuni schemi planimetrici costantemente ripetuti.

L’**abitazione**, nella sua forma tipica, ha la pianta quadrata (o quasi), con il lato che varia dai 13.60 ai 17.90 metri, l’ingresso a sud verso la strada che si apre sulla loggia centrale (che può essere atrio passante o chiuso). La loggia rappresenta l’asse di simmetria principale, da essa si accede ai vari locali del piano terra nonché alla scala che porta al piano superiore, disposta sempre perpendicolarmente alla loggia stessa. Non esistono leggi generalizzabili relative alla distribuzione funzionale dei locali: al piano terra vi è la cucina (chiamata *cà* o *camino*) con il focolare, ma spesso anche la camera di fronte è fornita di camino. Anche la cantina è a pian terreno, orientata a nord o protetta da alberi se rivolta a est o ovest. Oltre alla cantina può esservi un magazzino (soprattutto se la loggia è chiusa). Gli altri locali servono indifferentemente da camera, dispensa, granaio, stanza da telaio... L’impianto del piano superiore si ripete identico a quello del piano terra. Non esiste il piano interrato e raramente è presente il sottotetto, quando c’è viene usato come granaio. Il tetto è più frequentemente a padiglione, altre volte si presenta a capanna. Le facciate, come l’impianto planimetrico, sono costruite secondo un asse centrale di simmetria:

possono essere suddivise mediante tre oppure cinque assi (file verticali di finestre con interasse variabile tra 2,85 e 4,70 metri). La costante delle aperture in colonne di numero dispari, al cui centro vi è sempre il portale, rimanda al legame con la natura: la facciata della casa come specchio dell'organismo umano. Le due variazioni si trovano indifferentemente nei tipi a loggia passante o chiusa, comportando, anche in abitazioni di dimensioni differenti, una o due finestre per ogni locale. Sull'asse di simmetria centrale si dispongono sempre il portale di ingresso, ad arco e ben identificato, la finestra del primo piano, il colmo del tetto e talvolta la torre colombaia. Il retro rappresenta il secondo affaccio privilegiato della casa e si ripete in maniera analoga al fronte. Anche i prospetti laterali sono impostati su schemi semplici, divisi spesso in tre parti, "disturbati" solo dalla finestra della scala, non allineata orizzontalmente con le altre. Le finestre hanno dimensioni costanti (0.76-0.83 x 1.14-1.48 metri); al primo piano risultano leggermente più piccole o ravvicinate alla linea di gronda e realizzano quindi una composizione decrescente per piano, secondo i principi dell'architettura classica.

La **stalla/fienile** ha anch'essa pianta più o meno quadrata (di circa 17.40 - 18.20 metri di lato) e spesso segue l'orientamento della casa. Consiste in un ampio edificio porticato e aperto il cui tetto poggia su pilastri di mattoni,

dove l'unico volume chiuso è costituito dal blocco della stalla disposto secondo l'asse di simmetria principale: a corpo doppio e corsia centrale è suddivisa all'interno da pilastri e setti di legno che delimitano le *poste* (spazi) per gli animali. L'edificio presenta su tre lati un portico a tutta altezza che ha una profondità variabile dai 3.4 ai 4.2 metri, e che viene usato in modo diverso durante le varie stagioni; il suo ruolo è importante poiché rappresenta il luogo di tramite tra interno ed esterno, sottolineando la costante relazione che lega ogni elemento della corte.

La facciata principale corrisponde al lato con l'ingresso ed è caratterizzata dal portico con la campata centrale individuata da pilastri binati; rivela la disposizione della stalla e determina l'orientamento dell'edificio nel suo insieme. Anche qui i fronti opposti si corrispondono: i fronti laterali coincidono perfettamente, mentre il retro (a nord) pur conservando la stessa scansione e le medesime aperture della

facciata è realizzato in muratura piena. Il tetto è di norma a padiglione (alcuni esempi hanno invece due o tre spioventi), portato da un sistema di capriate sovrapposte, spesso del tipo a "palladiana" o tipi derivati.

Il blocco della stalla e l'alto porticato che la circonda non si possono vedere come parti individuabili ed autonome, l'interrelazione che li caratterizza rende i due spazi

inscindibili. In pianta questa concezione unitaria si legge

nell'interazione tra due moduli dimensionali complementari, quello della stalla vera e propria – lo spazio per la stabulazione degli animali – e quello del portico, la griglia dei pilastri che sostengono il tetto.

La **casella** per la canapa è costruita come un semplice portico a tutta altezza con uno o due fronti consecutivi ciechi. La pianta ha forma rettangolare, con i lati in rapporto di 1:3 - 1:4 tra loro. Il tetto è a due spioventi con la linea di colmo parallela al lato lungo e la carpenteria simile a quella della stalla. Il corpo di fabbrica del **forno** ha pianta, ancora una volta, quadrata o rettangolare ed è suddiviso al suo interno per delimitare gli spazi destinati al pollaio o alla piccola stalla; spesso davanti al forno vero e proprio vi è un piccolo portico. Anche il **pozzo** è realizzato come costruzione staccata ed è protetto da un piccolo tetto di copertura. “(9)

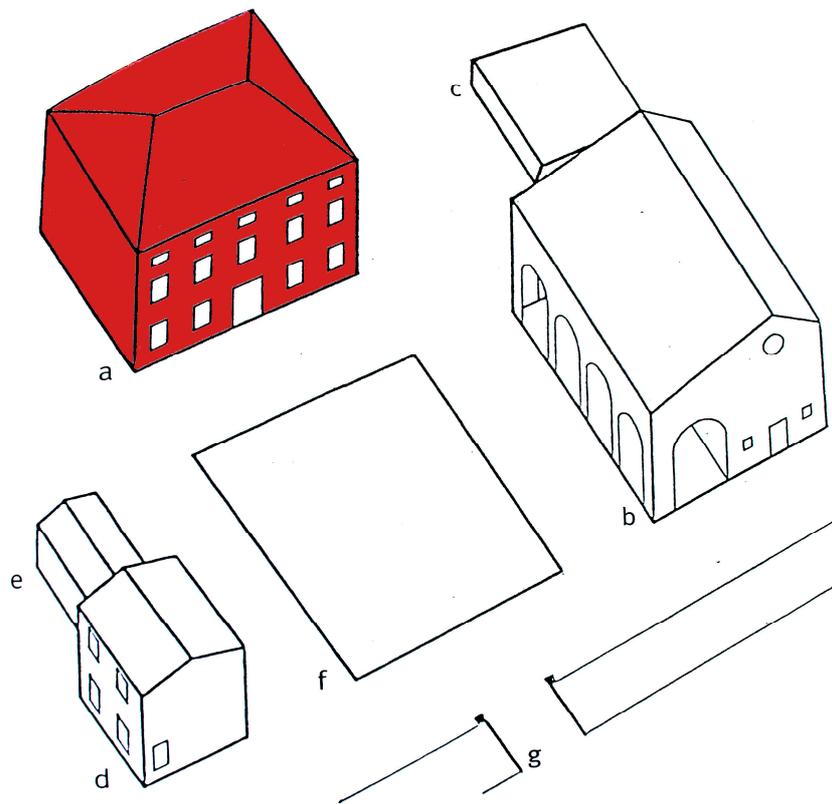


Fig.(14) La villa padronale [da Dino Niccolini, La corte rurale del Mantovano, Silvana, Milano,]

### 2.1.1.2.1 LA VILLA PADRONALE

Per parlare di villa occorre considerare il vasto retaggio culturale ed agronomico tramandatoci dalla cultura romana della *rusticatio*.

Per i romani l'ideologia della villa trova origine nel concetto della *moralità e nobiltà* dell'economia agricola. Importanti sono gli aspetti della fragilità e dell'austerità, ma anche quello economico, che si porta dietro due corollari molto importanti: il criterio di equilibrato rapporto tra villa e fundus e il criterio di creare condizioni residenziali

favorevoli per il dominus, affinché fosse indotto ad una presenza prolungata nella villa e quindi alla gestione diretta dell'azienda. Ma gli ideali del costume degli antichi non si riducono a ciò: in epoca tardo repubblicana accanto alla *aomenitas* della residenza padronale si trova già una ricerca di spazi verdi avulsi dalla caratteristica economica primigenia. La villa assume sempre più l'aspetto dello *status symbol* che si riscontra nell'alto medioevo. Gli insediamenti della borghesia terriera tendono, verso il tardo impero, a soluzioni pressoché autarchiche costituendo delle corti vere e proprie con un

alto grado di specializzazione funzionali e prefigurando la corte medievale nella ricerca dell'autosufficienza e nelle caratteristiche difensive.. Le caratteristiche sociali ed economiche della società feudale portano alla scomparsa del vivere in campagna quale luogo di svago. Solo con l'ascesa (XII secolo) dei Comuni le città riprendono lentamente il controllo delle campagne. Ai primi del trecento l'uso del *villeggiare* è ancora allo stato embrionale ma già la struttura della corte rurale prevede parti di puro svago.

La distribuzione generale della corte risente della tradizione classica nella necessità di individuare elementi tipologici e distributivi funzionali all'economia agricola: la cinta palizzata con l'ingresso coperto, il forno, l'abitazione colonica, la residenza fortificata padronale, la torre colombaia. Per l'Alberti la distribuzione della villa, la sua

tipologia, è ancora quella romana, ove la parte più importante è rappresentata dalla corte, il "cuore" attorno a cui gravitano tutte le parti minori.

Nel Seicento l'aspetto pragmatico dei trattati si trasforma sempre più in una manualistica legata all'economia dei lavori e alle conoscenze empiriche. E' il secolo della maggiore diffusione della struttura "villa" ma anche il secolo in cui l'interesse per la campagna si presenta come puro investimento fondiario, in contrasto con le motivazioni legate all'umanesimo. Non vi è patrizio, prelado o borghese che non sia provvisto di una o più residenze sulla propria rete fondiaria. Tendenzialmente su ogni fondo si trova una parte dominicale che nei secoli seguenti assumerà la funzione, sia pure con aspetto più dimesso della villa, di casa padronale.



Fig.(15) Corte Murata, San Cataldo, Mantova [da [www.lombardiabeniculturali.it](http://www.lombardiabeniculturali.it)]

Numerosi progetti sei-settecenteschi mostrano case agricole trasformate con frontali ad ampi timpani e volute, più formali che sostanziali, atti a fornire maggior decoro al “vivere in villa.

La trasformazione nel tempo, di molte case coloniche in vere e proprie ville rispecchia in qualche modo la volontà di

affrancamento del lavoratore affittuario (o mezzadro) che diventa autonomo.

L'impianto di base rimane pressoché identico, con la stessa regola di simmetria e partizione in un numero dispari di file verticali di finestre.

Le variazioni che vengono apportate sono per lo più di tipo formale: il decoro sul portale d'ingresso (prima era una loggia aperta), le

edicole sulle finestre, l'aggiunta di un balcone al primo piano che diventa portico per l'ingresso e, a volte, anche loggia per il primo piano stesso, l'aggiunta di un basamento e di conseguenza della scalinata frontale, il trattamento murario a bugnato.

Allo stesso modo si può osservare un cambiamento della corte, teso a conferire scenograficamente importanza all'abitazione, residenza del proprietario e non più la casa di un semplice lavoratore dipendente.

Così, dove prima c'era uno spazio aperto tenuto a verde, ora si sottolinea, con filari di alberi ornamentali fontane, il percorso che porta alla casa padronale, che diventa vero e proprio punto di fuga prospettico della corte.”(10)



Fig.(16) Corte Belgiardino Rodigo, Mantova [da [www.lombardiabeniculturali.it](http://www.lombardiabeniculturali.it)]

## 2.2 TIPOLOGIE DELLA CORTE MANTOVANA

“L’individuazione delle tipologie delle corti mantovane ha i suoi parametri principali sia nelle differenziazioni geostoriche, quanto più in specifiche particolarità architettoniche, distributive, funzionali, d’immagine, di rapporto con il fondo e di relazione fra i manufatti componenti. Nel territorio rurale mantovano, le corti che ne sono l’espressione architettonica, sembrano voler sfuggire ad un incasellamento tipologico, rivelando una omogeneità nella diversità.

Il Mantovano trova la sua ragione di omogeneità nell’espressione di una confidenza estrema tra corte e campagna, di un’abitudine a considerare la campagna come un habitat naturale del costruire non come pura risposta ad esigenze elementari ma come complessa espressione di cultura.



Fig.(17) Corte Costavecchia, San Giorgio, MN, [da [www.panoramio.com](http://www.panoramio.com)]

Si può comunque parlare di quattro tipi ben distinti:

- corti aperte in cui la dimora non sussiste o è semplice miglioramento qualitativo di un insieme unitario

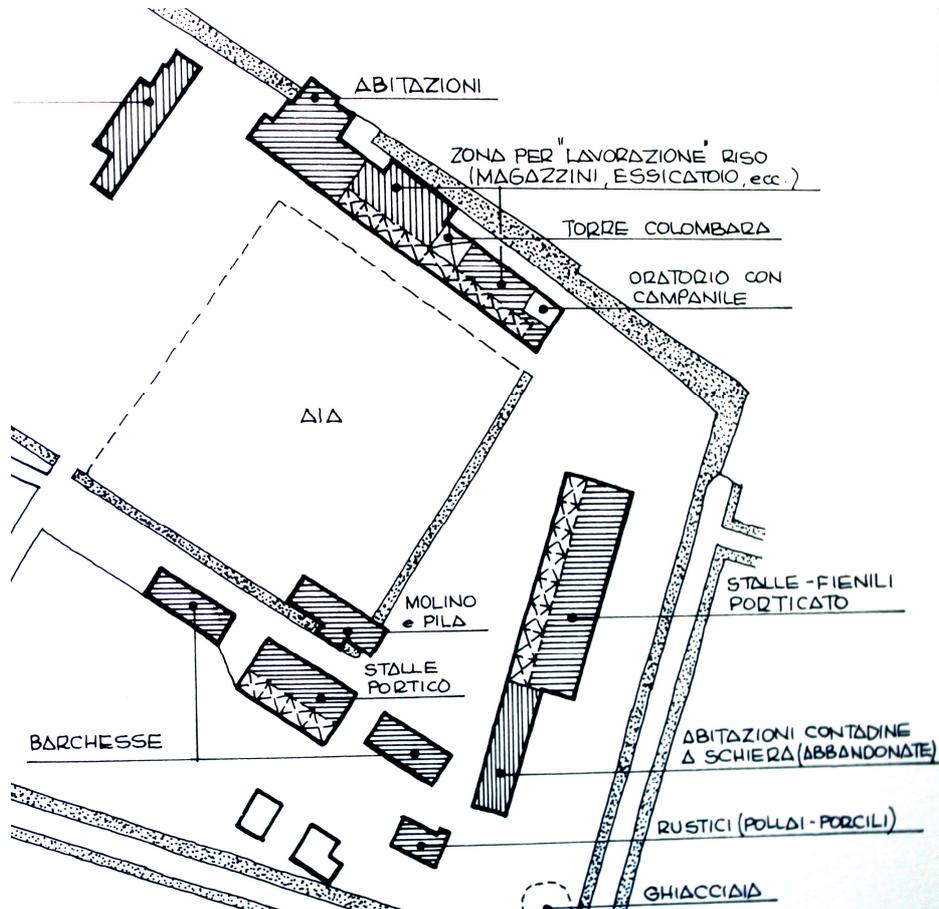


Fig.(18) CORTE COSTANUOVA, S.Giorgio, MN

[da Dino Niccolini, La corte rurale del Mantovano, Silvana, Milano, 1984]

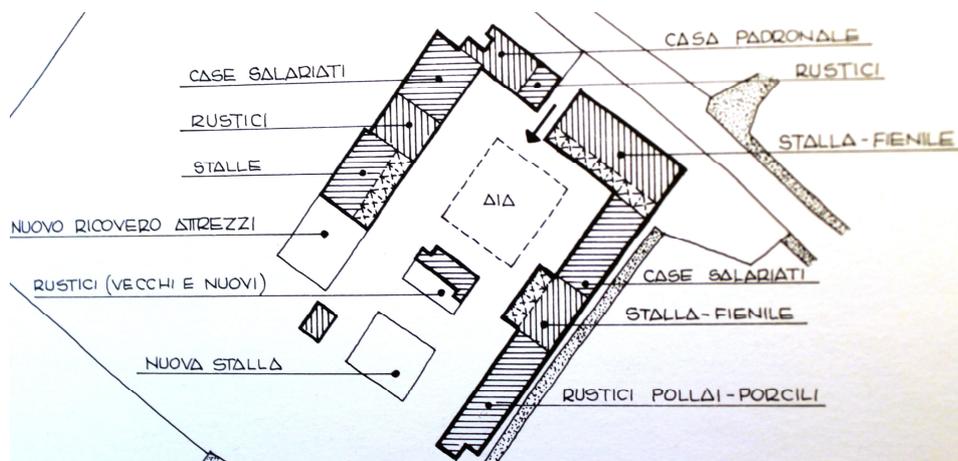


Fig.(19) CORTE BEL GIARDINO, Rodigo, MN

[da Dino Niccolini, La corte rurale del Mantovano, Silvana, Milano, 1984]

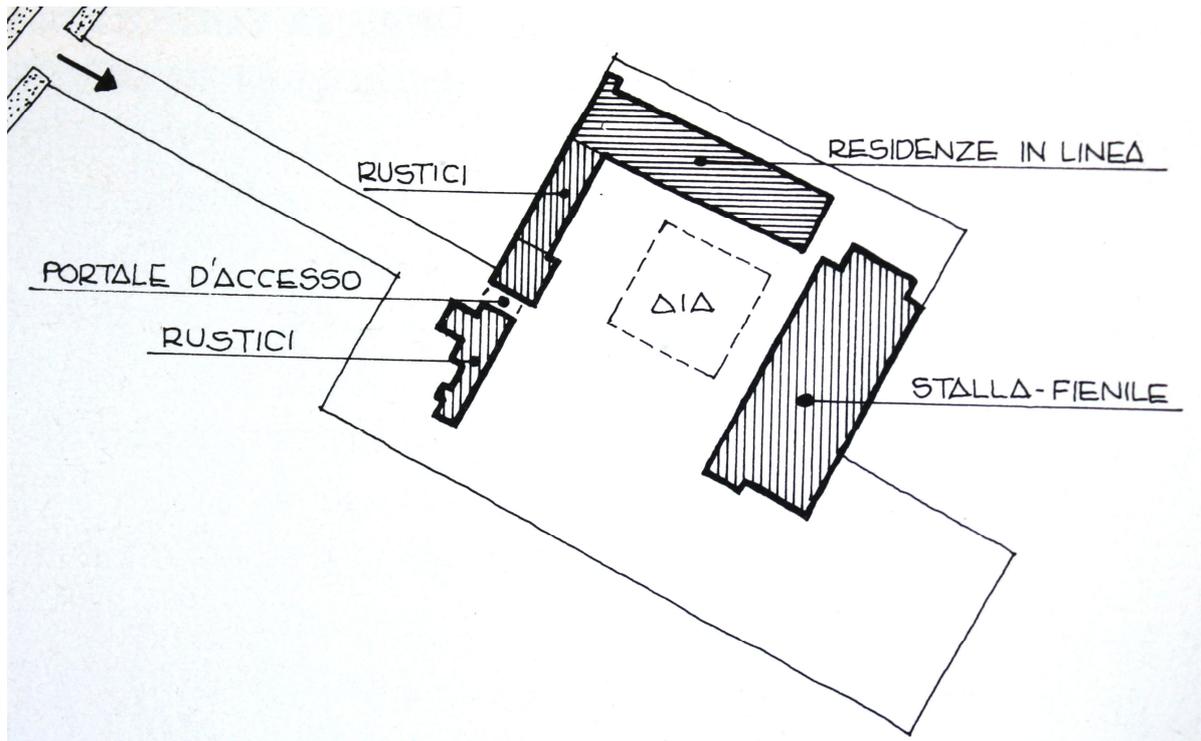


Fig.(20) CORTE ARDENA, Porto Mantovano, MN

[da Dino Niccolini, La corte rurale del Mantovano, Silvana, Milano, 1984]

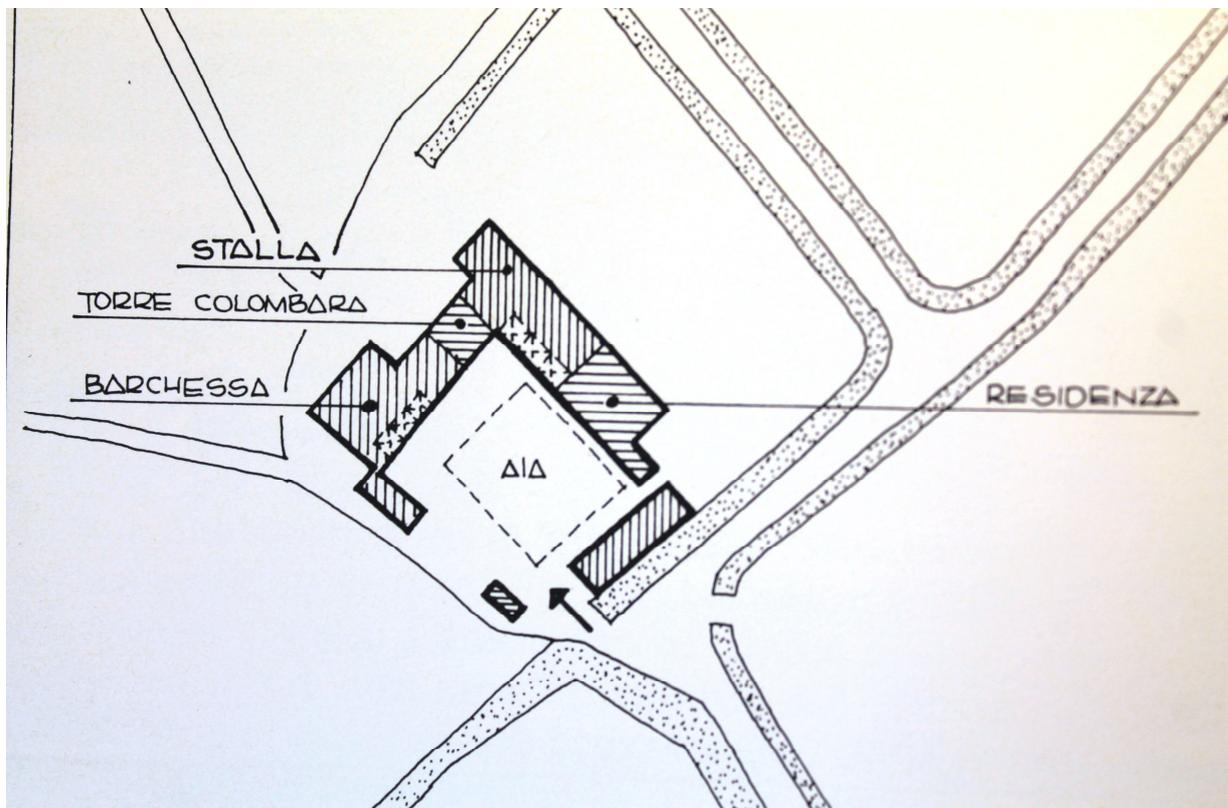


Fig.(21) CORTE OTTONE, Porto Mantovano, MN

[da Dino Niccolini, La corte rurale del Mantovano, Silvana, Milano, 1984]

- corti aperte con casa padronale distinta architettonicamente ma fusa urbanisticamente, così da ricostituire e qualificare la corte mantovana in cui l'unitarietà dell'insieme è data dal diverso ruolo gerarchico dei componenti

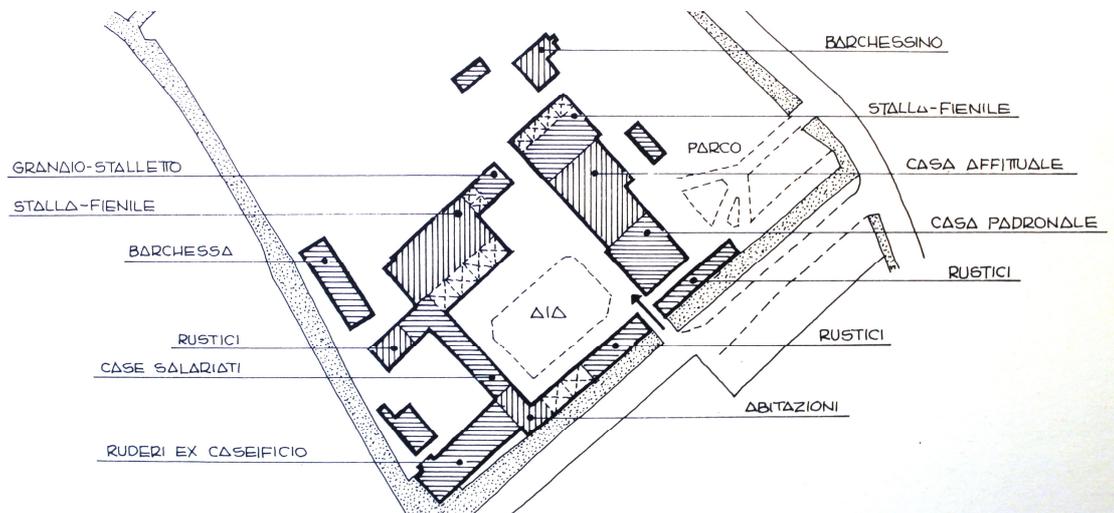


Fig.(22) Corte del gallo, Rodigo, MN,

[da Dino Niccolini, La corte rurale del Mantovano, Silvana, Milano, 1984]

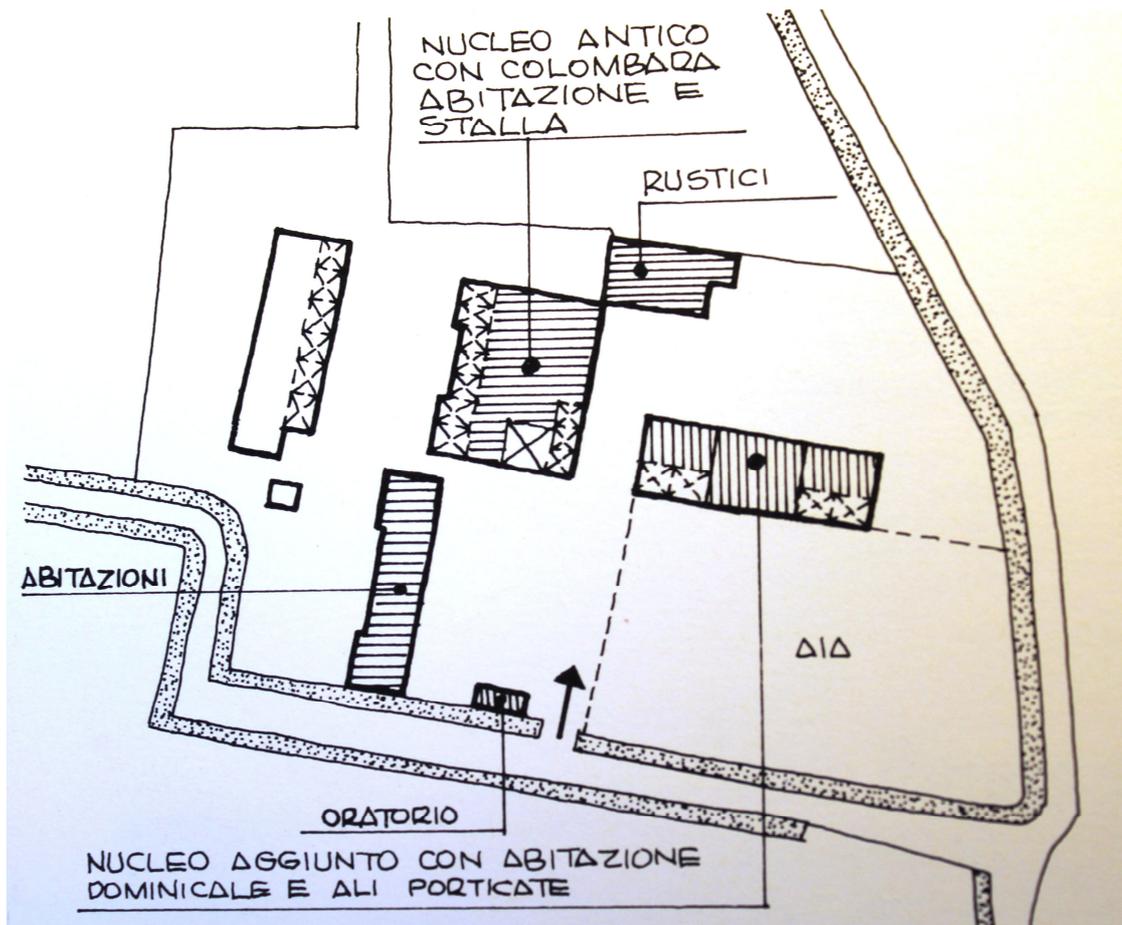


Fig.(23) Corte Costavecchia, San Giorgio, MN,

[da Dino Niccolini, La corte rurale del Mantovano, Silvana, Milano, 1984]

- corti aperte in cui la dimora padronale non è volume autonomo ed emergente ma è piuttosto palazzo con accenti di elevata qualità architettonica integrato ad un sistema edilizio unitario

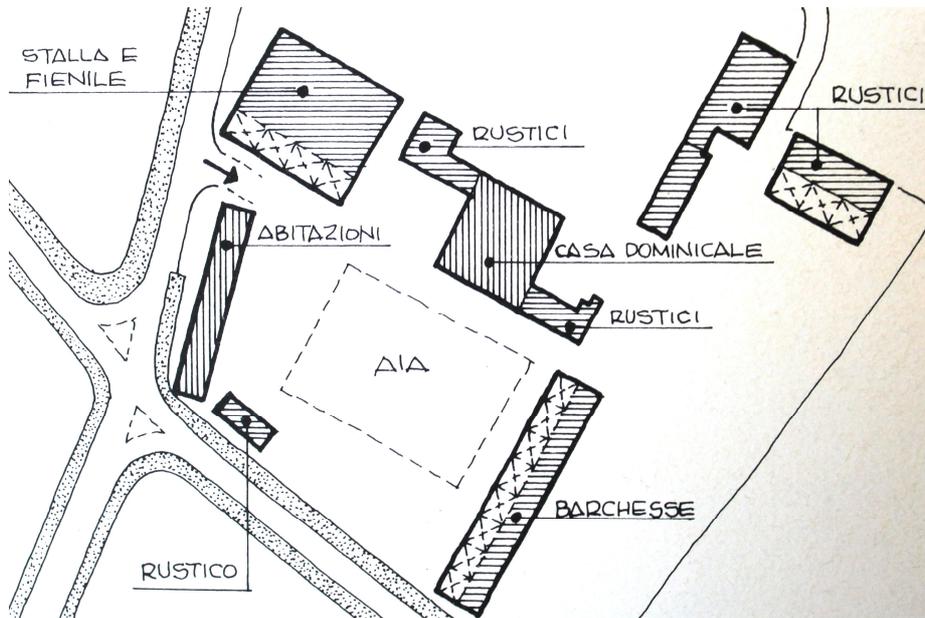


Fig.(24) Casale di Virgilio, Virgilio, MN,

[da Dino Niccolini, La corte rurale del Mantovano, Silvana, Milano, 1984]

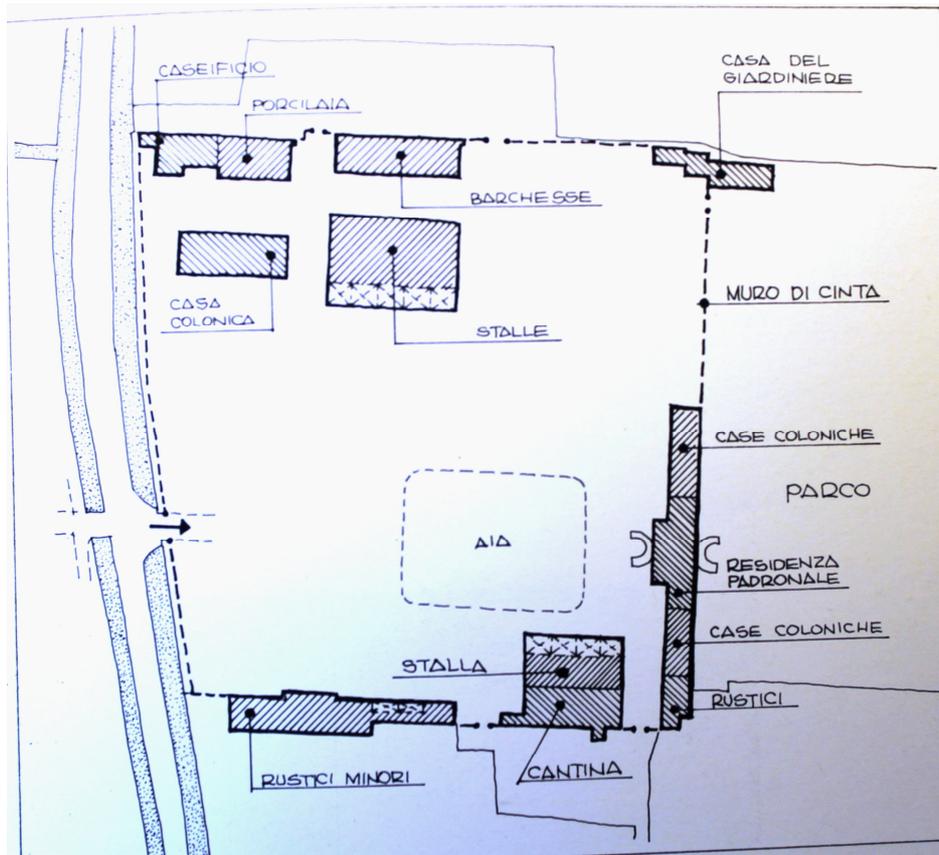


Fig.(25) Corte Murata, San Cataldo, MN,

[da Dino Niccolini, La corte rurale del Mantovano, Silvana, Milano, 1984]

Una suddivisione tipologica prevalentemente strumentale vede la suddivisione del territorio mantovano in

- 1. Pianura nord-orientale con le
- 2. L'alta pianura con le
- 3. La bassa pianura con le
- 4. L'area occidentale con gli

GRANDI CORTI  
CORTI CHIUSE  
CORTI APERTE  
AGGLOMERATI DI CORTI

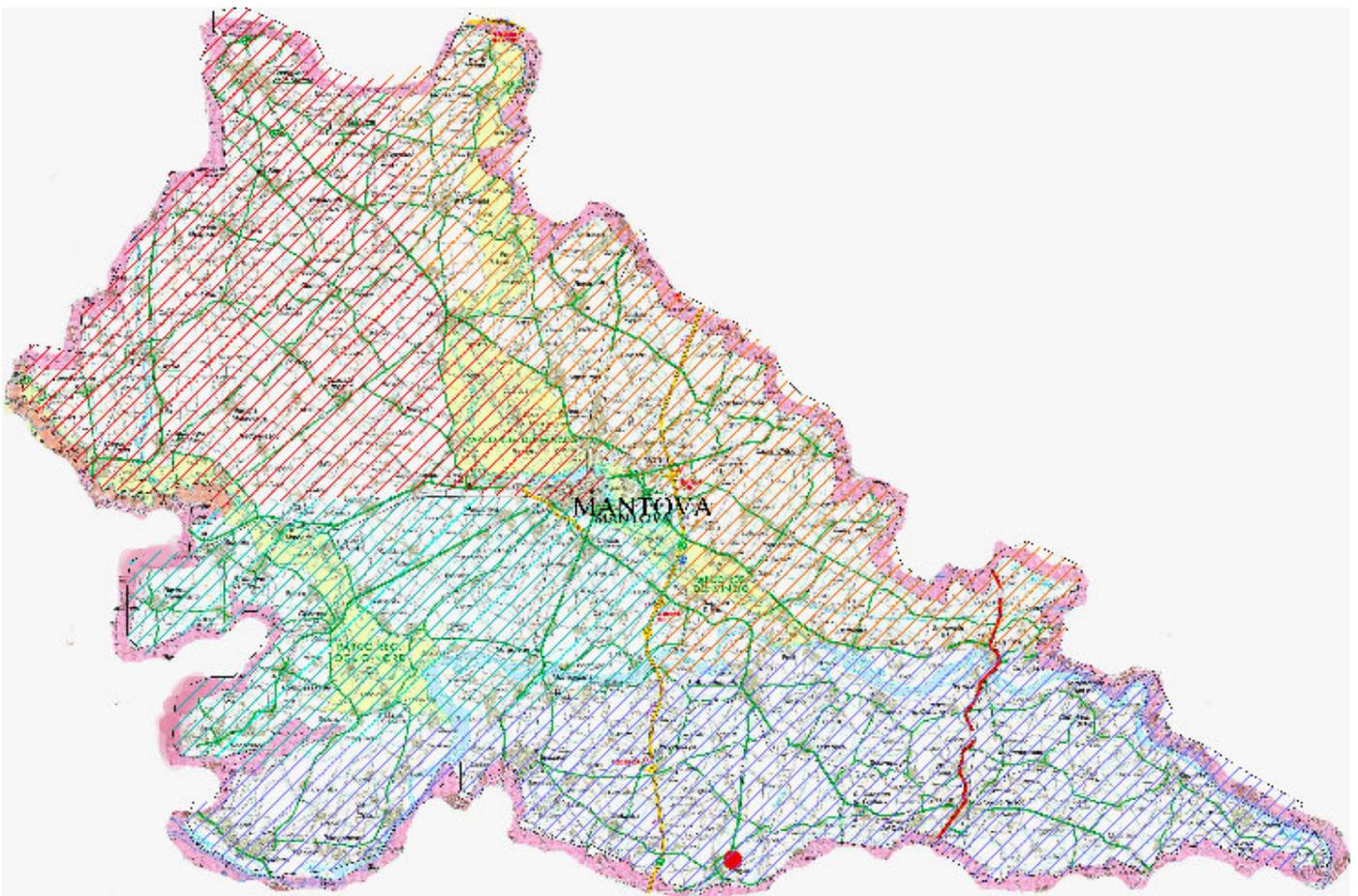


Fig.(26) Territorio mantovano. Ricostruzione grafica dal testo.

## 2.2.1 LE CORTI APERTE DEL BASSO MANTOVANO

“Per basso mantovano si intende tutto il territorio a sud di Mantova compreso l’oltre Po.

La campagna mantovana è riconoscibile nella linearità ininterrotta dei suoi orizzonti segnato solo dalle emergenze di un argine, di un campanile e di volumi compatti e chiusi marchio della tipica corte mantovana.

Casa o stalla che siano, si ergono come segno di un’intensa presa di possesso del territorio rurale. La povertà dei materiali, la quasi totale assenza di decorazioni, talora la perdita o la mimetizzazione dei partiti architettonici, la scarsità delle aperture, il ridotto o quasi nullo aggetto delle cornici e dei tetti, contribuiscono ad accentuare la riconoscibilità e la frequenza di tali volumi. La corte risulta un insieme compatto di costruzioni apparentemente simili, fuse tanto dall’accostamento dei piani visivi quanto dall’omogeneità dei grandi spioventi in coppi.

Analizzandone la planimetria e i componenti, si può cogliere in ciascuno di questi una sostanziale diversità ed autonomia.

Per la dimora padronale, anche per quella priva di accenti architettonici di pregio, l’autonomia si manifesta nel volume isolato, in un taglio compositivo e in rapporti dimensionali sempre aulici, così che il

palazzo, anche quando è affiancato da rustici o residenze minori, sembra non dialogare con l’edilizia di scala e di ruolo inferiore.

Un’altra principale componente della corte aperta è la grande stalla porticata in cui, nonostante la funzione richieda un impianto sostanzialmente lineare, viene esaltato, attraverso l’inglobamento del portico nell’unica copertura e l’aumento della profondità, quasi per mimesi con il cubo della casa dominicale. I partiti architettonici sui fronti dei porticati di stalle e barchesse, si arricchiscono dei modelli classici delle paraste, architravi e fregi. Il contrasto competizione è quindi accentuato dalla volontà di qualificazione della parte rustica, in genere sette-ottocentesca; la parte dominicale, salvo il caso di originaria rilevanza per origine o trasformazione successiva come palazzo o come villa affida la propria dominanza alla sobrietà compositiva, spoglia ma rigorosa nel ritmo e nel rapporto delle aperture e dei piani, e rivela appena la dignità e il vasto respiro della distribuzione interna.

La dimora padronale della campagna mantovana non solo è l’elemento dominante, anche dimensionalmente, della corte, ma è direttamente riconducibile alla nozione di palazzo, intendendo con questo la dimora

rappresentativa del detentore del potere o della proprietà.

I principali artefici della costruzione della corte furono i Gonzaga, imitati dalla nobiltà ad essi legata, ed è proprio

nella loro cultura architettonica che è da ricercare la ragione

la forma particolare delle dimore del contado le quali costituiscono la trasposizione anche in campagna del “fare

architettura” di erigere manufatti in cui articolazione funzionale e impegno compositivo fossero un tutt’uno.

Lo stesso iniziale e fondamentale apporto del Fancelli, cui sono ascrivibili le prime importanti residenze del contado, pur teso ad mediazione tra echi castellani e modularità toscana, si tradusse in realtà in un nuovo

modello di palazzo, con l’esaltazione della massa muraria e dell’elevazione altimetrica, con la sobrietà delle aperture e dei motivi di facciata e con la tendenza a formare un volume chiuso non tanto per nostalgia di tipo difensivo, quanto per il prevalere dell’attenzione verso l’interno.

Anche quando il corpo del palazzo è fiancheggiato o contornato da altre abitazioni e rustici e l’insieme acquista un carattere omogeneo, l’emergenza del corpo dominicale permane, e talora si esalta anche se solo grazie a pochi elementi o segni: la maggior altezza, il tetto a quattro spioventi, la disposizione rigorosa delle aperture e la proiezione nei portali dell’atrio passante.” (6)

## CORTE LA TEDOLGA

– VILLA SAVIOLA - MOTTEGGIANA –  
Sec. XV



Fig.(27) Corte la Tedolga

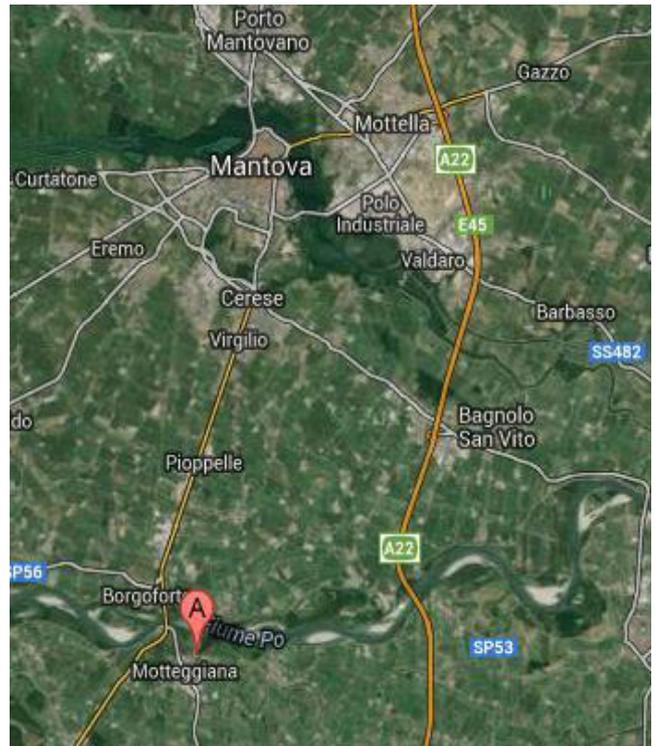


Fig.(28) Motteggiana, MN [maps.google.com]



Fig.(29) Corte la Tedolga [da [www.lombardiabeniculturali.it/architetture/schede/MN360-0140](http://www.lombardiabeniculturali.it/architetture/schede/MN360-0140)]



Fig.(30) Corte la Tedolga [da [www.lombardiabeniculturali.it/architetture/schede/MN360-01400](http://www.lombardiabeniculturali.it/architetture/schede/MN360-01400)]

## CASA PADRONALE CORTE LA TEDOLGA

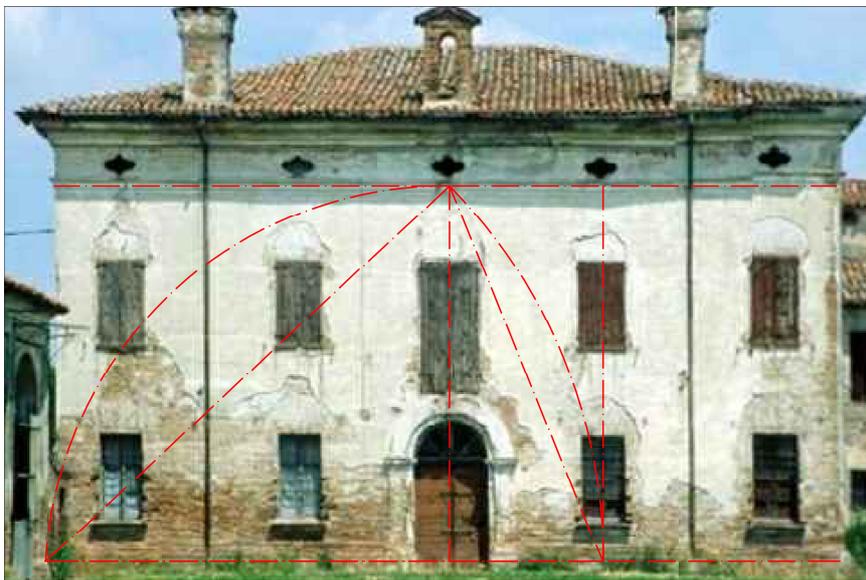
– VILLA SAVIOLA - MOTTEGGIANA

Sec. XVI. Edificio padronale con impianto quadrato e schema distributivo di tipo tradizionale: atrio-androne al piano terra occupante tutta la profondità. Esterno semplice e spoglio, portale riquadrato in pietra. Una serie di oculi quadrilobati movimentano la fascia alta del cornicione.



Fig.(31 ) La Tedolga [da Dino Niccolini, La corte rurale del Mantovano, Silvana, Milano, 1984]

TRACCIATI REGOLATORI PROSPETTO PRINCIPALE Determinazione proporzioni di facciata



Determinazione cornicioni e finestre

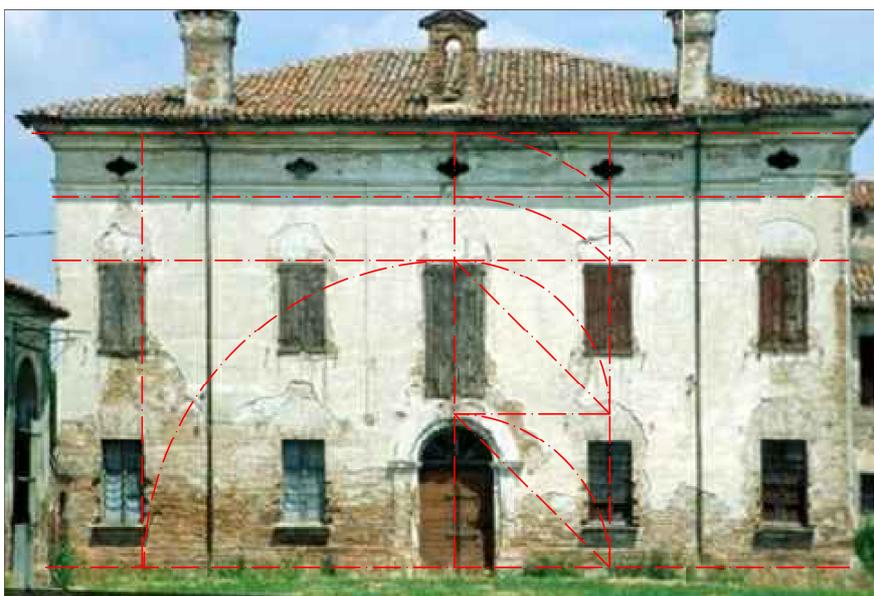


Fig.(32) Tracciati Regolatori [base da [www.lombardiabeniculturali.it](http://www.lombardiabeniculturali.it)]

# CORTE CASALE DI VIRGILIO

– VIRGILIO – MANTOVA

ANNO 1690



Fig.(33) Corte Casale

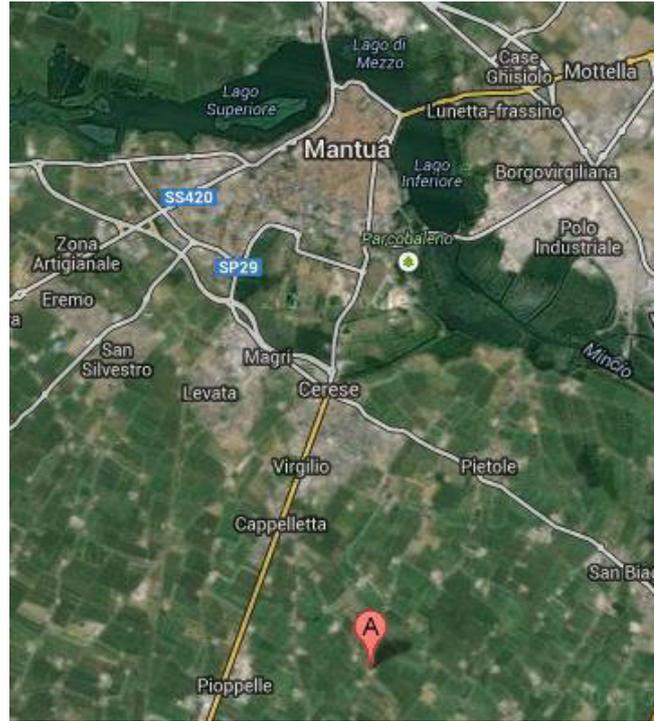


Fig.(34) Virgilio, Mantova [<http://maps.google.com>]

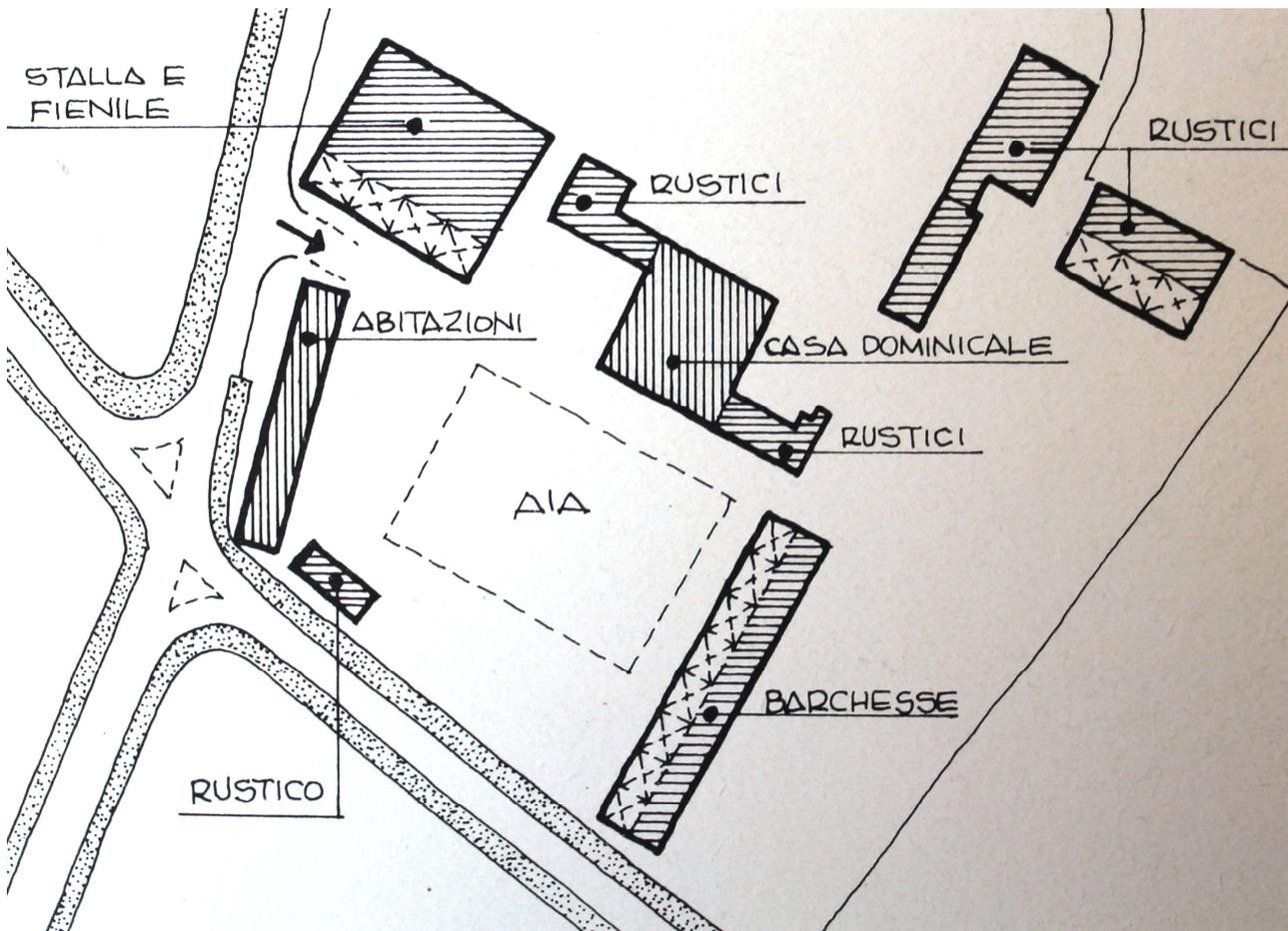


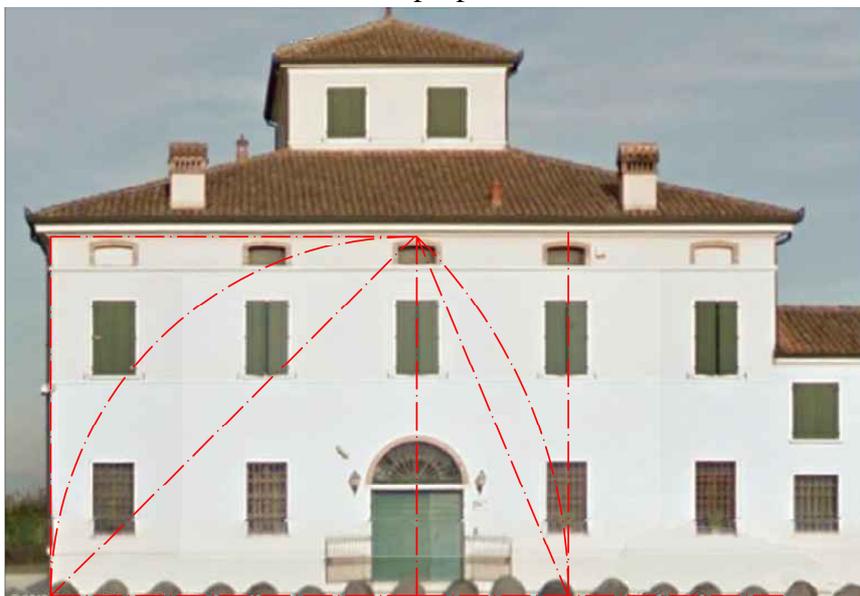
Fig.(35) Corte Casale Virgilio [da da Dino Niccolini, La corte rurale del Mantovano, Silvana, Milano,

**CASA PADRONALE**  
**CORTE CASALE DI VIRGILIO**  
– VIRGILIO – MANTOVA - ANNO 1690



Fig.(36) Corte Casale Virgilio [da da Dino Niccolini, La corte rurale del Mantovano, Silvana, Milano, 1984]

**TRACCIATI REGOLATORI PROSPETTO PRINCIPALE**  
Determinazione proporzioni facciata



Determinazione cornici e assi finestre

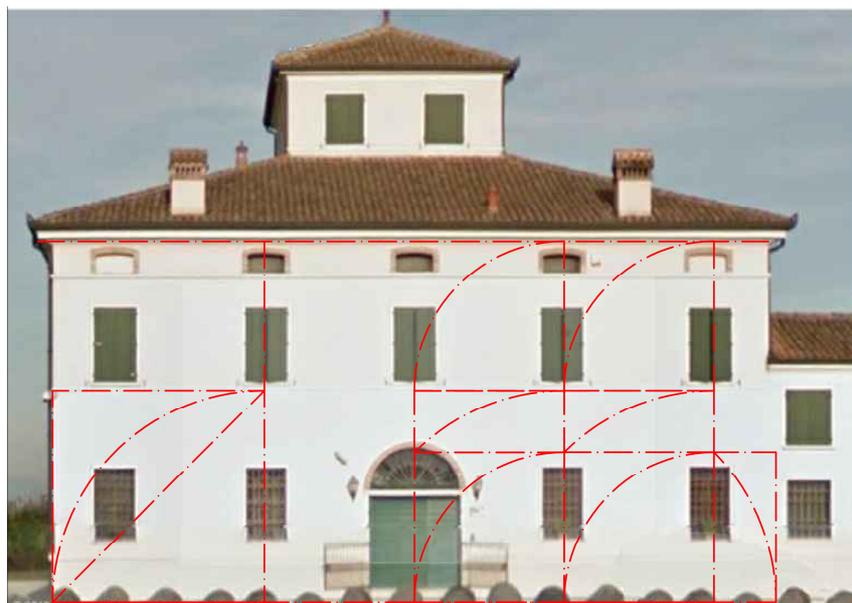


Fig.(37) Tracciati Regolatori [base da <https://maps.google.com>]

# CORTE VERZANA

– MOTTEGGIANA – MANTOVA

ANNO 1550



Fig.(38) Corte Verzana

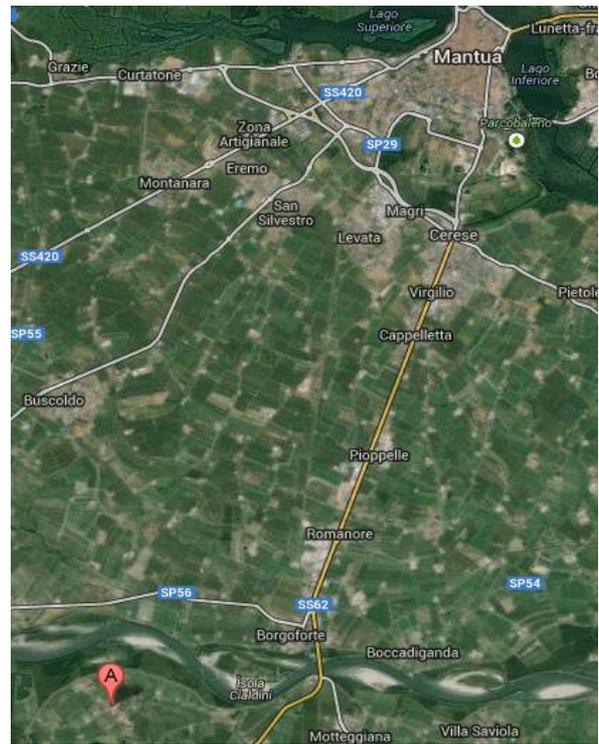


Fig.(39) Motteggiana, MN [maps.google.com]



Fig.(40) Corte Verzana [da [www.lombardiabeniculturali.it](http://www.lombardiabeniculturali.it)]



Fig.(41) Corte Verzana [da [www.lombardiabeniculturali.it](http://www.lombardiabeniculturali.it)]

## CASA PADRONALE CORTE VERZANA

– MOTTEGGIANA – MANTOVA

ANNO 1550

La tessitura morfologica della facciata e l'ordine distributivo collocano questo edificio nell'ambito delle architetture colte minori del Rinascimento mantovano. Proporzioni della facciata e conformazione a blocco compatto, moduli delle cornici delle finestre, tipici di questo periodo.



Fig.(42) Corte Verzana [ da C.Perogalli Ville delle Province di Cremona e Mantova, Rusconi, Milano 1981]

### TRACCIATI REGOLATORI – PROSPETTO PRINCIPALE

Definizione proporzioni di facciata



Definizione cornicioni e finestre.



Fig.(43) Tracciati regolatori [ base da [www.lombardiabeniculturali.it](http://www.lombardiabeniculturali.it)]

# LA GALVAGNINA

-PEGOGNAGA - MOGLIA - MANTOVA- 1461



Fig.(44) La Galvagnina

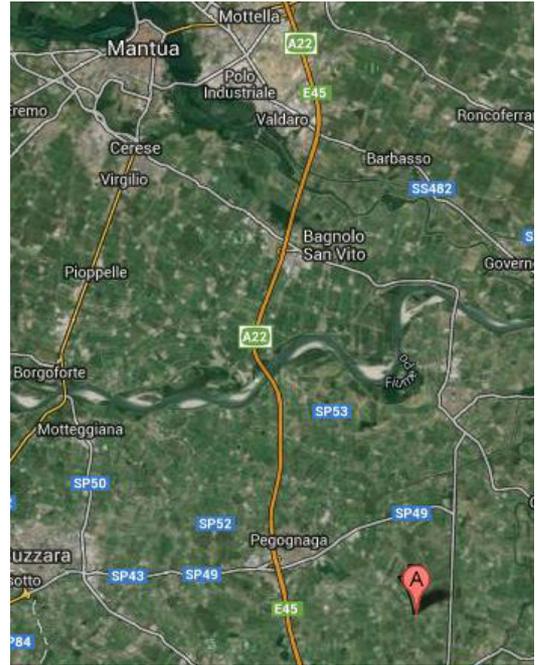


Fig.(45) Pegognaga, MN [ maps.google.com]



Fig.(46) La Galvagnina [da www.panoramio.com]



Fig.(47) La Galvagnina [da www.panoramio.com]

## CASA PADRONALE

### LA GALVAGNINA ANNO 1461

Grande casa signorile rinascimentale dalla pianta quadrata imperfetta (m. 21,5 x m. 21) che si articola su due piani. Dotato di un ampio salone a pian terreno (12,50 x 10) e di numerose stanze, pavimento con formelle originali e soffitti lignei a cassettoni. Uno stemma dipinto su un camino attesta che il palazzo appartenne ai Gonzaga signori di Mantova. "Le sorprendenti decorazioni a fresco che ornano la Galvagnina Vecchia possono farsi risalire a Giulio Romano. Nella grande sala a piano terra, come nelle sale del Te,



Fig.(48) La Galvagnina

[da <http://centropastorale.unicatt.it> ]

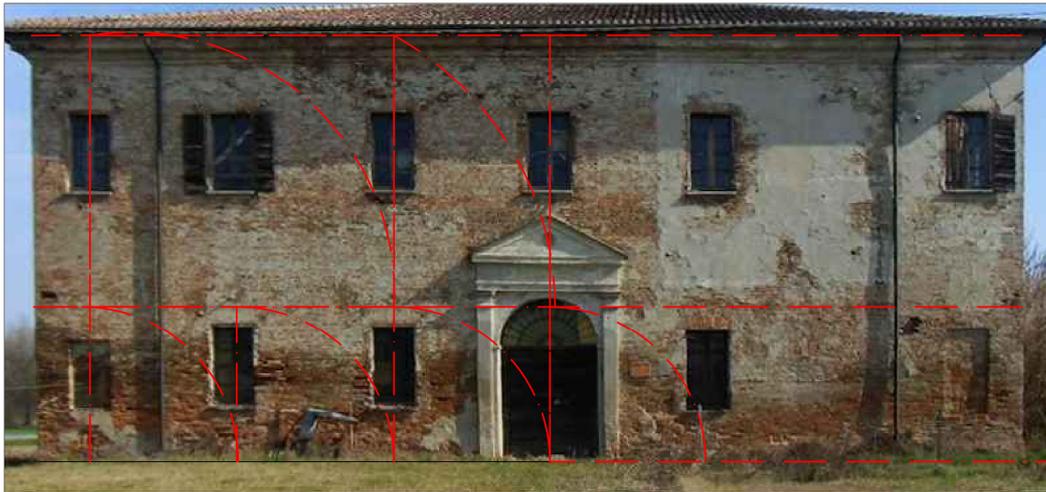
figure mitologiche si stagliano contro un paesaggio agreste, dovevano ispirare al visitatore una continuità tra l'interno del palazzo e le terre che lo circondavano, quasi che le pareti si aprissero sulla campagna circostante."

[<http://www.lecicloviedelpo.movimentolento.it>]

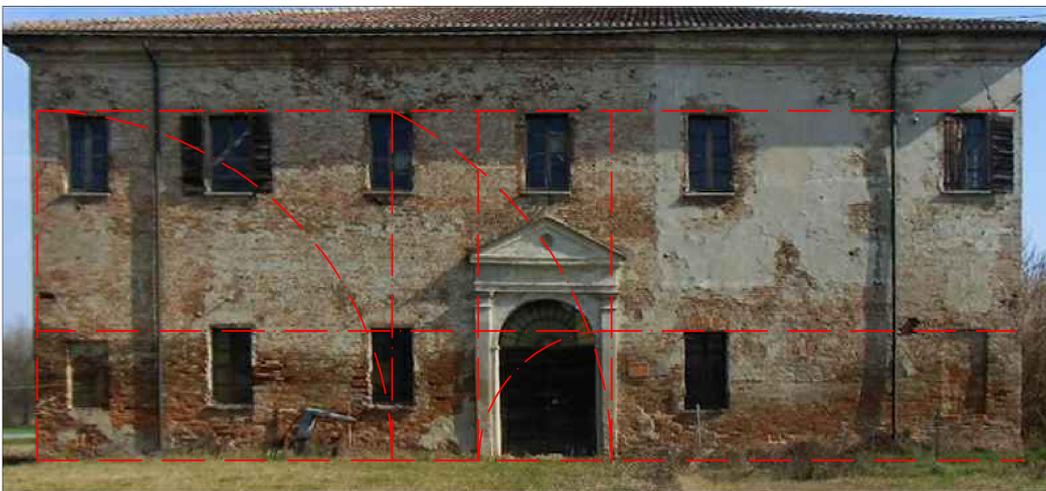


Fig.(55) Interni della Galvagnina

TRACCIATI REGOLATORI Definizione proporzioni di facciata



Definizione finestre



Definizione cornice



Fig.(46) Tracciati regolatori prospetto principale della Galvagnina  
[base da <http://centropastorale.unicatt.it> ]

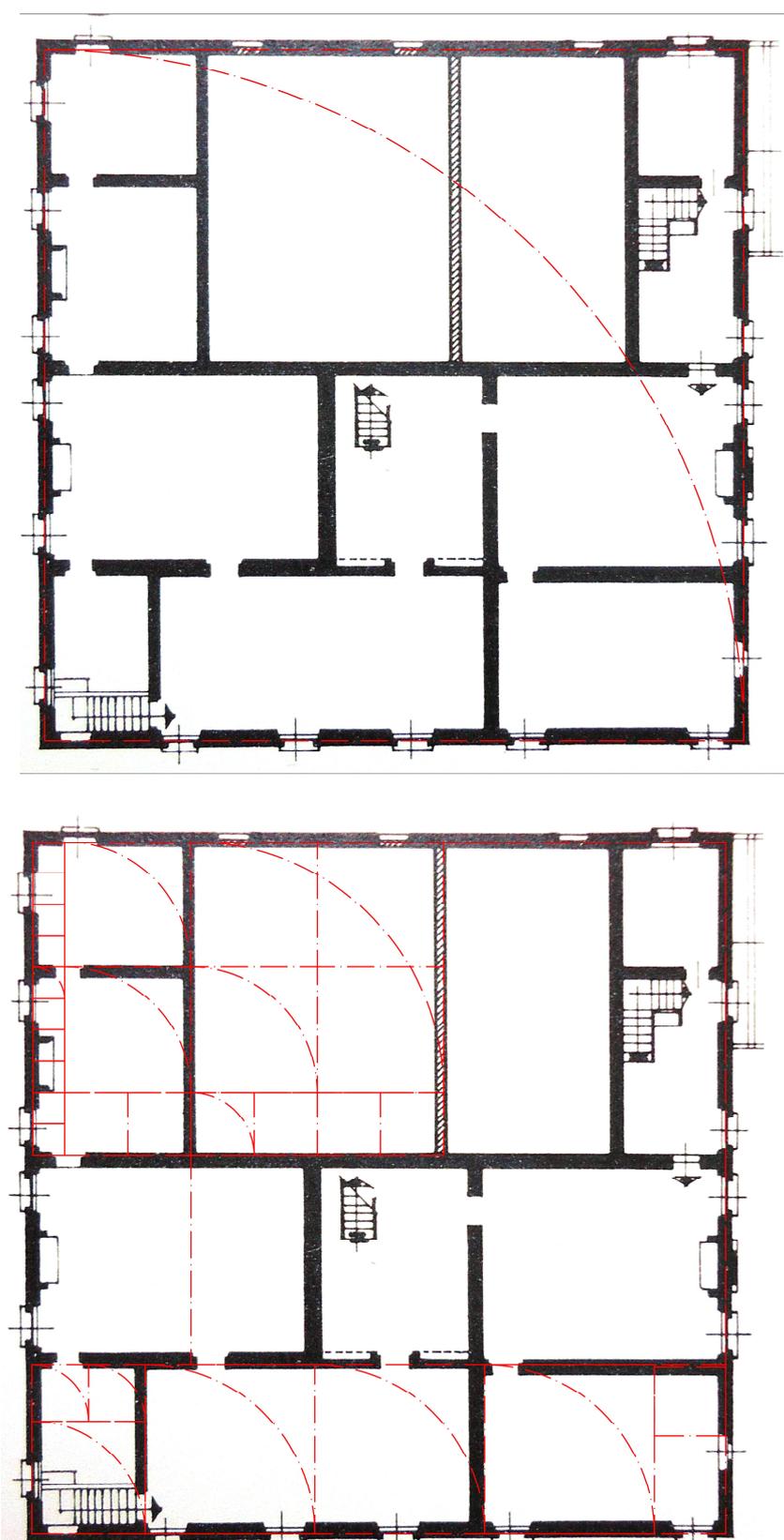


Fig.(47) Pianta piano terra

[base da Carlo Perogalli, Ville e Province di Cremona e Mantova, Milano, 1973]

# CORTE FACCALINA

– PEGOGNAGA – MANTOVA

sec. XVIII



Fig.(48) Corte Faccalina

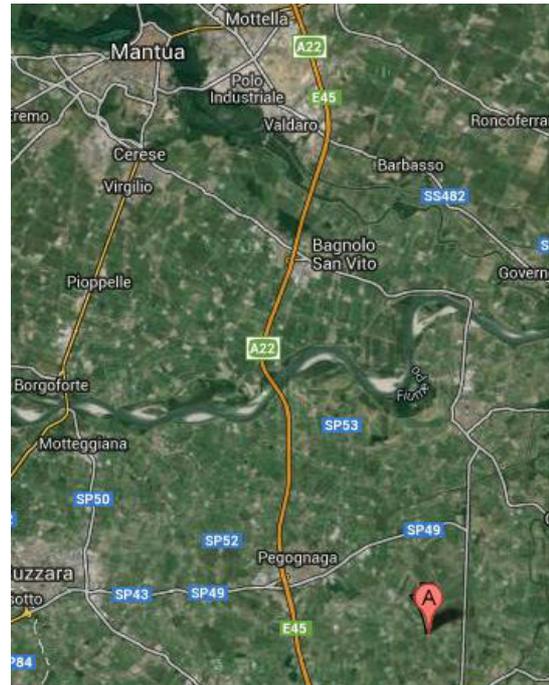


Fig.(49) Pegognaga, MN [ maps.google.com]



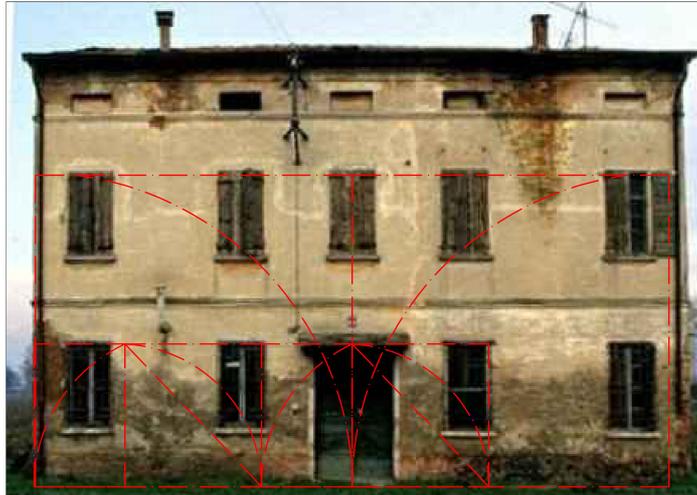
Fig. (50) Corte Faccalina [www.lombardiabeniculturali.it]



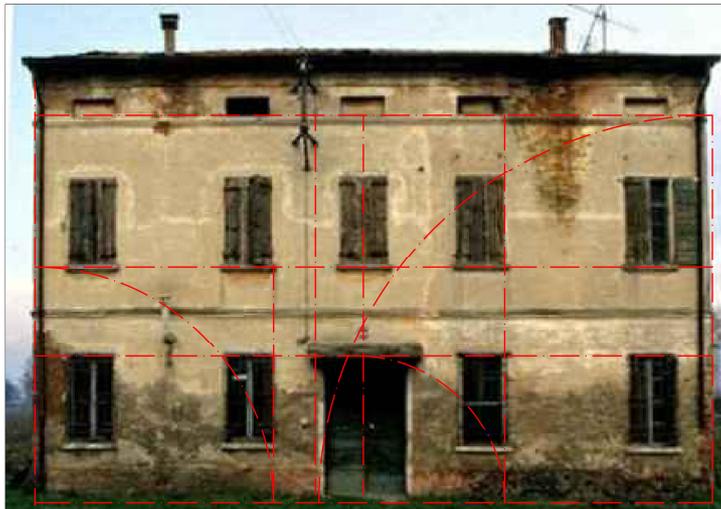
Fig. (51) Fienile di Corte Faccalina [www.lombardiabeniculturali.it]

**CASA PADRONALE - CORTE FACCALINA – PEGOGNAGA – MN sec. XVIII**

TRACCIATI REGOLATORI Definizione proporzioni di facciata



Definizione finestre



Definizione cornicioni

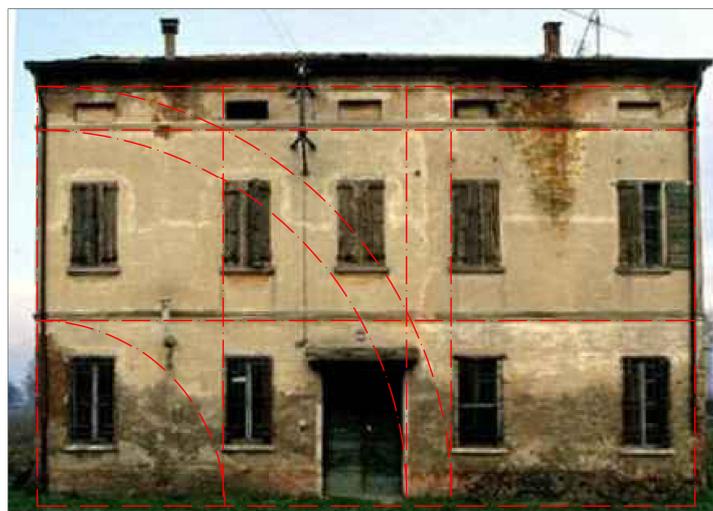


Fig.(52) Tracciati regolatori Corte Faccalina [base da [www.lombardiabeniculturali.it](http://www.lombardiabeniculturali.it)

## CORTE COLONNE

-PEGOGNAGA - MANTOVA- ANNO 1750



Fig.(53) Corte Colonne

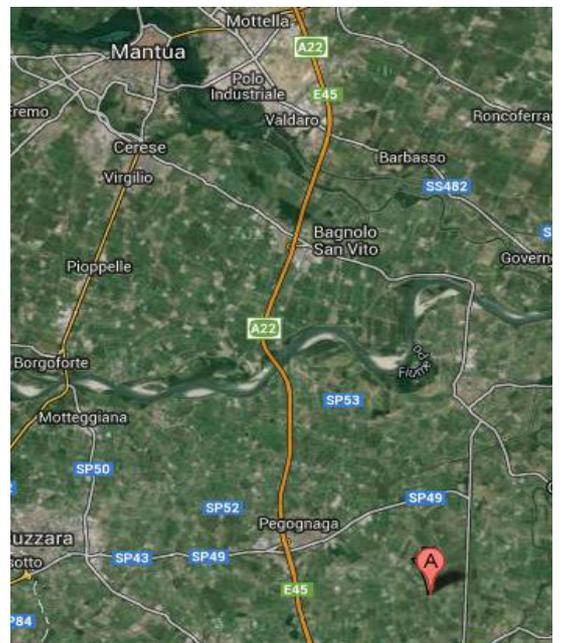


Fig.(54) Pegognaga, MN [ maps.google.com]

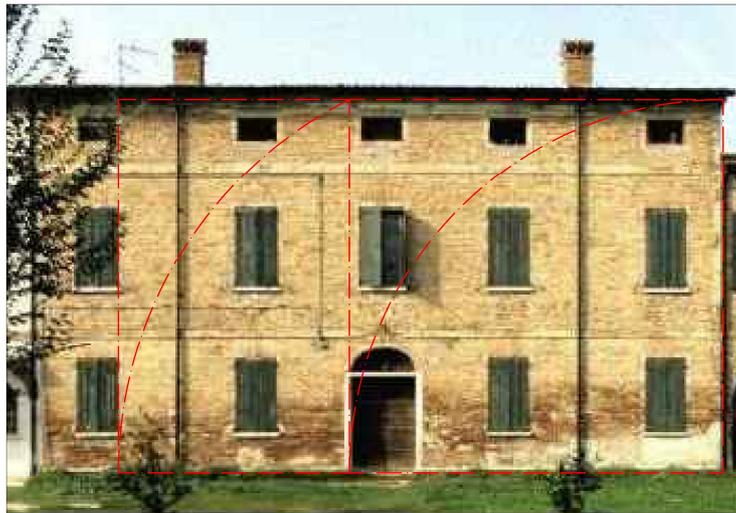


Fig.(55) Due viste di Corte Colonne [ da [www.lombardiabeniculturali.it](http://www.lombardiabeniculturali.it) ]

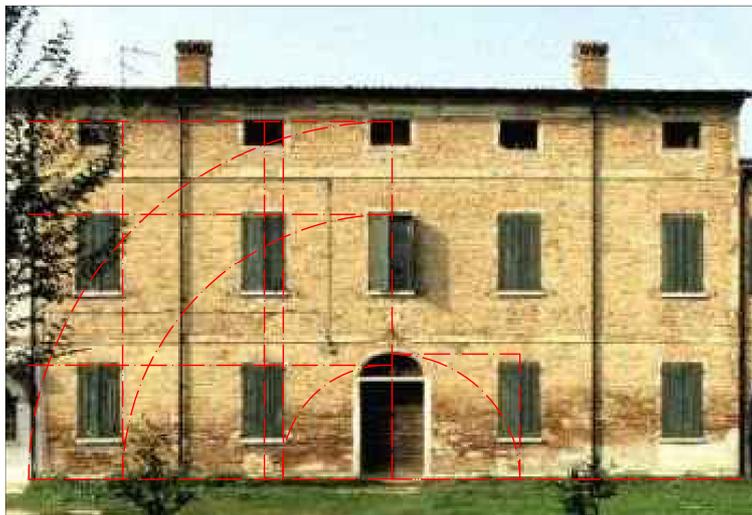


Fig.(56) Casa Padronale e fienile di corte Colonne [ da [www.lombardiabeniculturali.it](http://www.lombardiabeniculturali.it) ]

**CASA PADRONALE \_ TRACCIATI REGOLATORI- – Definizione proporzioni di facciata**



Definizione finestre



Definizione cornicioni

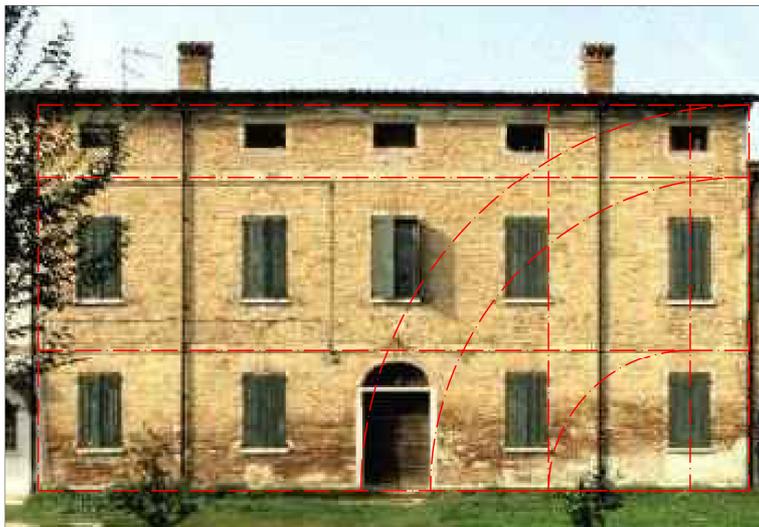


Fig.(57) Tracciati regolatori prospetto principale [ base da [www.lombardiabeniculturali.it](http://www.lombardiabeniculturali.it)]

# CORTE BARDELLA

PEGOGNAGA - MANTOVA ANNO 1777



Fig.(58) Corte Bardella

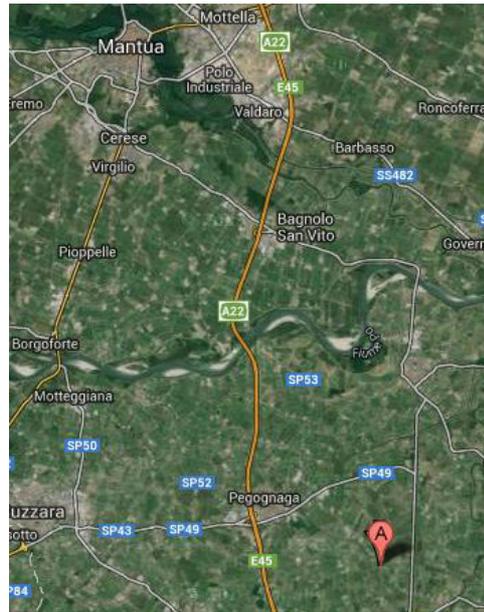


Fig.(59) Pegognaga, MN [ maps.google.com]

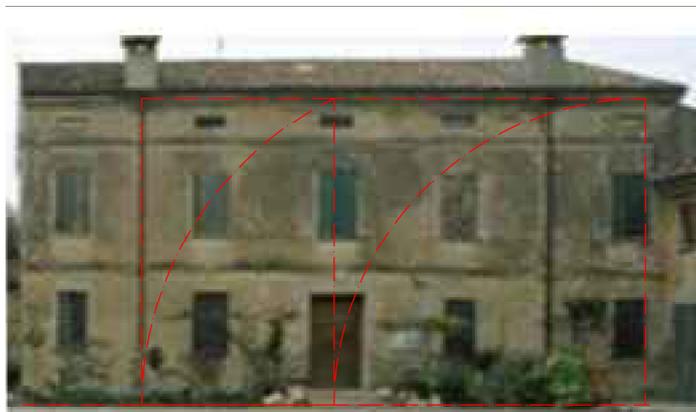


Fig.(60) viste di Corte Bardella [ da [www.lombardiabeniculturali.it](http://www.lombardiabeniculturali.it)]

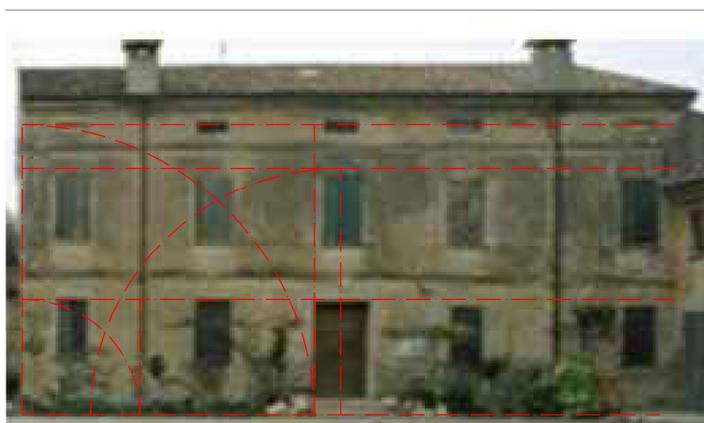
# CASA PADRONALE - CORTE BARDELLA – PEGOGNAGA

## TRACCIATI REGOLATORI

Definizione proporzioni di facciata



Definizione finestre



Definizione cornicioni

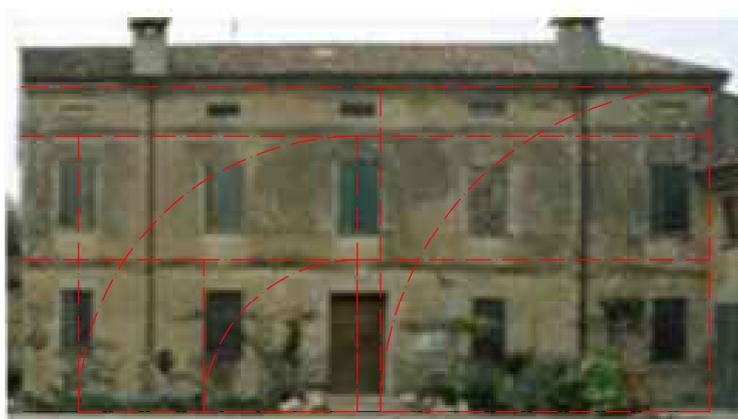


Fig.(61) Tracciati regolatori prospetto principale casa padronale di Corte Bardella

[base da [www.lombardiabeniculturali.it](http://www.lombardiabeniculturali.it)]

## CORTE ROZZA

SUZZARA - MANTOVA- ANNO 1800



Fig.(62) Corte Rozza

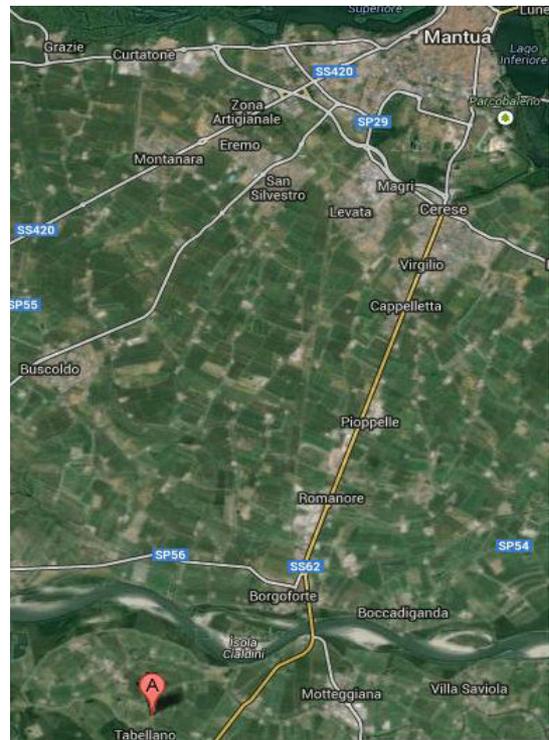


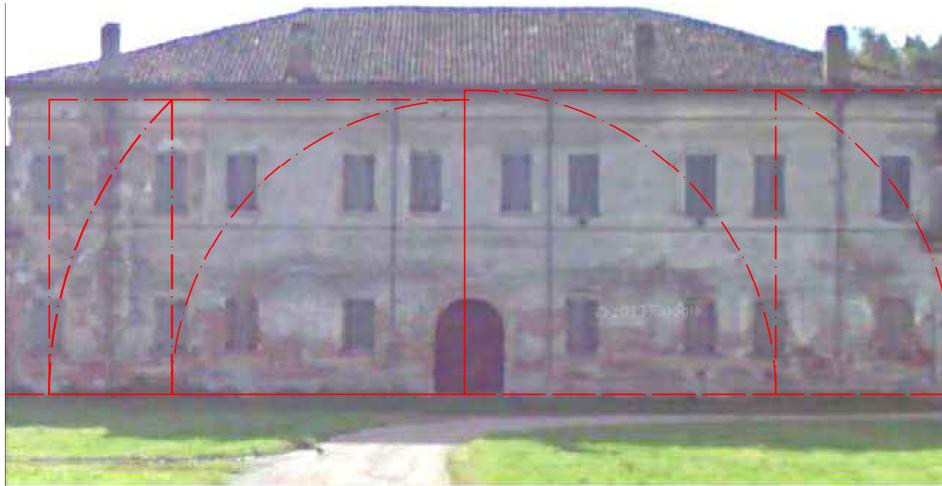
Fig.(63) Suzzara, MN [ maps.google.com]



Fig. (64) Viste di Corte Rozza [ da [www.lombardiabeniculturali.it](http://www.lombardiabeniculturali.it)]

# CASA PADRONALE - CORTE ROZZA – SUZZARA – MANTOVA

TRACCIATI REGOLATORI – PROSPETTO PRINCIPALE – Definizione proporzioni di facciata



Definizione finestre



Definizione cornici

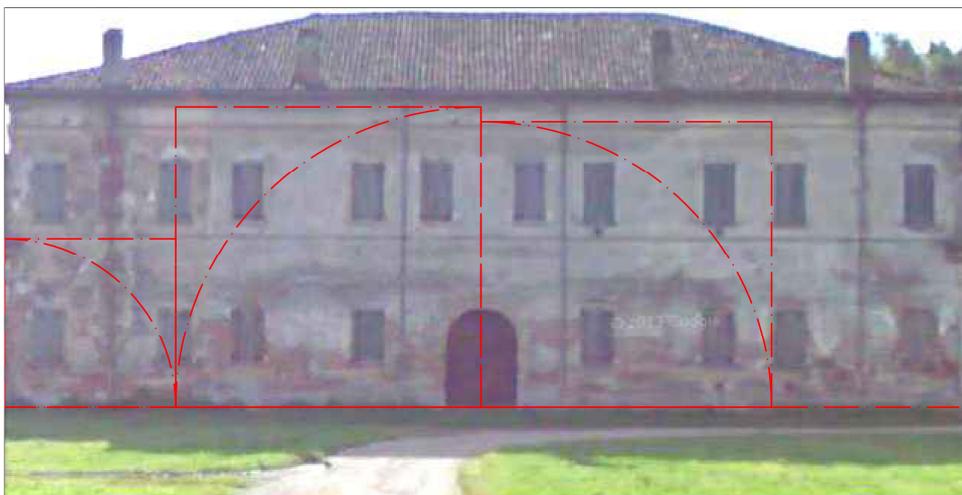


Fig.(65) Tracciati regolatori prospetto principale casa padronale Corte Rozza

[base da [www.lombardiabeniculturali.it](http://www.lombardiabeniculturali.it)]

## CORTE PASSIONCELLA

SUZZARA - MANTOVA – ANNO 1880



Fig.(66) Corte Passioncella

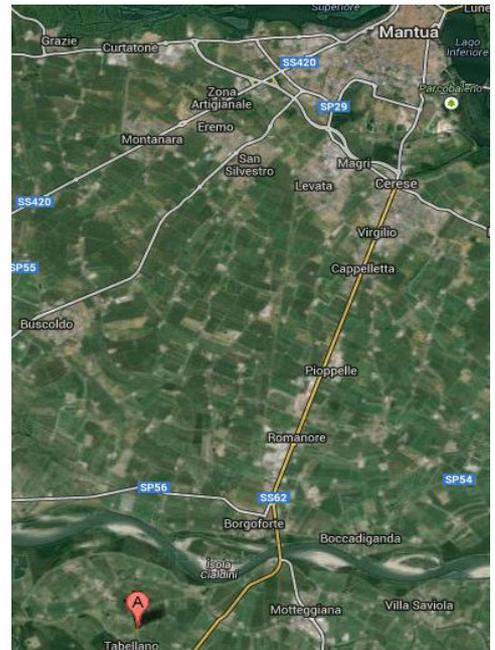
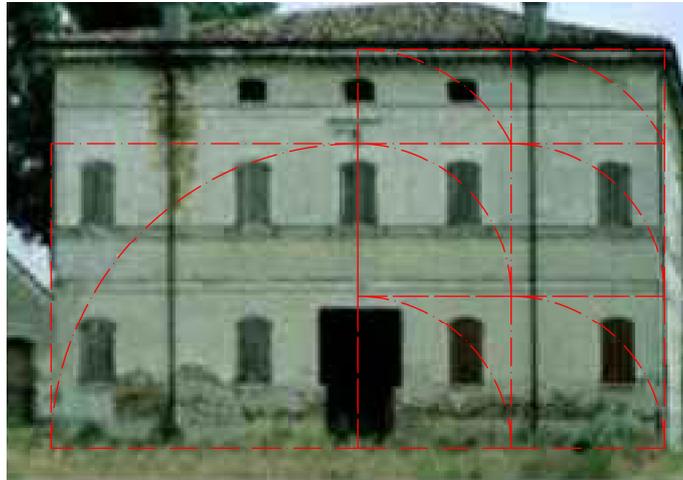


Fig.(67) Suzzara, MN [ maps.google.com]

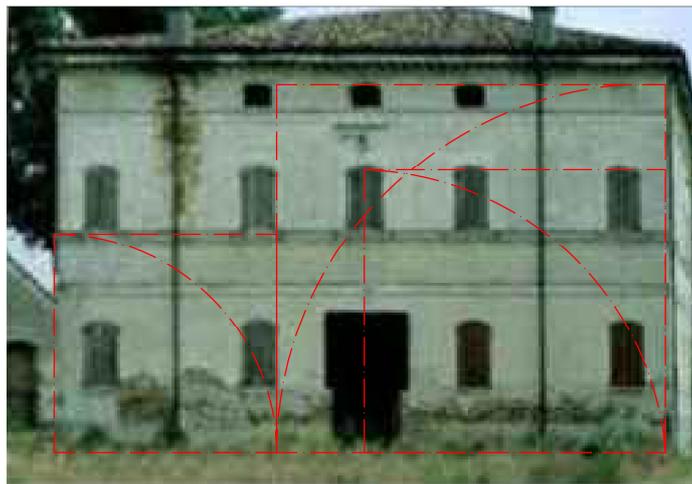


Fig.(68) Viste Corte Passioncella [ da [www.lombardiabeniculturali.it](http://www.lombardiabeniculturali.it)]

**CASA PADRONALE - CORTE PASSIONCELLA – SUZZARA – MANTOVA**  
TRACCIATI REGOLATORI – PROSPETTO PRINCIPALE – Definizione proporzioni di facciata



Definizione finestre



Definizione cornici

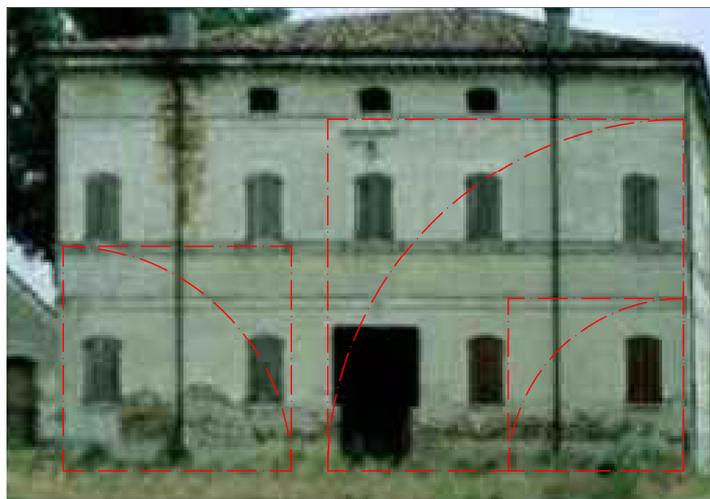


Fig. (69) Tracciati regolatori prospetto principale casa padronale Corte Passioncell

## IL PALAZZONE

ACQUANEGRA SUL CHIESE - MANTOVA – ANNO 1750

Edificio padronale con disposizione interna accentrata su due nuclei dell'atrio e del salone superiore, occupanti l'intera profondità del corpo di fabbrica, caratteristica tipica del codice costruttivo dell'architettura del contado mantovano



Fig.(70).Corte [da <http://maps.google.com>]

Fig.(71) Il Palazzone [da [www.lombardiabeniculturali.it](http://www.lombardiabeniculturali.it)]

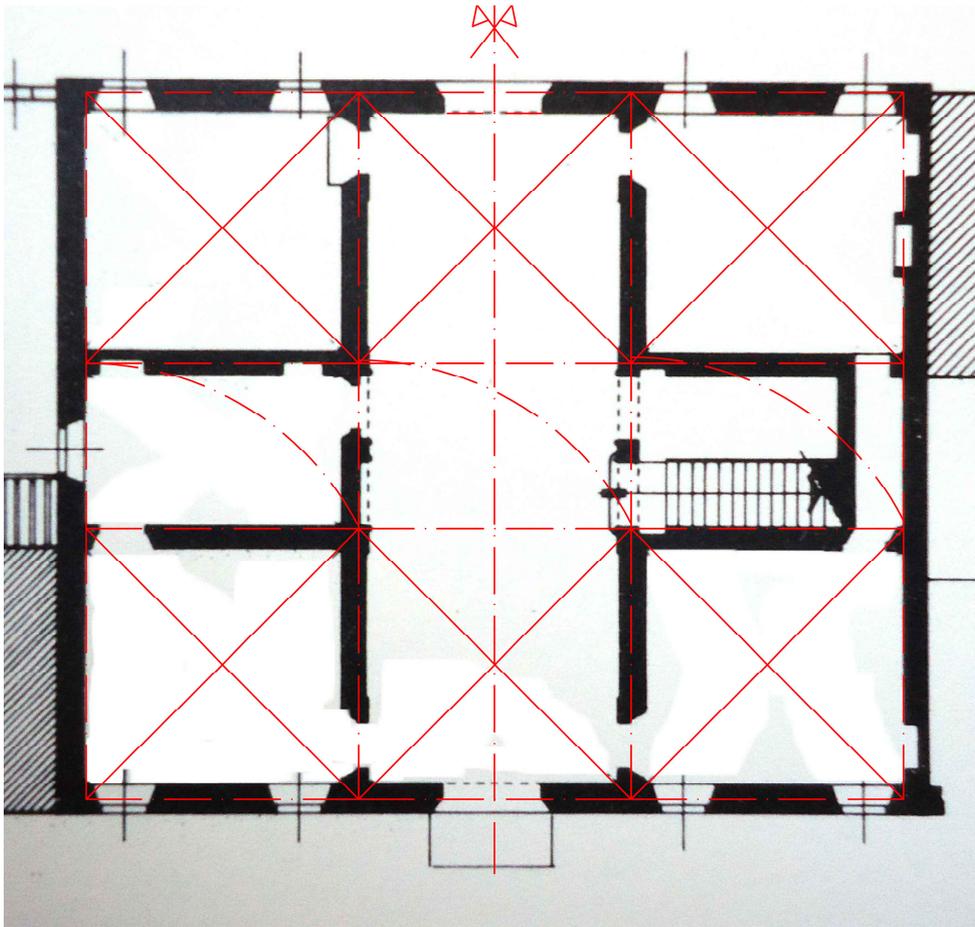


Fig.(72)Tracciati Pianta Piano Terra

[base da Carlo Perogalli, Ville delle province di Cremona e Mantova, Milano, 1973]

## IL ROCCIO

CASA PADRONALE - ASOLA - MANTOVA

Struttura tipica della residenza extraurbana cinquecentesca .

Organizzazione degli ambienti in uno spazio prossimo al cubo o al parallelepipedo sviluppato su una base a rettangolo aureo o a doppio quadrato. Tale spazio compatto verso l'esterno e articolato internamente secondo le teorie umanistico-rinascimentali, in una simmetria centrale.



Fig.(73) Il Roccio

[base da Carlo Perogalli, Ville delle province di Cremona e Mantova, Milano, 1973]

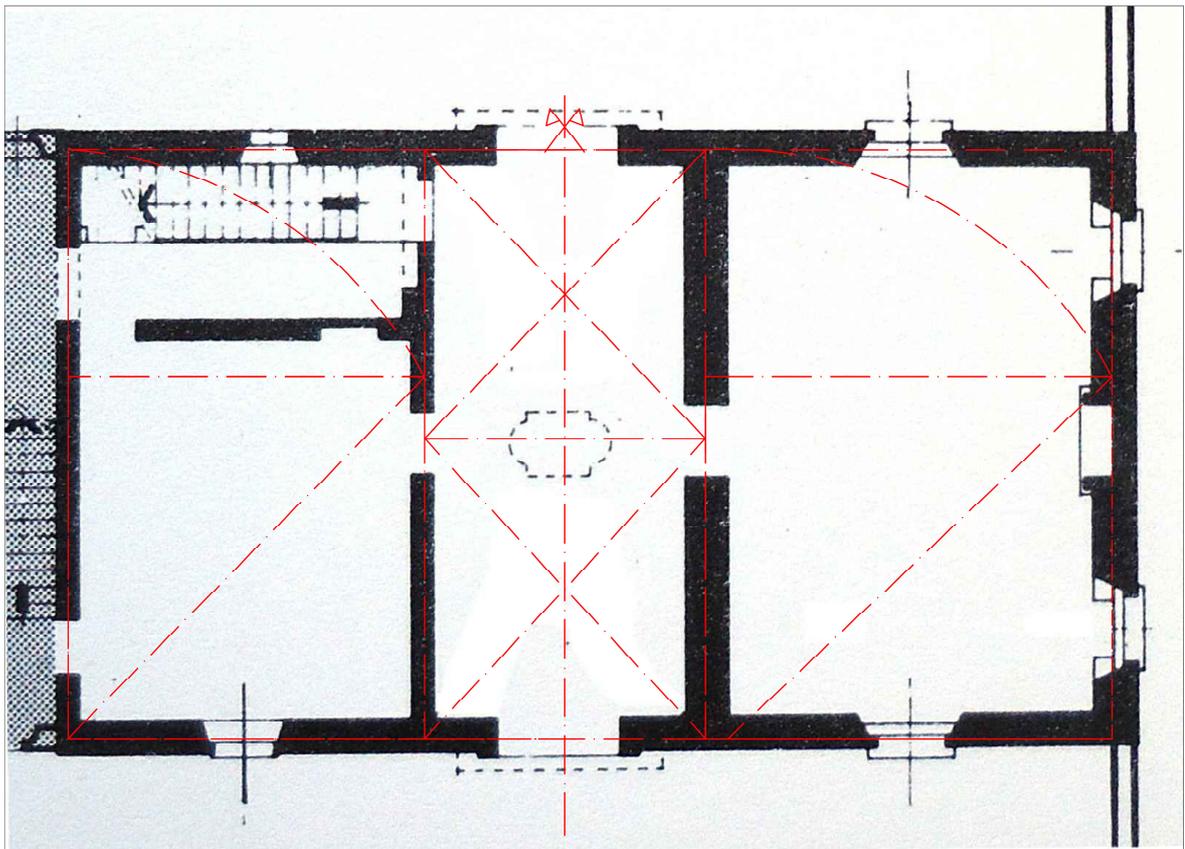


Fig.(74) Tracciati Regulatori

Pianta Piano Terra

## VILLA ANGELI

CASA PADRONALE - PEGOGNAGA -  
MANTOVA



Fig.(75) Villa Angeli [base da Carlo Perogalli, Ville delle province di Cremona e Mantova, Milano, 1973]

Fig.(76) Villa Angeli [da <http://maps.google.com>]

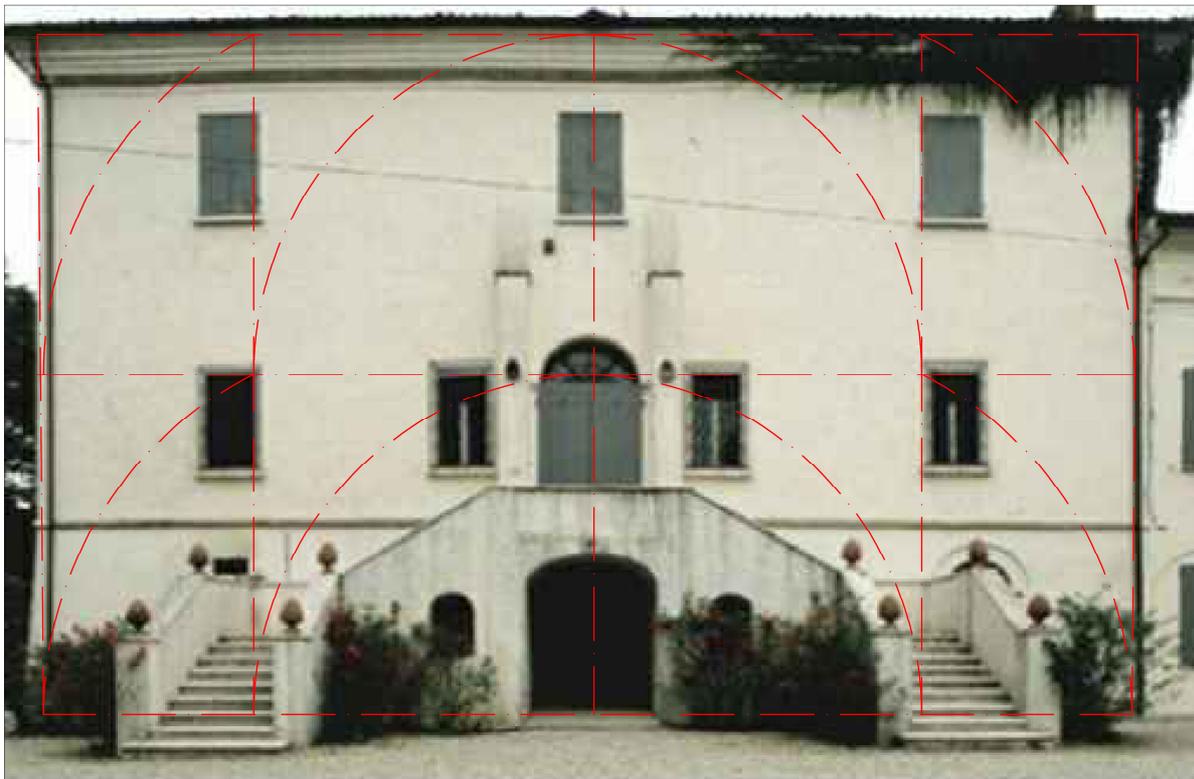


Fig.(77) Tracciati Regulatori Prospetto Principale Villa Angeli  
[ base da [www.lombardiabeniculturali.it](http://www.lombardiabeniculturali.it)]

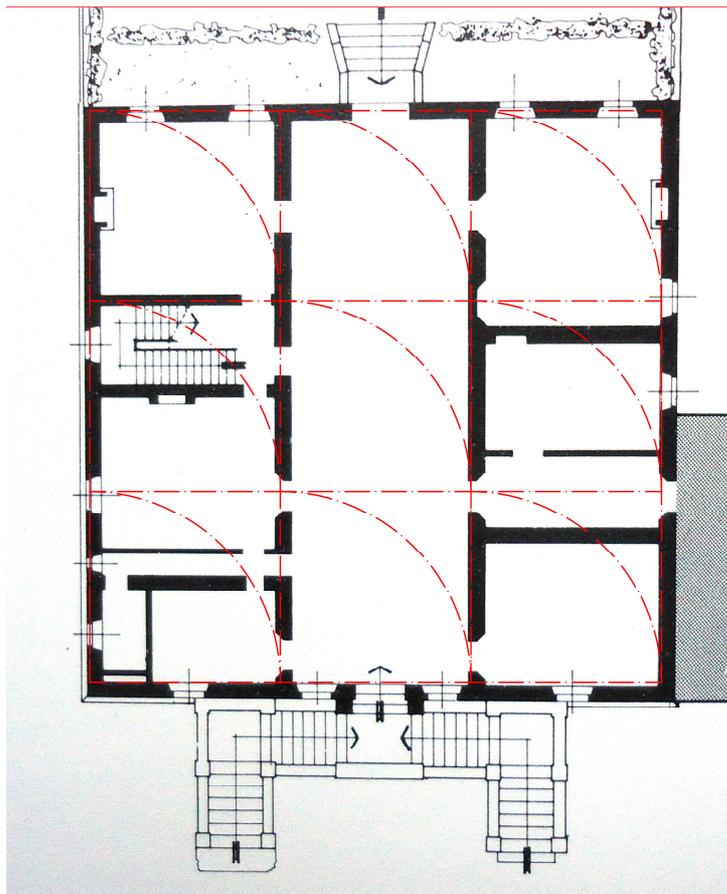
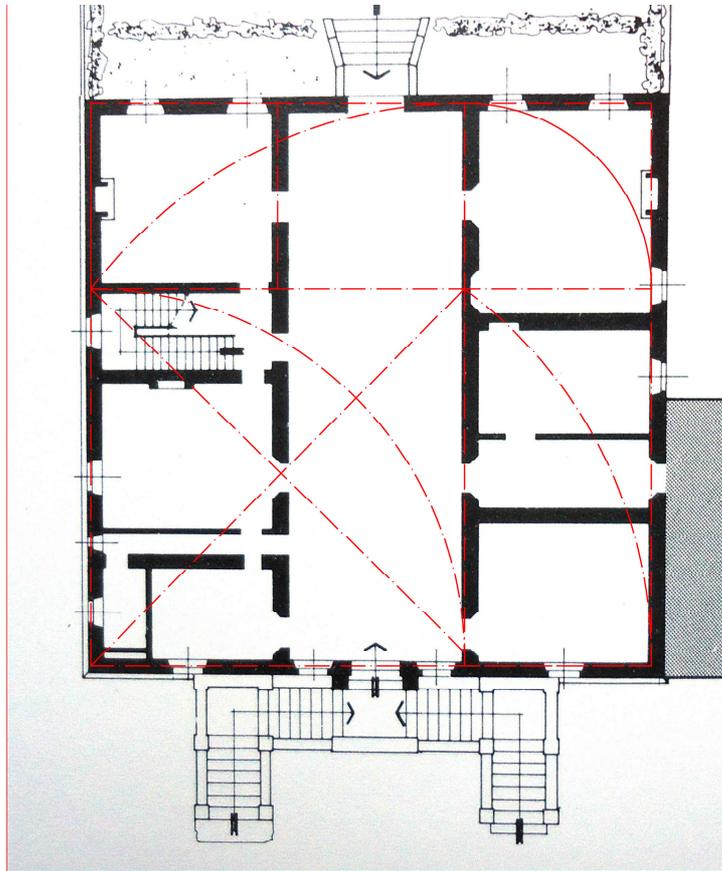


Fig.(78)Tracciati Regolatori Piante Piano Terra Villa Angeli

[base da Carlo Perogalli, Ville delle province di Cremona e Mantova, Milano, 1973]

## VILLA NIEVO

CASA PADRONALE - RODIGO - MANTOVA , Villa quattro-cinquecentesca.



Fig.(79) Villa Nievo Prospetto Principale

[da Carlo Perogalli, Ville delle province di Cremona e Mantova, Milano, 1973]

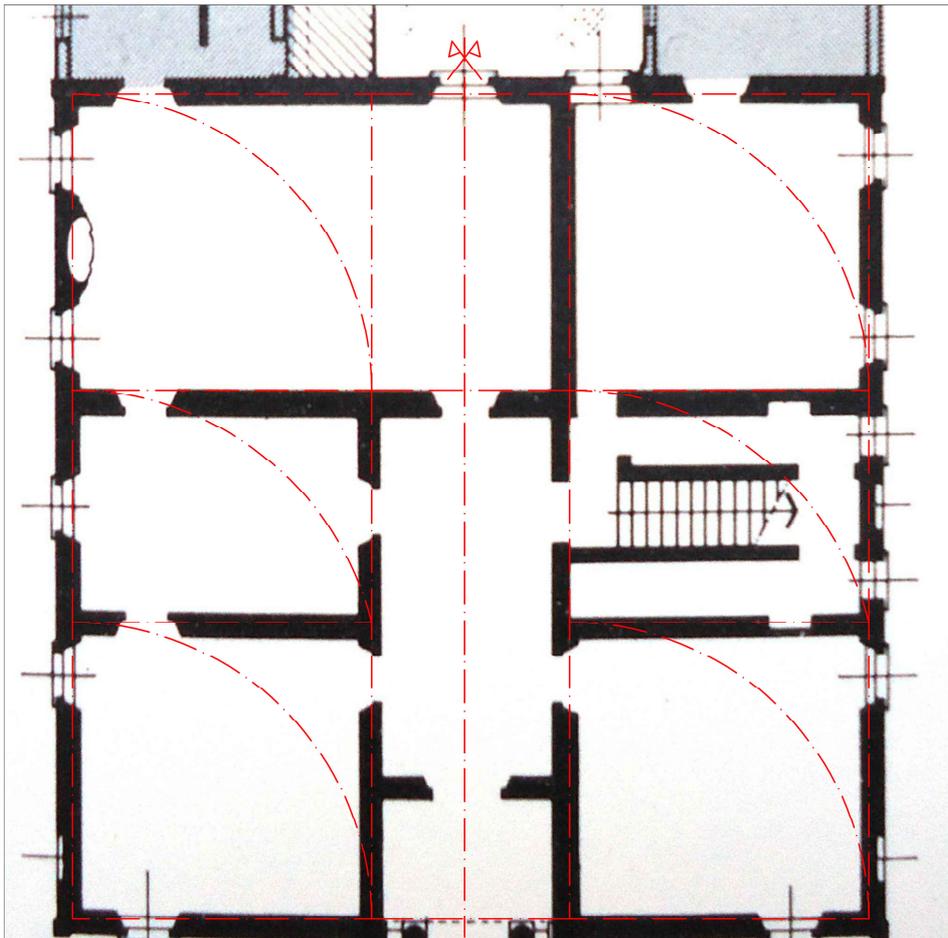


Fig.(80) Tracciati regolatori Pianta Piano Terra

[base da Carlo Perogalli, Ville delle province di Cremona e Mantova, Milano, 1973]

## VILLA LE QUADRE

CASA PADRONALE - RONCOFERRARO - MANTOVA - ANNO 1700



Fig.(81) Villa Le Quadre, Ingresso alla corte e vista laterale.

[da Carlo Perogalli, Ville delle province di Cremona e Mantova, Milano, 1973]

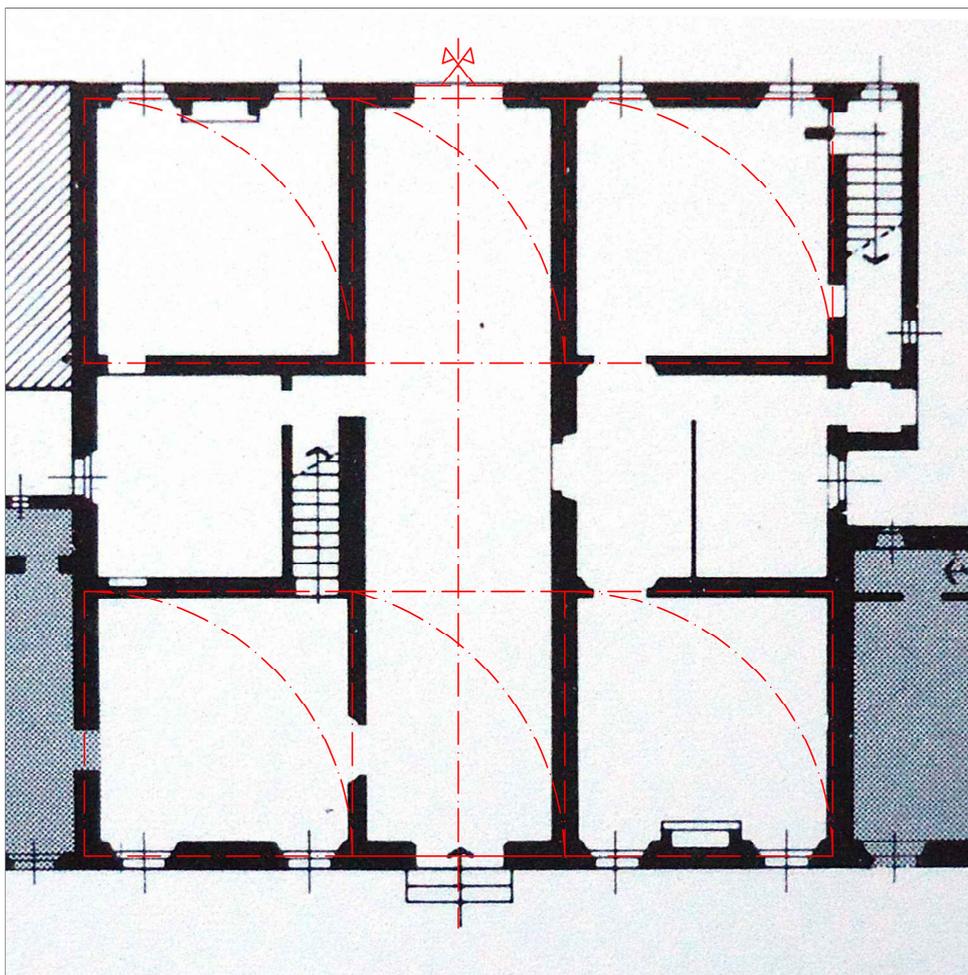


Fig.(82) Tracciati Ragollatori pianta Piano Terra Villa Le Quadre

[base da Carlo Perogalli, Ville delle province di Cremona e Mantova, Milano, 1973]

### 3. PROBLEMATICHE E RECUPERO



Fig.(83) Villa Arrigona, Moglia, Mantova

“Nel territorio rurale mantovano a fronte di un tessuto economico-agricolo estremamente vivace si ha una ridondanza di strutture edilizie non più organiche se non in minima parte, e chiaramente votate all’abbandono.

Come evidenziato dalle analisi storiche e tipologiche si tratta non di semplici strutture produttive ma di enorme e qualificato patrimonio architettonico.

Dominante ai fini del recupero rimane quindi l’esigenza di conservazione, non tanto del manufatto in sé, quanto del sito e della tipologia.

Il caso mantovano ci propone una situazione, nel complesso omogenea, di estrema diffusione di corti, di notevole consistenza dimensionale dei componenti edilizi delle stesse, di relativa vicinanza, quando non continuità, con le aree urbanizzate.

Elemento problematico resta la composizione tra esigenze attuali e grado di conservazione sul piano propriamente edilizio.

Per il conseguimento della massima efficienza degli interventi sugli edifici esistenti è necessario che gli interventi siano graduati ed articolati in funzione delle effettive necessità, riconoscendo l’esigenza di ottenere risultati formali e valori architettonici in linea con il

rispetto dei valori storici, ambientali e della salvaguardia del patrimonio paesistico.

Il patrimonio di edilizia rustica appenninica è pervenuto fino ad oggi attraverso la dinamica di diversi secoli. Per prima cosa è quindi opportuno individuare le fasi di fabbrica e di conseguenza i *criteri costanti* (se presenti) riscontrabili nello sviluppo dei tipi edilizi all'interno del processo di modificazione/evoluzione.

Di fronte ad un edificio esistente è, cioè, possibile individuare quali trasformazioni nel tempo l'hanno portato ad essere così come ci appare oggi.

Queste trasformazioni possono essere considerate delle costanti comuni alla popolazione di edifici considerati nell'area oggetto di studio.

Definito ciò, occorre poi individuare i meccanismi che possono produrre determinati danni, così da identificare gli interventi più idonei, tenendo in considerazione che a un tipo di manifestazione non corrisponde necessariamente una stessa e unica causa, così come a una causa non si deve rispondere soltanto con una tecnica di intervento.

Solo successivamente alla definizione della suddetta linea guida e quindi a valle di una corretta analisi, è possibile individuare una casistica di interventi mirati al "conseguimento della massima efficienza",

intesa come conservazione con aumento della sicurezza.

L'analisi dello stato di fatto e le decisioni da prendere per gli eventuali provvedimenti di messa in sicurezza sono quindi determinate dalle tipologie delle soluzioni costruttive, dai materiali utilizzati e dallo stato di questi.

Mettendo in relazione i danni ai meccanismi di funzionamento che li producono (o li hanno prodotti), come ad esempio sollecitazioni nel piano e fuori del piano delle murature, in presenza o in assenza di collegamenti, incremento delle spinte degli orizzontamenti, effetti di martellamento, cedimenti delle fondazioni, etc., si individuano gli interventi più idonei a ridurre gli specifici elementi di vulnerabilità della costruzione.

Tutti i materiali usati per gli interventi devono essere compatibili con quelli originali e durevoli.”(6)

### 3.1 COSTRUZIONI IN MURATURA



Fig.(84) muratura esterna Villa Arrigona, Moglia, Mantova

La muratura (sia in pietra naturale che artificiale) è stato il principale materiale da costruzione nel mondo almeno fino al 1920.

Le costruzioni in muratura rappresentano un patrimonio edilizio consistente e spesso connotato da valori storico-architettonici.

La muratura è un materiale composito, le cui principali caratteristiche sono:

- **la disomogeneità**
- **l'anisotropia**
- **il diverso comportamento a compressione e a trazione**
- **la non linearità del legame sforzi-deformazioni**

Il comportamento meccanico è il risultato dell'interazione fra gli elementi e la malta, attraverso la loro **interfaccia** (che per fenomeni fisico-chimici tende a sviluppare un comportamento *diverso* da quello dei singoli componenti).

Nella prassi progettuale tuttavia si idealizza il materiale come **continuo omogeneo macroscopicamente equivalente** al materiale composito, e in alcuni casi può essere lecito trascurare la non linearità del materiale.

#### Caratteristiche meccaniche principali della muratura:

- buona resistenza a compressione
- scarsa resistenza a trazione; in particolare la resistenza a trazione di un giunto malta blocco può essere dell'ordine di 1/30 della resistenza a compressione della muratura

L'edificio in muratura viene concepito e realizzato come un assemblaggio tridimensionale di muri e solai, garantendo il funzionamento scatolare, e conferendo quindi l'opportuna stabilità e robustezza all'insieme. Un criterio frequentemente seguito è quello di considerare l'edificio come una serie di elementi "indipendenti" opportunamente assemblati:

- muri che svolgono una funzione portante e/o di controventamento

- solai sufficientemente rigidi e resistenti per ripartire le azioni tra i muri di controventamento (azione di diaframma)

La stabilità alle azioni orizzontali richiede muri disposti secondo almeno due direzioni ortogonali.

La capacità dei muri di resistere alle azioni orizzontali è favorevolmente influenzata dalla presenza di forze verticali stabilizzanti (in particolare per i muri non armati).

Si riconosce quindi che lo schema **“cellulare”**, in cui tutti i muri strutturali hanno funzione portante e di controventamento, è quello più efficiente dal punto di vista statico, e che meglio realizza un effettivo comportamento di tipo “scatolare”.

### 3.1.1 CARATTERISTICHE MECCANICHE

Le proprietà fondamentali in base alle quali si classifica una muratura sono la resistenza caratteristica a compressione  $f_k$ , la resistenza caratteristica a taglio in assenza di azione assiale  $f_{vk0}$ , il modulo di elasticità normale secante  $E$ , il modulo di elasticità tangenziale secante  $G$ . Le resistenze caratteristiche  $f_k$  e  $f_{vk0}$  sono determinate o per via sperimentale su campioni di muro o, con alcune limitazioni, in funzione delle proprietà dei componenti. Le modalità per determinare le resistenze caratteristiche sono indicate nel § 11.10.5, dove sono anche riportate le modalità per la valutazione dei moduli di elasticità.; tali valori sono variabili e dipendono da tanti fattori, principalmente dal tipo di pietra scelto per la costruzione e il tipo di malta scelto come legante.

### La resistenza a compressione:

Nel caso di murature costituite da elementi artificiali la normativa italiana prescrive che la resistenza caratteristica a compressione della muratura  $f_k$  debba essere determinata sperimentalmente. Ammette però una deroga nel caso di murature costituite da elementi artificiali pieni o semipieni con giunti di malta

orizzontale e verticale. In tal caso, note le caratteristiche di resistenza degli elementi e della malta. Si deduce la resistenza caratteristica a compressione dalla seguente tabelle:

Valori di  $f_k$  per [murature in elementi artificiali pieni e semipieni](#) (valori in  $N/mm^2$ )

Resistenza caratteristica a compressione $f_{bk}$ dell'elemento	Tipo di malta			
	M15	M10	M5	M2.5
2.0	1.2	1.2	1.2	1.2
3.0	2.2	2.2	2.2	2.0
5.0	3.5	3.4	3.3	3.0
7.5	5.0	4.5	4.1	3.5
10.0	6.2	5.3	4.7	4.1
15.0	8.2	6.7	6.0	5.1
20.0	9.7	8.0	7.0	6.1
30.0	12.0	10.0	8.6	7.2
40.0	14.3	12.0	10.4	--

D.M. 14.01.2008

Nel caso particolare delle murature storiche si può fare riferimento alla Tabella C8A.2.1 della Circolare esplicativa; i valori indicati sono da riferirsi a condizioni di muratura con malta di scadenti caratteristiche, giunti non particolarmente sottili e in assenza di ricorsi o listature che, con passo costante, regolarizzino la tessitura e in particolare l'orizzontalità dei corsi. Inoltre si assume che, per le murature

storiche, queste siano parametri scollegati, ovvero manchino sistematici elementi di connessione trasversale.

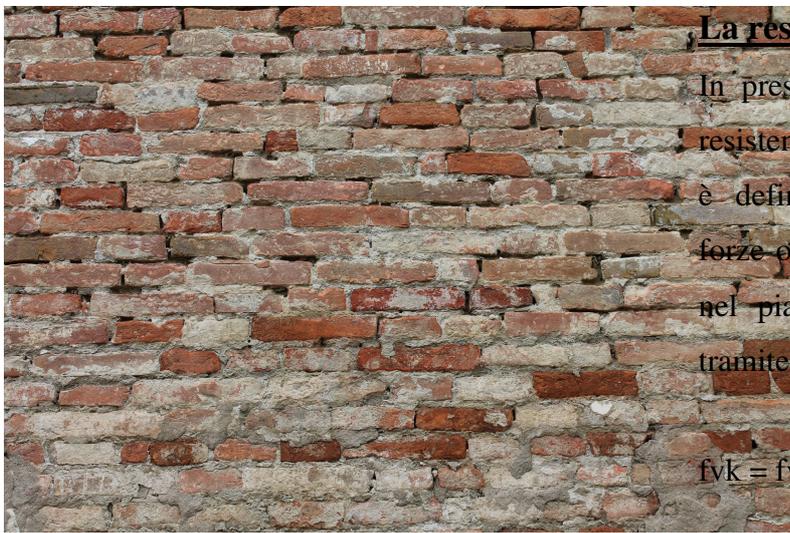
Nel caso in cui la muratura presenti caratteristiche migliori, le caratteristiche meccaniche saranno ottenute applicando i coefficienti migliorativi indicati nella Tabella C8A.2.2 della Circolare esplicativa.

Tipologia di muratura	Malta buona	Giunti sottili (<10 mm)	Ricorsi o listature	Connessioni 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 sbozzati, con paramento di limitato spessore e	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

\* Valori da ridurre convenientemente nel caso di pareti di notevole spessore (p.es. > 70 cm).

Tabella 4.2: Tabella C8A.2.2 della Circolare esplicativa;

Coefficienti correttivi dei parametri meccanici (indicati nella Tabella C8A.2.1)



### La resistenza a taglio

In presenza di tensioni di compressione, la resistenza caratteristica a taglio della muratura è definita come l'effetto combinato delle forze orizzontali e dei carichi verticali agenti nel piano del muro e può essere ricavata tramite la relazione:

$$f_{vk} = f_{yk0} + 0,4$$

Fig.(85) muratura esterna villa Arrigona, Moglia, Mantova

dove:

$f_{vk0}$ : resistenza caratteristica a taglio in assenza di carichi verticali, il cui valore è desumibile dalla Tabella 11.10.VII delle NTC 2008.

Tipo di elemento resistente	Resistenza caratteristica a compressione $f_{bk}$ dell'elemento	Classe di malta	$f_{vk0}$ (N/mm <sup>2</sup> )
Laterizio pieno e semipieno	$f_{bk} > 15$	$M10 \leq M \leq M20$	0,30
	$7,5 < f_{bk} \leq 15$	$M5 \leq M < M10$	0,20
	$f_{bk} \leq 7,5$	$M2,5 \leq M < M5$	0,10
Calcestruzzo; Silicato di calcio; Cemento autoclavato; Pietra naturale squadrata.	$f_{bk} > 15$	$M10 \leq M \leq M20$	0,20
	$7,5 < f_{bk} \leq 15$	$M5 \leq M < M10$	0,15
	$f_{bk} \leq 7,5$	$M2,5 \leq M < M5$	0,10

Tabella 11.10.VII NTC 2008.

### 3.1.2 STATI LIMITE NEI PANNELLI MURARI

“Le murature sono edifici “scatolari” costituiti da superfici bidimensionali che vengono sollecitate da azioni nel piano e fuori piano, determinate dai carichi applicati:

1. Azioni VERTICALI:

(neve, peso proprio, carichi per destinazione d'uso, azioni corrispondenti al normale esercizio delle strutture)

Convenzionalmente le sollecitazioni sui muri e solai dovute ai carichi verticali, vengono valutate assimilando i muri a semplici appoggi per i solai; per tener conto dei momenti flettenti, dovuti ai carichi verticali, alle tolleranze di esecuzione ed al vento, i carichi agenti sui muri vengono considerati applicati con determinate eccentricità.

2. Azioni ORIZZONTALI: (vento, sisma)

La resistenza alle azioni orizzontali è ottenuta tramite il sistema formato dai solai e dalle pareti murarie. La pressione del vento è trasmessa ai solai direttamente investiti. I solai, sufficientemente rigidi e resistenti nel proprio piano, distribuiscono le azioni orizzontali tra le pareti murarie.

Le pareti murarie si comportano come sistemi piani formati da pannelli in muratura e da catene aderenti (cordoli).

Le azioni orizzontali si distribuiscono tra le pareti murarie in proporzione alla loro rigidezza ed alla loro distribuzione planimetrica. Il calcolo delle rigidezza è effettuato convenzionalmente considerando la muratura resistente anche a trazione. Nelle verifiche a pressoflessione non si può tener conto di tale resistenza.

La resistenza delle pareti a forze agenti nel loro piano è molto maggiore rispetto alla resistenza alle forze ad essi ortogonali.

**Azioni nel piano: rottura per pressoflessione (slu)**

La condizione di rottura per pressoflessione nel piano è associata allo schiacciamento della muratura al lembo compresso delle sezioni estreme. Per bassi valori di azione assiale N l'estensione della zona compressa è modesta, si rileva un'ampia apertura delle fessure flessionali e il muro tende a sviluppare un cinematiso di ribaltamento simile a quello di un blocco rigido.

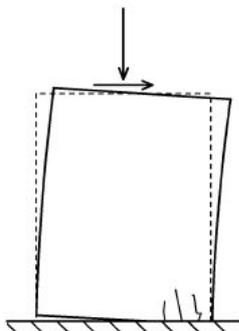


Fig.(86) Rottura per pressoflessione [ da [www.dicat.unige.it](http://www.dicat.unige.it) 2010 lezione 16 muratura]

**Azioni nel piano: rottura per sollecitazioni taglianti (slu)**

Nella denominazione “rottura per taglio” si includono solitamente meccanismi fessurativi di diversa natura, ascrivibili all’effetto delle tensioni tangenziali originate dalle azioni

orizzontali, in combinazione con le componenti di tensione normale. Questi tipi di rottura sono tra i più frequenti nelle costruzioni in muratura”(11)

Si distinguono due principali modalità di rottura:

- Per fessurazione diagonale
- Per taglio scorrimento

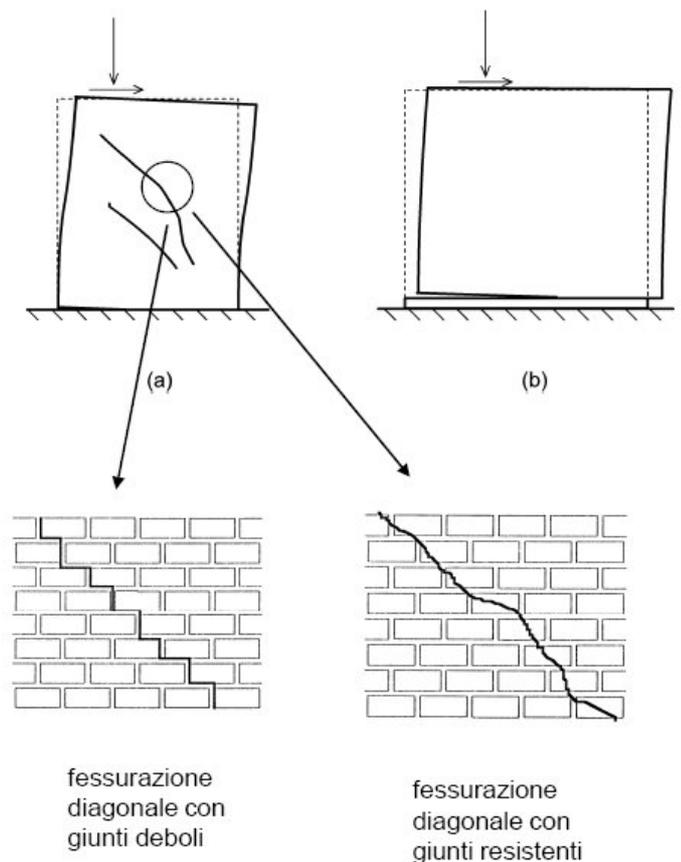


Fig.(87) Rottura per sollecitazione taglianti [ da [www.dicat.unige.it](http://www.dicat.unige.it) 2010 lezione 16 muratura]

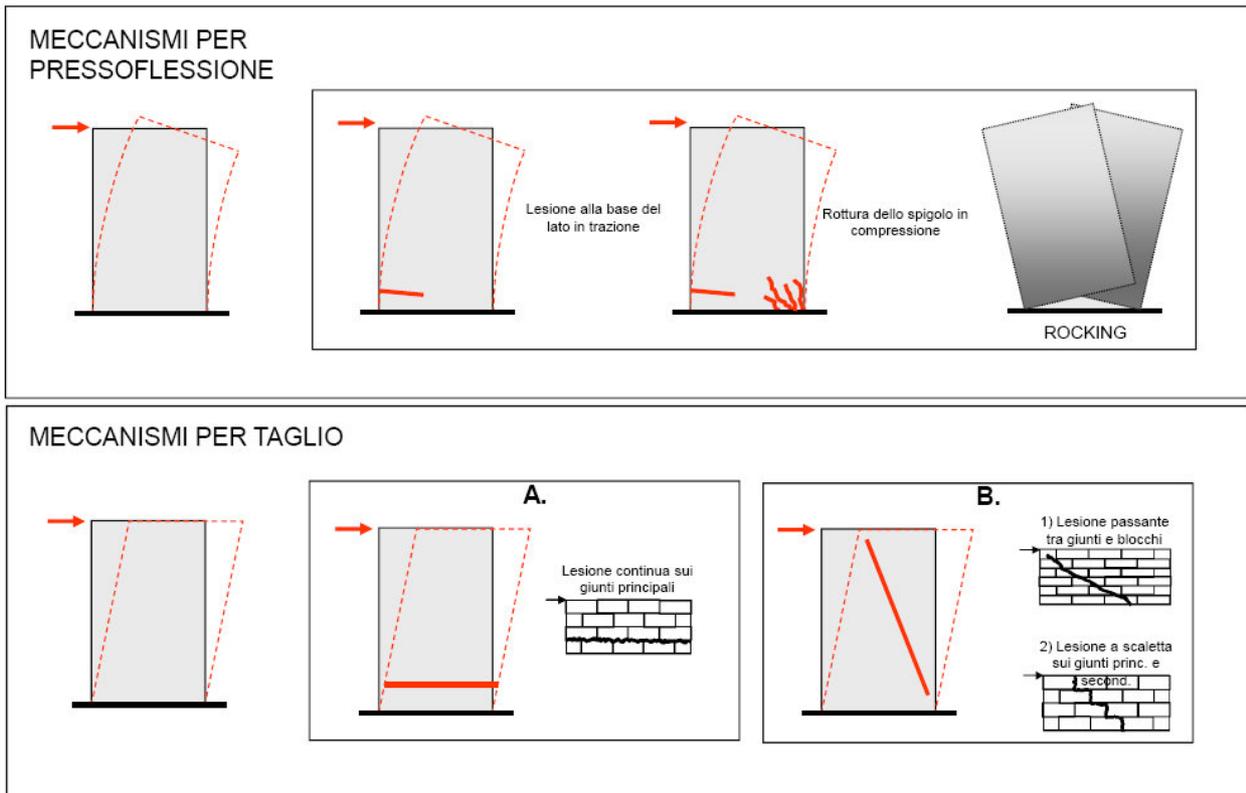


Fig.(88) Meccanismi di rottura per pressoflessione e taglio [ da [www.dicat.unige.it](http://www.dicat.unige.it) 2010 lezione 16 muratura ]

Le modalità di rottura di un pannello murario dipendono sia dalle sue dimensioni che dal carico applicato.

Ricapitolando si avrà:

- Rottura per pressoflessione  $V_{Rd,p}$
- Rottura per scorrimento  $V_{Rd,s}$
- Rottura per fessurazione diagonale  $V_{Rd,f}$

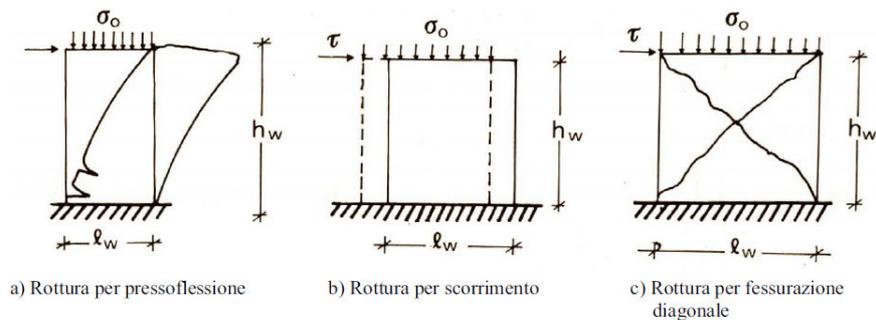


Fig.(89) Tipologie di rottura pannelli murari [ da [www.dicat.unige.it](http://www.dicat.unige.it) 2010 lezione 16 muratura]

### Rottura per pressoflessione:

il valore resistente del taglio è definito dalla condizione di schiacciamento della muratura compressa alla base inferiore del pannello:

$$V_{Rd,p} \cdot h_0 = N_{Sd} \cdot e_{inf} = M_{Rd}$$
$$V_{Rd,p} = \frac{N_{Sd} \cdot b}{2h_0} \left( 1 - \frac{N_{Sd}}{\alpha \cdot b \cdot t \cdot f_d} \right)$$

$N_{Sd}$  azione assiale sollecitante ,

t spessore parete

b lunghezza complessiva della parete

$f_d$  resistenza di progetto a compressione

$h_0$  altezza del punto in cui si annulla il momento

$\alpha$  coeff. Che tiene conto del riempimento del diagramma delle tensioni nella sezione reagenti.

### Rottura per scorrimento:

Nel caso in cui il carico verticale sia basso si può verificare la rottura per scorrimento nei giunti di malta assumendo un comportamento del materiale “alla Coulomb”

$$V_{Rd,s} = \frac{1.5f_{vk0} + 0.4\sigma_0}{1 + \frac{3h_0}{b\sigma_0} \frac{f_{vk0}}{\gamma_m}} \frac{b \cdot t}{\gamma_m}$$

La normativa D.M. 14/01/2008 prevede in questo caso la seguente espressione di verifica:

$$V_{sd} \leq V_{Rd,s} = \beta \cdot A \cdot f_{vd}$$

$V_{sd}$  forza tagliante di progetto

$V_{Rd,s}$  forza resistente a taglio di progetto per scorrimento

A area trasversale della parete nella sezione di verifica

$f_{vd}$  resistenza di progetto a taglio,  $\beta$  coeff. di parzializzazione della sezione

### Rottura per fessurazione diagonale:

Turnesek e Cacovic rilevarono sperimentalmente rotture con formazione di fessure diagonali al centro del pannello. Ipotizzarono quindi che la rottura per taglio abbia luogo quando lo sforzo principale di trazione raggiunge un valore limite  $f_{tu}$ , assunto come resistenza a trazione convenzionale della muratura. In tal modo si assume che, relativamente allo stato limite di rottura per taglio con fessurazione diagonale, l'anisotropia della muratura possa essere trascurata, con il vantaggio di usare un singolo parametro di resistenza.

Supponendo che il pannello sia sufficientemente snello da poter essere assimilato ad un solido di *De Saint Venant*, il criterio si traduce nella seguente espressione del taglio ultimo resistente

$$V_u = \frac{f_{tu}lt}{b} \sqrt{1 + \frac{\sigma_m}{f_{tu}}} ; \quad \sigma_m = \frac{N}{lt}$$



Fig.(90) Muratura interna villa Arrigona, Moglia

## 3.2 PRINCIPALI PROBLEMATICHE

L'esame della qualità muraria e l'eventuale valutazione sperimentale delle caratteristiche meccaniche hanno come finalità principale quella di stabilire se la muratura in esame è capace di un comportamento strutturale idoneo a sostenere le azioni statiche e dinamiche prevedibili per l'edificio in oggetto.

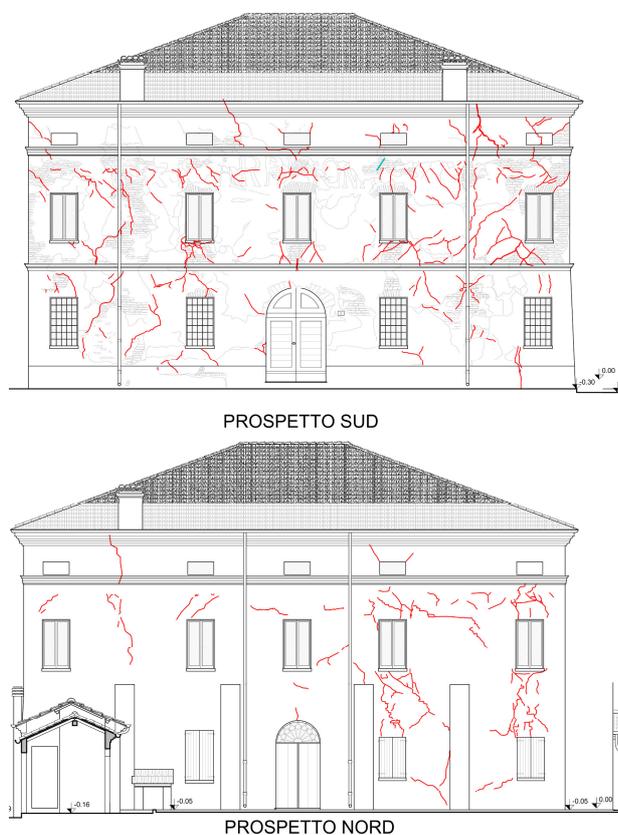


Fig.(91) Quadri Fessurativi, Villa Arrigona, Moglia, MN

### 3.2.1 QUADRI FESSURATIVI

“In taluni casi può rendere necessario studiare il progredire delle lesioni nel tempo, per conoscere le caratteristiche della loro evoluzione al fine di un giusto inquadramento del quadro

fessurativo per l'analisi del dissesto.

Possono identificarsi quattro forme di progressione del moto fessurativo:

- progressione nulla: il moto non è più in essere e la struttura, attraverso il cedimento ha trovato la sua posizione di quiete o di nuovo equilibrio definitivo;
- progressione ritardata: caratterizzata da manifestazioni sempre più attenuate nel tempo e che tendono ad estinguersi per lo stabilirsi di una situazione che volge alla progressione nulla di equilibrio definitivo;
- progressione accelerata: caratterizzata all'accentuarsi, nel tempo, delle manifestazioni di faticenza che inducono la struttura verso stati di equilibrio sempre più precari e talvolta verso il collasso;
- progressione costante: caratterizzata dall'uniforme sviluppo, nel tempo, delle manifestazioni di faticenza che possono trasformarsi o in moti di progressione ritardata o in moti di progressione accelerata.

Nell'esame delle lesioni è necessario distinguere le fessurazioni delle murature con quelle dell'intonaco che le riveste, distinguere le fessurazioni recenti da quelle non recenti e discernere le fessurazioni dovute a contrazioni superficiali dell'intonaco da quelle dovute a deficienze statiche.

Nei muri vetusti le fessurazioni dell'intonaco di solito possono avere ampiezza più limitata che nella massa muraria. In taluni casi, soprattutto quando l'intonaco raggiunge spessori notevoli per successive sovrapposizioni, si può verificare che mentre il muro risulta integro, l'intonaco presenta un vario quadro fessurativo.

Nello studio dei dissesti è perciò necessario rimuovere limitate regioni di intonaco nel ventre ed in vicinanza delle cuspidi delle fessurazioni lasciando intatti i restanti tronchi e le cuspidi stesse, per rendere più evidente il confronto tra le fessurazioni superficiali e quelle profonde.

Negli accertamenti dubbi è sufficiente estirpare dei frammenti di materiale dalla parte di uno dei cigli della lesione e confrontare la superficie di frattura fresca appena strappata dalla sua sede con il resto della lesione.

Talvolta si incontrano nell'intonaco delle fessurazioni reticolari a maglie più o meno ampie, nei cui vertici concorrono rami

prevalentemente rettilinei, trattasi in questo caso di lesioni non di origine statica, ma derivanti da contrazioni dell'intonaco.

Nelle fessurazioni l'indagine va eseguita nel ventre e nelle cuspidi per accertarvi, rispettivamente, l'ampiezza e la propagazione. In particolare si intende per ventre di una fessurazione la parte centrale della fessurazione stessa, ove più evidente è il distacco dei due cigli laterali, mentre per cuspidi si intende la parte estrema, più rastremata della fessurazione.

La progressione dell'ampiezza fessurativa, in corrispondenza del ventre, si accerta mediante apposite spie o biffe, costituite da traverse di malta o vetro sottile foggiate a doppia coda di rondine con la sezione minima in corrispondenza alla fessurazione. Esse vengono inserite direttamente nella muratura viva, priva cioè dell'intonaco di ricoprimento, trasversalmente alla fessurazione stessa.

### **Cause di dissesto**

In una struttura costruita si viene a determinare un dissesto se si presentano una o più cause di seguito indicate:

- il collegamento tra il sistema ed i piani di fondazione viene a modificarsi;
- i collegamenti ed i vincoli non sono rispondenti alle azioni esercitate dal peso proprio e per effetto dei sovraccarichi accidentali (tale fatto è un errore di progettazione.)

- sopravvengono carichi accidentali non prevedibili quali terremoti, esplosioni, vibrazioni straordinarie etc...;
- i materiali costituenti le strutture dei fabbricati modificano le loro caratteristiche.

In linea generale si possono elencare le principali cause in:

- variazioni termiche ed igrometriche
- cedimenti fondali
- cedimenti delle strutture murarie
- vibrazioni
- insufficienze statiche e costruttive

### 3.2.2 CEDIMENTI DI FONDAZIONI

“Il piano di fondazione ad esempio a causa di una infiltrazione d’acqua o per cedimento del mantello di una grotta sottostante, perde le sue qualità portanti, cioè a parità di sforzi trasmessi dall’edificio assume deformazioni eccessive e comunque non di progetto. Cioè si verifica un cedimento localizzato dei volumi di terreno destinati ad assorbire gli sforzi trasmessi dalle fondazioni. Nulla succederebbe se il cedimento fosse equamente distribuito su tutto il piano di fondazione:

l’edificio si abbasserebbe piano piano fino a trovare terreni più compatti.

Nessuna lesione, ovviamente, apparirebbe nell’edificio che sarebbe sottoposto ad una traslazione verticale uniforme. Apparirebbero invece lesioni di distacco tra l’edificio e le pertinenze non strutturali non sottoposte alla stessa traslazione.

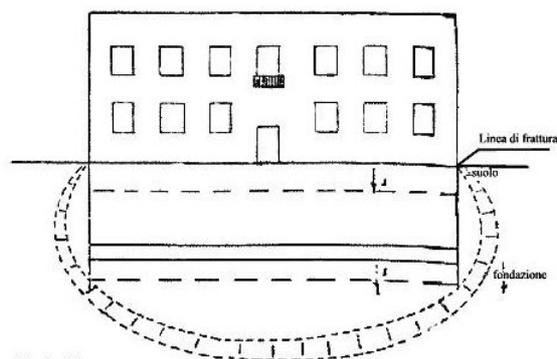


Fig.(92) Incremento dei volumi di terreno coinvolti dalla fondazione per compensare la variazione della portanza [ da [vvcaselle.altervista.org/dispensa/cap\\_3](http://vvcaselle.altervista.org/dispensa/cap_3)]

Questo caso purtroppo è estremamente raro nella realtà in quanto nella maggior parte dei casi la fondazione è sempre parzialmente interessata dal cedimento e trasmette tale stato al sovrastante edificio nel quale si verificano lesioni in corrispondenza delle linee di contatto tra i parametri murari poggianti sulla parte di fondazione intatta e quelli poggianti sulla parte di fondazione interessata dal cedimento.

La forma delle lesioni, ovvero il quadro fessurativo causato da dissesti di questo tipo, varia in funzione dei seguenti parametri:

- ubicazione del cedimento centrale o periferico
- entità delle superfici piene e finestrate
- tipo di fondazione continua o discontinua

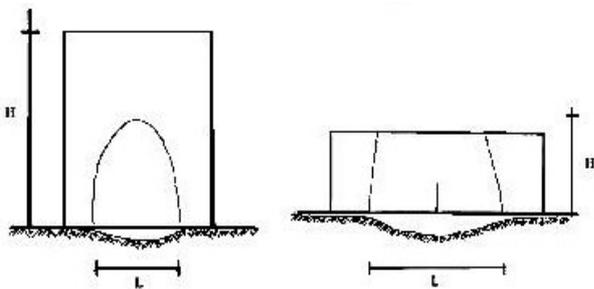


Fig.(93) Cedimenti centrali [ da [vvfcaselle.altervista.org](http://vvfcaselle.altervista.org)]

Per un edificio ideale, privo cioè di aperture finestrate, il quadro fessurativo si presenta in due forme principali in funzione del rapporto tra l'ampiezza del dissesto ( $L$ ) e l'altezza dell'edificio ( $H$ ), sinteticamente rappresentabili come appresso:

- quadro fessurativo di tipo parabolico con presenza, in taluni casi di lesioni verticali estreme. L'asse della parabola è posizionato in corrispondenza della zona centrale del dissesto, la base è generalmente ampia quanto il cedimento, mentre l'altezza della parabola, indipendentemente dall'altezza dell'edificio, è funzione

dell'entità del dissesto e della qualità della costruzione;

- quadro fessurativo con lesioni verticali sempre posizionate al limite del cedimento nella parte alta dell'edificio, quando però si ha un rapporto  $L > 3H$  compaiono alla base dell'edificio anche lesioni verticali al centro del cedimento.

L'edificio reale si discosta dal modello prima trattato perché le superfici murarie presentano dei tratti di discontinuità e di minor resistenza dati dalle aperture finestrate e dai vani in genere. In tali condizioni le fessurazioni non seguiranno più un andamento continuo di tipo parabolico ma potranno avvicinarsi a questo o addirittura si orienteranno secondo un andamento verticale, seguendo comunque le superfici di minor resistenza.

In particolare in prossimità delle finestre le lesioni si orienteranno in forme caratteristiche in funzione del rapporto ampiezza/altezza del vano.

In ogni caso il posizionamento del dissesto è individuabile dall'orientamento delle cuspidi delle fessurazioni in sommità delle finestre, che sono sempre indirizzate verso la zona del cedimento.

L'edificio a fondazione discontinua (pilastri murari o in c.a. poggianti su plinti o palificate) è soggetto a cedimenti del piano di fondazione localizzati sotto uno o più

elementi contigui di fondazione. In questo caso la traslazione verticale interessa i volumi di muratura che gravitano su quello o quei pilastri, mentre gli altri volumi restano in sito. Il quadro fessurativo risultante è composto da lesioni ad andamento verticale che si propagano dalla base per tutta l'altezza del fabbricato, analogo a quello derivante da un cedimento fondale per edifici a fondazione continua. Se nel fabbricato sono inseriti elementi di muratura a resistenza maggiore rispetto alla verticale, tali elementi si fratturano ad andamento inclinato, in maniera

analogo al cedimento per fondazioni continue. Nel caso di murature continue e non finestrate le lesioni sono anch'esse verticali ma tendono a scomparire con l'altezza. E chiaro, infatti, che in un muro continuo fondato su più pilastri, la collaborazione che si stabilisce tra gli elementi contigui di muratura è in grado di ripartire il cedimento di un elemento di fondazione; se poi cedono più elementi allora si ritorna al caso assimilabile a "cedimento continuo" con formazione di lesioni a parabola.

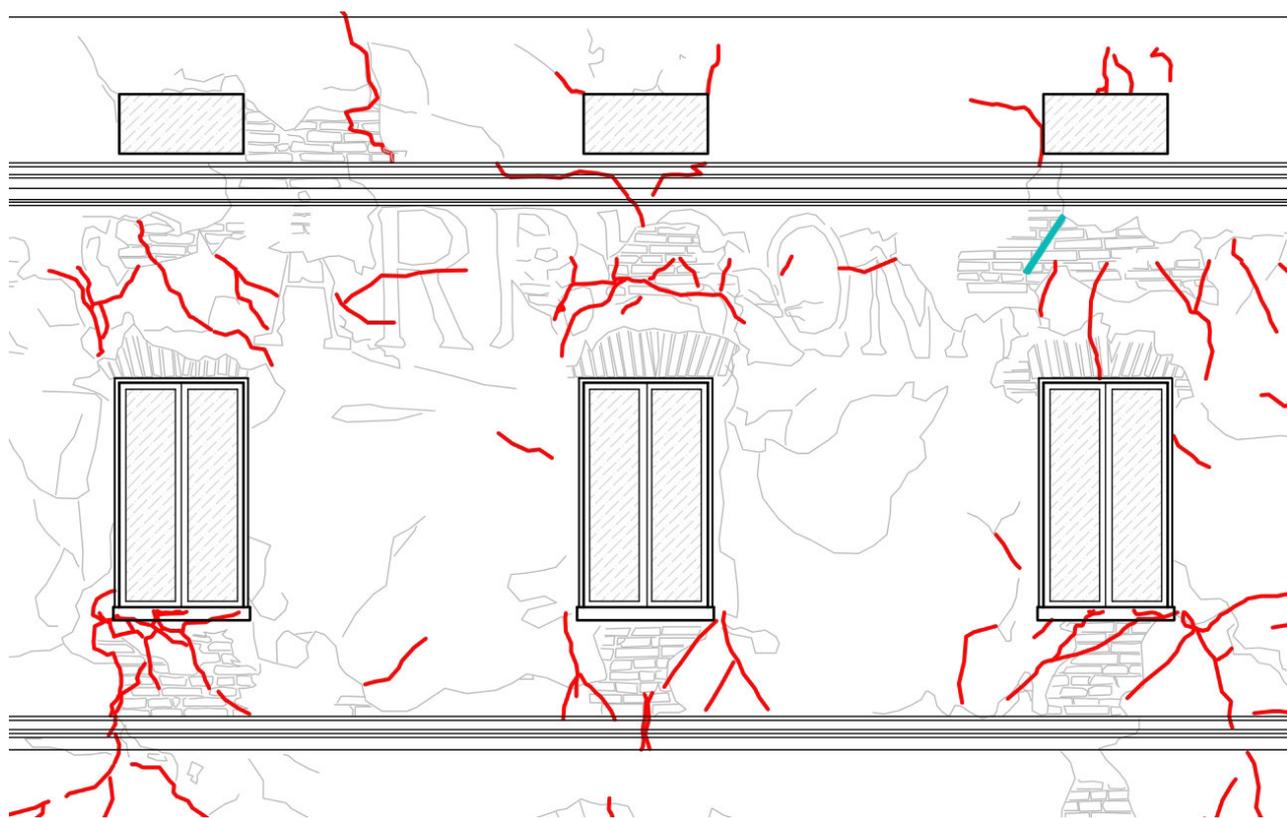


Fig.(94)Rrilievo quadro fessurativo prospetto esterno villa Arrigona, Moglia, Mantova.

### 3.2.2.1 DISSESTO ASEGUITO DI ROTAZIONE.

La rotazione di una parete in muratura può essere causata da cedimenti differenziali del piano di fondazione della parete, oppure da spinte orizzontali.

La caratteristica di questi dissesti è che aumentano considerevolmente con l'aumento della quota. Nelle strutture orizzontali appoggiate o parzialmente incastrate nella parete si verifica la "lesione di distacco" che è sempre parallela all'asse di rotazione.

Le murature verticali ammorsate nella struttura in rotazione presentano invece lesioni con andamento tendente al semi parabolico, con la concavità della parabola verso l'alto ed il vertice verso il basso .

La spiegazione di ciò sta nel fatto che tali murature trasversali si oppongono al movimento rotatorio della struttura: tale opposizione comporta un coinvolgimento più o meno grande a seconda che l'ammorsamento sia bene o male realizzato. Se i muri trasversali non sono bene ammorsati nella parete in rotazione, il distacco avviene in corrispondenza della superficie di contatto nella quale si crea una lesione ad andamento a V, con il vertice sempre verso il basso.

Se nella parete trasversale sono presenti aperture in prossimità del fronte di rotazione, l'andamento del quadro fessurativo a V risentirà della presenza delle superfici di minor resistenza e le varie aperture

tenderanno ad inclinarsi verso l'asse della rotazione medesima

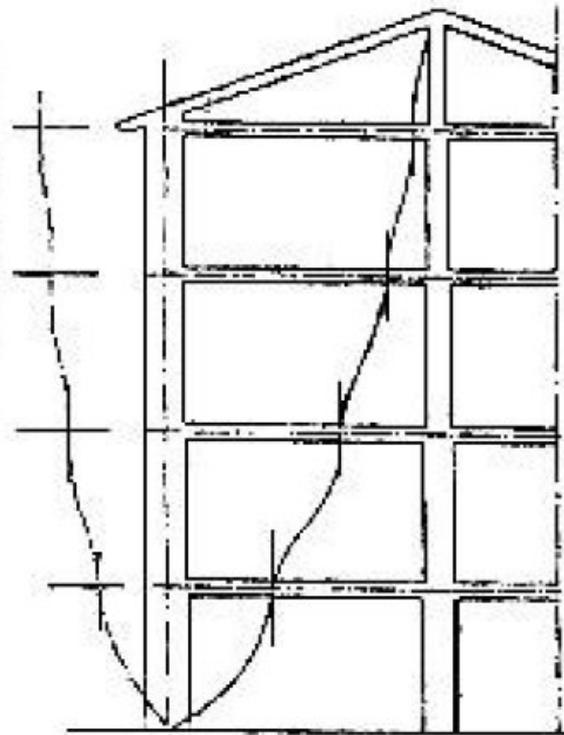


Fig.(95) Dissesto a seguito di rotazione

[da [vvfcaselle.altervista.org/dispensa/cap\\_3](http://vvfcaselle.altervista.org/dispensa/cap_3)]

### 3.2.2.2 DISSESTO PER SCHIACCIMENTO

E noto che un solido sottoposto alla compressione subisce una contrazione nella direzione del carico ed una dilatazione nelle dimensioni perpendicolari. Se la dilatazione trasversale

supera la capacità di resistenza e coesione del materiale questo si spezza lungo superfici frattura disposte nella direzione della forza. Tale dissesto è noto come “schiacciamento”.

In vari dissesti il sistema murario cede nella ricerca di nuovi stati di equilibrio che infine trova, seppur fessurato, e vi adagia in quiete se la causa del dissesto non progredisce ulteriormente.

Nello schiacciamento ciò non si verifica, infatti, una volta insorti, il sistema murario volge sempre fasi più precarie.

Lo schiacciamento è un fenomeno tipico delle strutture murarie e consiste nel fatto che ad un certo momento la sezione di una struttura muraria verticale si trova ad essere sottoposta a carichi superiori alla sua resistenza e ciò può avvenire:

- perché la capacità portante della sezione è diminuita a causa del decadimento della qualità della pietra o dell'elemento costruttivo oppure a causa del decadimento della qualità del legante malta;
- perché su una generica sezione, ben calcolata e quindi in equilibrio, vengono indotti ad un certo punto carichi nuovi che

modificano gli sforzi su quella sezione fino a superare le qualità resistenti.

In genere lo schiacciamento interessa i pilastri in muratura o le murature caricate ed è un fenomeno assolutamente irreversibile che ha necessità di una diagnosi precoce.

Lo schiacciamento nelle strutture murarie, durante il suo sviluppo presenta tre stadi successivi:

- Il primo stadio è caratterizzato dal superamento della resistenza alla coesione dei giunti orizzontali della malta, se meno resistente del materiale lapideo o del laterizio. I giunti sotto carico si riducono nello spessore e l'intonaco subisce un accorciamento verticale che si manifesta prima con espulsioni di pellicole di tinteggiatura poi di intonaco vero e proprio ed infine di croste superficiali di muratura. Tali espulsioni sono allineate lungo direttrici orizzontali come i giunti di malta: le murature nelle quali la malta è più resistente del materiale lapideo o del laterizio passano direttamente al secondo stadio dello schiacciamento.

- Il secondo stadio è caratterizzato da un quadro fessurativo costituito da rami corti, alterni, ben distinti, tutti lungo la direzione della forza che ha causato il dissesto, che in generale, è verticale. In tale situazione il parametro murario si presenta, all'interno già scollegato, con una superficie di discontinuità presente in direzione della forza agente.

· Nel terzo stadio, il più pericoloso che non induce ritardi nell'azione dei provvedimenti, il quadro fessurativo del secondo stadio si unifica in fratture di notevole estensione che si moltiplicano progressivamente e preludono al crollo del sistema murario.

Un aspetto particolare dei quadri fessurativi derivanti dalle azioni di schiacciamento si verifica non per azione di un carico gravante su muratura ma per effetto del peso proprio della muratura stessa.

Lo schiacciamento, prodotto dal peso proprio dei muri, si manifesta nelle regioni inferiori, ove è maggiore lo sforzo, con un quadro fessurativo, identico sia nei parametri in pietra come nelle strutture ordinarie, costituito da linee di frattura multiple e saltuarie nella direzione del carico. Tali fratture conservano inalterata la molteplicità che ne caratterizza la fase iniziale anche quando aumentano in ampiezza ed estensione seguendo lo sviluppo in tre stadi analogo allo "schiacciamento generico" (12).

### 3.2.3 DEGRADO DEI MATERIALI



Fig.(96) Paramento murario esterno

“Le principali cause di degrado dei materiali di carattere estrinseco possono essere suddivise in tre macro-gruppi:

- Cause naturali prolungate nel tempo o ad azione improvvisa e/o eccezionale.
- Cause antropiche ad azione diretta.
- Cause antropiche ad azione indiretta

#### CLASSE I

I fenomeni naturali causa di deperimento materico possono presentarsi in forma protratta nel tempo o in forma improvvisa ed eccezionale.

Nel primo caso, la pericolosità risiede proprio nell'azione prolungata nel tempo, per cui anche una lieve intensità delle manifestazioni può portare a danni evidenti, se costantemente

presente (es: sollecitazioni meccaniche o alterazioni chimiche).

Nel secondo caso, invece, è proprio l'eccezionalità e la rapidità dell'azione a costituire il fattore prevalente; il danno in questo caso è, di solito, contraddistinto da rilevante gravità e diffusione.

Per distinguere le conseguenze prodotte dal primo o dal secondo caso è, dunque, indispensabile confrontare i risultati di costanti monitoraggi .

- **PRESENZA DI ACQUA:**

- Umidità di risalita capillare (ascendente) dal terreno. Risalita dell'acqua dal sottosuolo nei sistemi murari porosi, per capillarità.

- Umidità da condensa.

Causa di degrado dovuta alla quantità di acqua presente, sotto forma di vapore, ed alla temperatura dell'ambiente

- Umidità di costruzione.

Umidità presente nell'ambiente legata al prosciugamento non concluso delle murature, degli intonaci e delle altre opere di completamento della struttura

- Umidità da infiltrazione meteorica.

Originata dall'acqua piovana che può (a causa di forti precipitazioni o per sconessioni nei sistemi di copertura) bagnare le superfici, esterne ed interne, del manufatto. Solitamente

visibile sui solai e le pareti in contatto con l'esterno.

- Umidità da infiltrazione accidentale.

Fenomeno riconducibile alla presenza di carenze costruttive o di impianti difettosi, a rotture accidentali degli impianti o alla mancanza di manutenzione. Ben

riconoscibile su solai e pareti di delimitazione interna

- **FATTORI METEOROLOGICI E CLIMATICI NATURALI:**

- Pioggia.

Causa erosione meccanica (amplificata in caso di precipitazioni intense) e dilavamento per "ruscellamento" delle superfici. Può essere combinata all'azione meccanica del vento ed i danni possono essere accentuati dalla presenza di inquinanti chimici nell'atmosfera.

- Nebbia.

La nebbia, con un'azione pressoché nulla dal punto di vista meccanico, si rileva invece dannosa, soprattutto in caso di atmosfera inquinata, per il prolungato effetto bagnante sulle superfici esposte all'aperto. Le sostanze nocive si depositano sulle superfici, in seguito all'evaporazione della componente acquosa, ed

attaccano il materiale con cui sono a contatto

- Vento. L'azione eolica può essere causa di sollecitazioni meccaniche dirette e di azioni abrasive indirette (provocate dalle particelle trasportate dal vento), che usurano le superfici esposte. Il vento può, altresì, provocare gravi dissesti e sconessioni in zone specifiche, quali manti di copertura, cornici, pluviali, ecc. In caso di eventi meteorologici eccezionali (tifoni, uragani, ecc.), le sollecitazioni meccaniche e le azioni abrasive prodotte dal vento raggiungono alti livelli di pericolosità.
- Irraggiamento solare. Può provocare alterazioni cromatiche (decolorazione, ingiallimento, imbrunimento, ecc.) delle superfici esposte e dilatazioni termiche (uniformi o differenziate) nei materiali, causando deformazioni e microfratturazioni.
- Gelività e variazioni termiche. Le variazioni della temperatura atmosferica sono responsabili di stress meccanici e della formazione di fratture e decoesioni localizzate, soprattutto a causa dei cicli di escursione annui/stagionali/giornalieri.
- Fulmini. Tra i fattori meteorologici ad azione improvvisa, i fulmini (che colpiscono

in prevalenza edifici o alberi di notevole altezza) sono estremamente rilevanti; il loro effetto distruttivo è connesso alla presenza di umidità contenuta nei materiali ed alla sua rapidità di trasformarsi in vapore. Le murature e gli apparati lapidei sono soggetti alla comparsa di lesioni, mentre le parti lignee sono a rischio di incendio

- **INQUINAMENTO NATURALE:**

L'inquinamento naturale è inteso come l'interazione di elementi gassosi o particellari che non rientrano nella miscela naturale dell'atmosfera o che vi sono in proporzioni superiori alla norma. I meccanismi di alterazione relativi all'inquinamento di origine naturale si rivelano simili a quelli prodotti dall'inquinamento fisico-chimico, ma gli effetti sono meno evidenti.

- **AGGRESSIONE BIOLOGICA:**

Essa concerne i meccanismi di degrado prodotti dalla micro e dalla macroflora.

- **INCENDI.**

- **FATTORI GEOLOGICI ED IDROGEOLOGICI:**

Le alterazioni geologiche a carattere progressivo sono i bradisismi (= lenti

movimenti del terreno verso l'alto o verso il basso, spesso preceduti da eruzioni vulcaniche) e le subsidenze (= abbassamenti del terreno, dovuti ad eventi locali; possono essere causate anche dall'azione antropica, ad esempio da scavi, da creazione di pozzi profondi, da lavori di bonifica, ecc.). Gli effetti più evidenti consistono nel dissesto statico del manufatto, spesso in conseguenza al cedimento delle fondazioni. Le alterazioni geologiche ed idrogeologiche a manifestazione improvvisa sono gli eventi sismici, le eruzioni vulcaniche (sollecitazioni sussultorie ed ondulatorie), le frane, gli smottamenti e le alluvioni. Queste ultime tre manifestazioni sono quasi sempre connesse all'attività umana.

#### **CLASSE II:**

##### **CAUSE ESTRINSECHE ANTROPICHE AD AZIONE DIRETTA**

- ATTI VANDALICI.
- MODIFICAZIONI DELL'EDIFICIO O DEL MANUFATTO: sopraelevazioni, tamponamenti, tagli, nuove aperture, riduzioni della sezione muraria, ecc.
- MODIFICHE DEL CARICO IN RELAZIONE A VARIAZIONI D'USO O AD UN UTILIZZO IMPROPRIO DEL MANUFATTO.

- INCOMPATIBILITÀ CHIMICO-FISICA DEI MATERIALI AGGIUNTI: anche in relazione alle differenti caratteristiche di resistenza meccanica, dilatazione termica, porosità, elasticità, ecc.
- MANCATE O CARENTI OPERAZIONI DI MANUTENZIONE.
- PROCESSO DI USURA DOVUTO AL CALPESTIO (FRUIZIONE).
- EVENTI BELLICI.

#### **CLASSE III:**

##### **CAUSE ESTRINSECHE ANTROPICHE AD AZIONE INDIRETTA**

- INQUINAMENTO.
- SOLLECITAZIONI SISMICHE ARTIFICIALI:  
vibrazioni, di natura artificiale (es: traffico veicolare), che si trasmettono dal suolo al manufatto. In caso di opere in cattive condizioni di conservazione anche vibrazioni di modesta entità possono produrre gravi danni.
- CORRENTI VAGANTI:  
sono definite "correnti vaganti" quelle correnti elettriche, disperse in genere nel terreno, che derivano dalla perdita di condotti elettrici, linee ferroviarie, centraline, ecc. "(13)

### 3.2.4 PERICOLO SISMICO



Fig.(97) Muratura esterna Villa Arrigona, Moglia

“Lo studio del comportamento strutturale degli edifici esistenti di muratura soggetti ad azione sismica richiede la definizione di modelli e criteri di calcolo che tengano conto della specificità delle strutture realizzate con sistemi costruttivi tradizionali; l’analisi del comportamento sismico di questi edifici è quindi caratterizzata da significativi margini di incertezza che dipendono dal livello di conoscenza delle caratteristiche meccaniche dei materiali e, soprattutto, dell’effettiva organizzazione delle strutture.

I sofisticati codici di calcolo oggi disponibili richiedono l’adozione di parametri la cui determinazione è spesso problematica. La scelta di moduli diversi per le diverse zone dell’edificio richiederebbe indagini sperimentali poco praticabili in modo

sistematico. E sarebbe in ogni caso illusorio pensare che la conoscenza puntuale delle caratteristiche meccaniche sia in grado di rendere più affidabile il modello.

L’esperienza mostra infatti che, molto spesso, nelle vecchie costruzioni di muratura il collasso è determinato, più che dalla resistenza ultima della muratura, dalla carenza dei vincoli o da difetti costruttivi o dalla presenza di discontinuità non sempre visibili: e questi aspetti non sono ancora efficacemente modellabili nei codici disponibili.

Un altro elemento che rende poco utile l’utilizzo di codici sofisticati è la complicazione intrinseca degli edifici dei centri storici. I codici tipo POR, che per anni sono stati l’unico strumento per l’analisi di strutture murarie, sono stati pensati per edifici tozzi ed isolati, con solai sufficientemente rigidi. L’efficacia dei codici agli elementi finiti (FEM) è da considerare valida solo per analisi di oggetti specifici, con

organizzazione strutturale relativamente semplice; l’efficacia deve essere comunque certificata da un’adeguata analisi di sensitività che non può essere proposta in modo sistematico per gli usi professionali correnti.

I danni rilevati sulle strutture murarie dopo gli eventi sismici mostrano che il sisma tende a selezionare le parti strutturali e le soluzioni tecnologiche più deboli: l’analisi dell’organizzazione strutturale attuale

consente così di prevedere i possibili danni o collassi futuri.

A differenza di quanto avviene negli edifici con strutture a telaio, la carenza o la mancanza di connessione tra gli elementi strutturali delle costruzioni in muratura realizzate in assenza di norme specifiche permettono il verificarsi di collassi parziali; in generale il crollo della struttura muraria avviene per perdita dell'equilibrio di porzioni di essa.

Per questo motivo, la valutazione della sicurezza degli edifici in muratura esistenti va eseguita, oltre che con riferimento al comportamento sismico globale, anche considerando i possibili meccanismi locali di collasso.

Questo approccio richiede un'osservazione accurata delle caratteristiche costruttive degli edifici da analizzare, per procedere ad una affidabile modellazione strutturale.



Fig.(98) Disconnessione interna causata dal sisma Villa Arrigona, Moglia, MN

La presenza di quadri fessurativi e di dissesti prodotti dai terremoti passati fornisce una efficace indicazione per una corretta previsione degli incipienti meccanismi di collasso.

Individuati tali meccanismi, occorre poi definire uno o più modelli di analisi per valutare l'entità dell'azione sismica che ne determina l'attivazione provocando il collasso della costruzione. L'analisi è rivolta alla quantificazione del *coefficiente sismico*, moltiplicatore dei carichi orizzontali agenti sugli elementi strutturali, che attiva il cinematismo in questione.

A tal fine è possibile considerare le strutture murarie come costituite da corpi rigidi, i *macroelementi* coinvolti nei cinematismi; la valutazione delle condizioni di equilibrio limite sotto l'azione del sisma è condotta trascurando la resistenza a trazione della muratura. I valori dei moltiplicatori di collasso ottenuti per i diversi meccanismi compatibili con le caratteristiche costruttive dell'edificio analizzato, consentono di individuare quello che determina la crisi della struttura, corrispondente al moltiplicatore minore, e l'entità dell'azione sismica che lo attiva; consentono anche di segnalare altre potenziali situazioni di pericolo dovute a possibili meccanismi associati ai più bassi valori del moltiplicatore.

Si osserva tuttavia che le verifiche sugli edifici in muratura eseguite attraverso l'analisi limite dell'equilibrio hanno significato solo se è garantita un'adeguata monoliticità delle pareti *murarie*, tale da impedire collassi localizzati per disgregazione della muratura. A tal riguardo la tipologia muraria che caratterizza la porzione dell'edificio di cui si vogliono analizzare le condizioni di sicurezza può essere catalogata facendo riferimento a categorie di qualità (Avorio e Borri, 2002) che distinguono le murature nelle classi A, B e C. La tipologia C (muratura di qualità scadente) identifica una situazione di elevata vulnerabilità incompatibile con l'analisi mediante meccanismi: corrisponde ad un tipo di muratura per il quale è prevedibile una crisi associata alla frantumazione dell'opera muraria per azioni fuori dal piano e ad una scarsa resistenza per azioni nel piano. I casi restanti, muratura di tipo A (di ottima qualità) e di tipo B (di media qualità) assicurano un comportamento monolitico di intere pareti o di parti di esse per azioni fuori dal piano ed una maggiore resistenza ad azioni nel piano; è perciò possibile individuare ed analizzare i meccanismi di collasso in relazione alle peculiarità costruttive rilevate nell'edificio" (14).

Si definiscono di seguito i livelli da affrontare per lo studio della muratura, mirati

all'ottenimento di una corretta valutazione delle verifiche di sicurezza dell'edificio e della progettazione degli interventi:

- *Livello 0*: Analisi della QUALITÀ MURARIA

- *Livello 1*: Analisi dei MECCANISMI LOCALI

- *Livello 3*: Analisi GLOBALE.

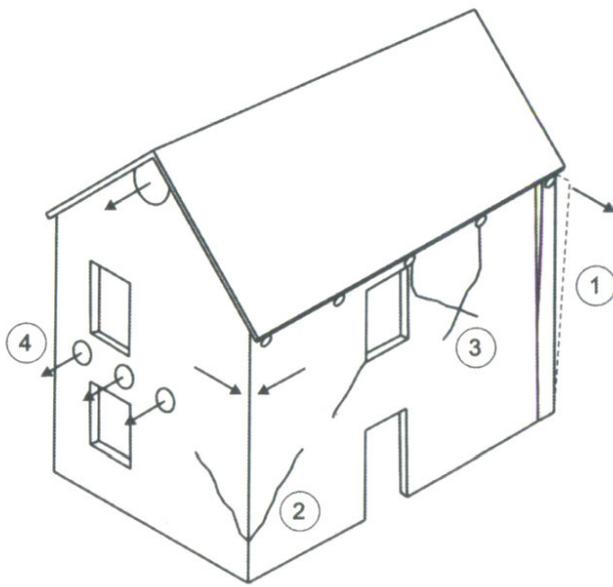
### **3.2.4.1 ANALISI DELLA QUALITÀ MURARIA**

Primaria importanza riveste la valutazione della qualità muraria; indagini condotte su edifici nel dopo terremoto evidenziano come molti dei crolli parziali osservati sono motivati da un'insufficienza dell'apparecchio murario.

È evidente come la valutazione della qualità muraria debba essere propedeutica a qualsiasi analisi o ipotesi di intervento e sia di fondamentale importanza per un corretto riferimento al modello di comportamento a macroelementi.

“La presenza di paramenti esterni ben organizzati con elementi squadrati non è sempre sinonimo di una muratura ben fatta. Infatti soltanto con saggi integrativi eseguiti dalla parte interna della parete e con

considerazioni riguardanti il suo spessore è possibile stabilire la reale conformazione della parete e la probabile presenza di un paramento interno con caratteristiche dimensionali e di apparecchiatura di qualità sensibilmente inferiori “ (15).



Dissesti localizzati

Fig.(99) [da: G. Menditto; *Fessurazioni nelle strutture*, Dario Flaccovio Editore]

### 3.2.4.2 ANALISI DEI MECCANISMI LOCALI

“I principali dissesti localizzati possono essere:

- lesioni di distacco dovute ad insufficiente qualità della malta

- (1) sconnessione dell’ammorsatura in corrispondenza degli spigoli di muratura con fuori-piombo dell’intera parete;
- (2) lesioni in corrispondenza degli spigoli di muratura per l’azione concentrata di componenti di forze ortogonali con l’eventuale proseguimento della manifestazione fessurativa fino alle aperture;
- scorrimento dei muri d’ambito sulle fondazioni e cedimento delle fondazioni
- (3) rotture a taglio della muratura per azioni complanari cui si associano sistemi di lesioni ad X, in figura, interessanti le pareti murarie con la tendenza al crollo delle pareti laterali comprese tra le lesioni oblique o dell’intera parete e lo sgretolamento progressivo del nucleo centrale prossimo all’intersezione fra le lesioni.

Le lesioni a X possono manifestarsi nei maschi murari o nelle fasce di interpiano.

- (4) espulsione della muratura a seguito dell’azione spingente su di essa esercitata; in figura
- sfilamento delle strutture di solaio da quelle verticali in assenza di elementi di contenimento (cordoli di piano) o di contrasto (catene)
- scivolamento dei puntoni del tetto con effetto di spinta sulla parete
- lesioni ad andamento prevalentemente verticale si hanno se l’edificio ha un cordolo superiore di irrigidimento in calcestruzzo armato. L’ampiezza delle lesioni è maggiore

verso la base in relazione al contrasto che offre il cordolo stesso” (16).

“In generale, l’esperienza dimostra che il grado di vulnerabilità sismica può essere valutato in modo semplificato attraverso l’analisi dei diversi comportamenti delle parti che lo compongono:

- i corpi d’angolo, sensibili all’azione sismica agente secondo direzioni variabili entro un settore di 90°
- le pareti di facciata, sensibili all’azione sismica agente con componenti in direzione ortogonale
- il nucleo interno (truncopiramidale) ottenuto per sottrazione delle parti precedenti e preposto all’assorbimento dello sforzo di taglio.

Questa semplice osservazione suggerisce un’utile scomposizione dell’organismo edilizio in funzione della diversa propensione al dissesto delle sue singole parti, per cui si dovrebbe operare una netta distinzione fra il corpo centrale e i corpi perimetrali, “appesi” sui quali non si può fare alcun affidamento per la resistenza a taglio. L’analisi delle singole

porzioni va pure condotta con criteri completamente diversi, cioè, le masse “appese” rientrano in un quadro di verifiche locali da definire secondo la reale conformazione dell’edificio, mentre le pareti del nucleo interno costituiscono l’insieme

delle strutture da sottoporre a verifiche a taglio “ (17).

### 3.2.4.3 ANALISI GLOBALE

Una costruzione in muratura sotto sisma ha un buon comportamento, se questo si esplica attraverso il raggiungimento di un funzionamento scatolare, che conferisce stabilità e robustezza all’insieme.

“La *risposta globale* è funzione sia della capacità del sistema di trasferire le azioni tra gli elementi, sia del corretto dimensionamento delle pareti; è quindi fondamentale

l’efficienza dei collegamenti:

- tra pareti verticali
- tra pareti e orizzontamenti.

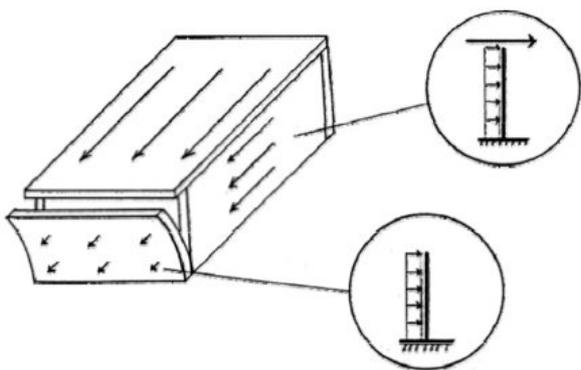
Nel caso di azioni orizzontali dovute al sisma, la struttura in muratura può trovarsi in diverse situazioni:

#### 1. CASO A

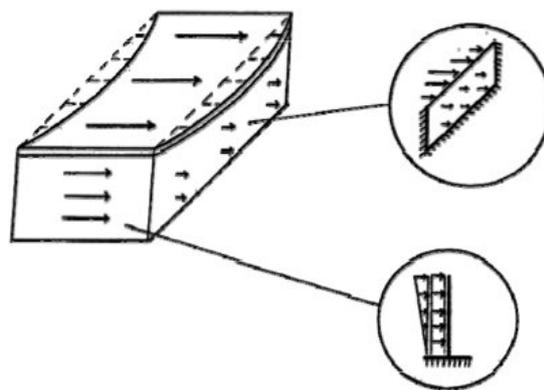
Il solaio è rigido, le pareti sono scollegate dal solaio e sono scollegate tra loro. Il solaio è collegato ai pannelli ortogonali

(paralleli) al sisma; le forze sismiche del solaio vengono scaricate sulla sommità dei due pannelli ortogonali (paralleli) all’azione sismica, le forze sismiche dei pannelli paralleli

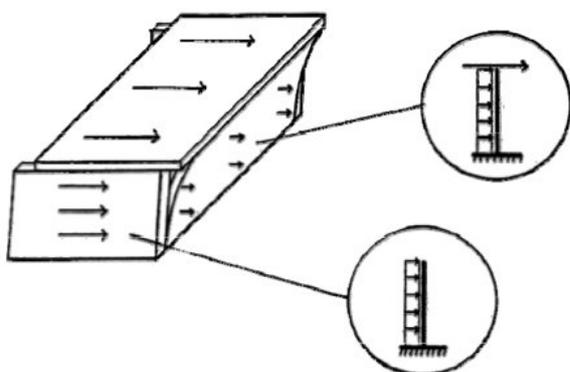
(ortogonali) al sisma vengono scaricate direttamente a terra.



**Fig.(100)** Situazione sfavorevole [da: Domenico Liberatore, Ordine degli Ingegneri della provincia di Potenza; *Edifici con struttura in muratura*; 2004]



**Fig.(102)** Situazione intermedia 2.1 [da: Domenico Liberatore, Ordine degli Ingegneri della provincia di Potenza; *Edifici con struttura in muratura*; 2004]



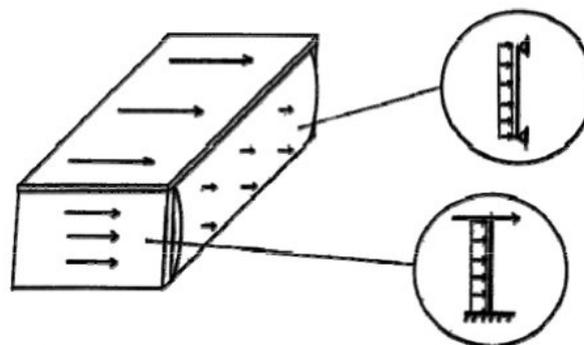
**Fig.(101)** Situazione sfavorevole [da: Domenico Liberatore, Ordine degli Ingegneri della provincia di Potenza; *Edifici con struttura in muratura*; 2004]

## 2. CASO B

2.1 Il solaio è deformabile ed è collegato solo a due o a tutti e quattro i pannelli, le pareti sono collegate al solaio e sono collegate tra loro. I pannelli in direzione ortogonale al sisma sono soggetti alle forze del solaio, applicate in sommità, e alle forze sismiche proprie, distribuite uniformemente. I pannelli in direzione ortogonale scaricano in parte tali forze ai pannelli paralleli alla direzione del sisma.

2.2 Il solaio è rigido ed è collegato a tutti e quattro i pannelli, le pareti sono collegate al solaio ma sono scollegate tra loro.

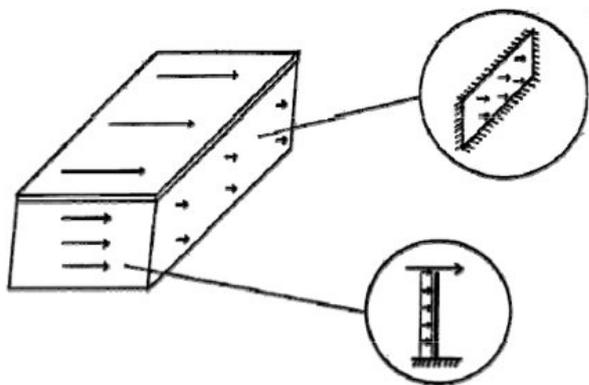
Le forze del solaio si scaricano, per effetto della rigidità largamente prevalente, sui pannelli paralleli all'azione sismica. Le forze dei pannelli ortogonali, con un funzionamento a trave appoggiata o con vincolo di semi-incastro alle estremità, vengono per metà scaricate sul solaio che a sua volta le riporta sui pannelli paralleli all'azione sismica.



**Fig.(103)** Situazione intermedia 2.2 [da: Domenico Liberatore, Ordine degli Ingegneri della provincia di Potenza; *Edifici con struttura in muratura*; 2004]

### 3. CASO C

Rappresenta una situazione ideale: il solaio è rigido e le pareti sono collegate al solaio e sono collegate tra di loro. I pannelli ortogonali trasmettono le loro forze, oltre che al solaio, anche ai pannelli paralleli al sisma, mediante un modo di funzionamento a piastra appoggiata o semi-incastrata su tutti e quattro i lati, con ulteriore significativa riduzione delle sollecitazioni di flessione.”(18)



**Fig.(104)** Situazione ideale [da: Domenico Liberatore, Ordine degli Ingegneri della provincia di Potenza; *Edifici con struttura in muratura*; 2004]

## 4 QUADRO NORMATIVO

### 4.1 QUADRO NORMATIVO EUROPEO

Le norme europee per la progettazione strutturale sono gli Eurocodici;

- **Eurocodice 0**

- **Criteri generali di progettazione strutturale**

Fornisce indicazioni di base per affrontare la progettazione con il metodo semiprobabilistico agli stati limite, le combinazioni di verifica e i fattori di sicurezza per la combinazione delle azioni.

- **Eurocodice 1**

- **Azioni sulle strutture**

Fornisce indicazioni necessarie per determinare le azioni di calcolo sulle strutture.

- **Eurocodice 6**

- **Progettazione delle strutture in muratura**

È dedicato alle strutture in muratura portante, armata e non, naturale e artificiale.

- **Eurocodice 8**

- **Progettazione delle strutture per la resistenza sismica**

Si collega agli altri Eurocodici in base al materiale utilizzato.

### 4.2 QUADRO NORMATIVO IN ITALIA

Il termine “normativa antisismica” comprende sia la classificazione del territorio nazionale recante la definizione delle zone sismiche, sia la normativa tecnica che prevede, per ogni zona sismica, specifici criteri progettuali e costruttivi, definiti per edifici, ponti, opere di fondazione e di sostegno dei terreni.

Con classificazione sismica si intende la suddivisione di un certo territorio in specifiche aree, caratterizzate da un comune rischio sismico.

Il territorio nazionale viene classificato in aree ad alto e a basso rischio sismico nella prima legge in materia il **DM 19 marzo 1982**. Segue l'**Ordinanza** della Presidenza del Consiglio dei Ministri **n. 3274 del 20/01/2003** “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”, e i relativi aggiornamenti del 16/01/2006 (con le indicazioni delle Regioni), vengono delegati gli enti locali ad effettuare la classificazione sismica in modo dettagliato di ogni singolo comune; secondo questo provvedimento legislativo i comuni italiani vengono classificati in quattro categorie principali, in base al loro rischio sismico, calcolato in base al Peak Ground Acceleration (PGA),

il picco di accelerazione al suolo e per frequenza ed intensità degli eventi.

*Zona 1:* sismicità alta, PGA oltre 0,25g

*Zona 2:* sismicità media, PGA fra 0,15g e 0,25g

*Zona 3:* sismicità bassa, PGA fra 0,05g e 0,15g

*Zona 4:* sismicità molto bassa, PGA inferiore a 0,05g.

Nel **D.M. 14 gennaio 2008** viene introdotta una nuova metodologia per definire la pericolosità sismica di un sito e quindi anche le azioni sismiche di progetto per le nuove costruzioni e per gli interventi sulle costruzioni esistenti. Il

territorio nazionale è suddiviso attraverso una maglia di punti notevoli, del passo di 10 km, per ognuno dei quali sono noti i parametri necessari alla costruzione degli spettri di risposta per i diversi stati limite di riferimento. Mediante un procedimento di interpolazione tra i dati relativi ai quattro punti del reticolo più vicini al sito in esame, è possibile risalire alle caratteristiche spettrali specifiche del sito stesso.

In seguito alla nuova classificazione, tutto il territorio nazionale, con la sola eccezione della Sardegna, risulta a rischio sismico. Le azioni di progetto sono assegnate direttamente sito per sito; per ogni sito e per ogni periodo di ritorno, è definito direttamente lo spettro

elastico, assegnando i valori dei parametri descrittivi della forma spettrale:  $ag$ ,  $F_0$ ,  $T_B$ ,  $T_C$ ,  $T_D$ .

### 4.3 NORMATIVA TECNICA

La prima legge formulata in maniera organica sull'argomento è la **Legge 2 febbraio 1974, n.64**: "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche". Successivamente:

- **D.M. 16 gennaio 1996**, "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche"; in questa normativa tecnica sussisteva l'obbligo di effettuare le verifiche locali per edifici esistenti in muratura ma si taceva sul metodo da utilizzare per svolgere tali verifiche<sup>2</sup>.
- Min. LL.PP. - Circolare 10 aprile 1997, n.65/AA.GG., Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche" di cui al decreto ministeriale 16 gennaio 1996
- Allegato alla Circolare 10 aprile 1997, n. 65/AA.GG.
- **L'ordinanza n. 3274** della Presidenza del Consiglio dei Ministri "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e normative tecniche per le costruzioni in zona sismica", pubblicata sul supplemento ordinario 72 alla **Gazzetta Ufficiale n. 105**

**del 8 maggio 2003**, con la quale sono stati approvati i “Criteri per l’individuazione delle zone sismiche

individuazione, formazione ed aggiornamento degli elenchi nelle medesime zone”

- **L’Ordinanza n. 3431** pubblicata sulla Gazzetta Ufficiale del 10 maggio 2005, che apporta modifiche ed integrazioni alla precedente ordinanza e ne proroga di ulteriori tre mesi il periodo sperimentale di applicazione. L’entrata in vigore a carattere vincolante delle nuove norme sismiche è traslato al’ 8 agosto 2005. Subiscono variazioni gli allegati tecnici che definiscono le disposizioni normative per gli edifici e i ponti

- **D.M. 14 settembre 2005**, “Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni” (G.U. n. 222 del 23.03.2005 suppl. ord. n. 159)

- **D.M. 14 gennaio 2008**, “Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni” (G.U. n. 29 del 04.02.2008 suppl. ord. n. 30). In data 04/02/08 è stato pubblicato sulla G.U. il D.M. 14 gennaio 2008: “Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni”.

Tali norme sostituiscono quelle previste dal D.M. 14 settembre 2005 ed entrano in vigore dopo 30 giorni dalla pubblicazione, ovvero il 05/03/2008, anche se l’applicazione delle normative previgenti il D.M. 14/01/2008 è stato possibile fino al 30/06/2009 (regime transitorio).

Queste sono uniformate ai criteri degli Eurocodici e rappresentano quindi una tappa significativa di avvicinamento al sistema europeo; il recepimento degli Eurocodici nelle normative nazionali consente ai professionisti l’utilizzo di criteri di calcolo comuni anche all’estero e quindi all’apertura culturale e industriale.

Per quello che riguarda la muratura in generale, la prima norma risale al 1987 (D.M. 20 novembre 1987).

#### **4.4 ADEGUAMENTO E MIGLIORAMENTO SISMICO NELLE NORMATIVE ITALIANE**

Il **D.M.LL.PP. 2 luglio 1981** introduce l’ADEGUAMENTO sismico. Contestualmente alla riparazione del danno è obbligatorio adeguare la costruzione al livello di sicurezza

richiesto per le nuove strutture. L’analisi va condotta con il modello di calcolo strutturale POR.

Successivamente, il **D.M.LL.PP. 24 gennaio 1986** “Norme tecniche relative alle costruzioni antisismiche”, introduce il MIGLIORAMENTO sismico, come alternativa all’ADEGUAMENTO. In quanto alternativa all’adeguamento, il miglioramento ha posto un freno agli interventi invasivi e ha sensibilizzato verso la *conservazione del*

*funzionamento strutturale originale e verso l'uso delle tecniche di intervento tradizionali.*

Per contro, la mancanza dell'obbligo di una stima quantitativa della sicurezza sismica non ha risolto il problema delle responsabilità professionali.

L'applicazione di criteri moderni e quindi di interventi "pesanti" sul costruito storico si sono rivelati controproducenti in tanti casi.

## **4.5 QUADRO NORMATIVO VIGENTE**

- Ministero per i Beni e le Attività Culturali – Legge n 42, 22/01/2004: **Codice dei beni culturali e del paesaggio**
- Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti; D.M. 14/01/2008 (GU n. 29 del 04/02/2008): **Norme Tecniche per le Costruzioni**
- Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti; Circ. 02/02/2009, n. 617, **Istruzioni per l'applicazione delle "Norme Tecniche per le Costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008**
- Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri; 9 febbraio 2011 (GU n.47 del 26/02/2011, suppl. ord. N.54), **Valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale, con riferimento alle Norme Tecniche per le costruzioni di cui al decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 14 gennaio 2008.**

## **4.5 NORMATIVA TECNICA PER COSTRUZIONI ESISTENTI : DM 04/01/2008**

Il capitolo 8 delle NTC riguarda le costruzioni esistenti; viene definita costruzione esistente quella che abbia, alla data della redazione della valutazione di sicurezza e/o del progetto di intervento, la struttura completamente realizzata. In particolare, al paragrafo §8.4, vengono individuate tre categorie di interventi:

- interventi di **adeguamento** atti a conseguire i livelli di sicurezza previsti dalle presenti norme;
- interventi di **miglioramento** atti ad aumentare la sicurezza strutturale esistente, pur senza necessariamente raggiungere i livelli richiesti dalle presenti norme;
- **riparazioni** o **interventi locali** che interessino elementi isolati, e che comunque comportino un miglioramento delle condizioni di sicurezza preesistenti.

Gli interventi di adeguamento e miglioramento devono essere sottoposti a collaudo statico.

“Tutto quanto rientrava nella vecchia definizione di miglioramento sismico rimane sostanzialmente possibile alle stesse condizioni nella classe di riparazione o intervento locale.

La norma associa a ciascuna tipologia delle procedure di verifica che interessano i singoli

elementi costruttivi o l'intero organismo edilizio”.

In particolare, per l'adeguamento sismico si dovrà effettuare la verifica dell'intera struttura nella configurazione di progetto per dimostrare di avere conseguito i livelli di sicurezza fissati dalle norme.

Per il miglioramento le operazioni di progetto e di valutazione della sicurezza “dovranno essere estese a tutte le parti della struttura potenzialmente interessate da modifiche di comportamento, nonché alla struttura nel suo insieme.

Per l'intervento locale il progetto e la valutazione della sicurezza potranno essere riferite alle sole parti interessate.

La nuova definizione di miglioramento sismico consente di realizzare interventi che introducono nuovi elementi, conservando il modo proprio di funzionare di una costruzione storica, ma senza la necessità di un adeguamento (ovviamente facendo un calcolo della sicurezza sismica raggiunta). Questa è un'opportunità in più di conservazione.

Al paragrafo §8.7 vengono trattate la valutazione e la progettazione in presenza di azioni sismiche:

Nella valutazione della sicurezza o nella progettazione di interventi sulle costruzioni esistenti soggette ad azioni sismiche, particolare attenzione sarà posta agli aspetti che riguardano la duttilità. Si dovranno quindi

assumere le informazioni necessarie a valutare se i *dettagli costruttivi*, i *materiali utilizzati* e i *meccanismi resistenti* siano in grado di continuare a sostenere cicli di sollecitazioni o deformazioni anche dopo il superamento delle soglie di plasticizzazione o di frattura.

Al paragrafo §8.7.1 per le costruzioni di muratura:

“Nelle costruzioni esistenti in muratura soggette ad azioni sismiche, particolarmente negli edifici, si possono manifestare *meccanismi locali* e *meccanismi d'insieme*. I meccanismi locali interessano singoli pannelli murari o più

ampie porzioni della costruzione, e sono favoriti dall'assenza o scarsa efficacia dei collegamenti tra pareti e orizzontamenti e negli incroci murari. I meccanismi globali sono quelli che

interessano l'intera costruzione e impegnano i pannelli murari prevalentemente nel loro piano. La sicurezza della costruzione deve essere valutata nei confronti di entrambi i tipi di meccanismo.

Per l'analisi sismica dei meccanismi locali si può far ricorso ai metodi dell'analisi limite dell'equilibrio delle strutture murarie, tenendo conto, anche se in forma approssimata, della resistenza a compressione, della tessitura muraria, della qualità della connessione tra le pareti murarie, della presenza di catene e tiranti. Con tali metodi è possibile valutare la

capacità sismica in termini di resistenza (applicando un opportuno fattore di struttura) o di spostamento (determinando l'andamento dell'azione orizzontale che la struttura è progressivamente in grado di sopportare all'evolversi del meccanismo).

L'analisi sismica globale deve considerare, per quanto possibile, il sistema strutturale reale della costruzione, con particolare attenzione alla rigidità e resistenza dei solai, e all'efficacia dei collegamenti degli elementi strutturali. Nel caso di muratura irregolare, la resistenza a taglio di calcolo per azioni nel piano di un pannello in muratura potrà essere calcolata facendo ricorso a formulazioni alternative rispetto a quelle adottate per opere nuove, purché di comprovata validità.

“Nell'analisi di un edificio facente parte di un aggregato edilizio occorre tenere conto delle possibili interazioni derivanti dalla contiguità strutturale con gli edifici adiacenti. A tal fine dovrà essere individuata *l'unità strutturale* (US) oggetto di studio, evidenziando le azioni che su di essa possono derivare dalle unità strutturali contigue.

L'US dovrà avere continuità da cielo a terra per quanto riguarda il flusso dei carichi verticali e, di norma, sarà delimitata o da spazi aperti, o da giunti strutturali, o da edifici contigui strutturalmente ma, almeno tipologicamente, diversi. Oltre a quanto normalmente previsto per gli edifici non

disposti in aggregato, dovranno essere valutati gli effetti di: *spinte non contrastate causate da orizzontamenti sfalsati di quota sulle pareti in comune con le US adiacenti, meccanismi locali derivanti da prospetti non allineati, US adiacenti di differente altezza.*

L'analisi globale di una singola unità strutturale assume spesso un significato convenzionale e perciò può utilizzare metodologie semplificate. La verifica di una US dotata di solai sufficientemente rigidi può essere svolta, anche per edifici con più di due piani, mediante l'analisi statica non lineare, analizzando e verificando separatamente ciascun interpiano dell'edificio, e trascurando la variazione della forza assiale nei maschi murari dovuta all'effetto dell'azione sismica. Con l'esclusione di unità strutturali d'angolo o di testata, così come di parti di edificio non vincolate o non aderenti su alcun lato ad altre unità strutturali, l'analisi potrà anche essere svolta trascurando gli effetti torsionali, nell'ipotesi che i solai possano unicamente traslare nella direzione considerata dell'azione sismica. Nel caso invece di US d'angolo o di testata è comunque ammesso il ricorso ad analisi semplificate, purché si tenga conto di possibili effetti torsionali e dell'azione aggiuntiva trasferita dalle US adiacenti applicando opportuni coefficienti maggiorativi delle azioni orizzontali”.

## 4.6 MODELLI E CRITERI DI VERIFICA PROPOSTI PER EDIFICI IN MURATURA

“Il problema della sicurezza degli edifici esistenti in muratura nelle zone sismiche è stato affrontato in tutte le normative tecniche italiane prevedendo due tipologie di verifica: la cosiddetta *verifica globale*, riferita al comportamento d’insieme dell’edificio e le *verifiche locali* che analizzano porzioni limitate o singoli elementi dell’edificio. L’esito favorevole delle verifiche locali costituisce uno dei presupposti per conseguire un comportamento d’insieme dell’edificio sotto l’azione sismica”(17).

### 4.6.1. VERIFICHE LOCALI

“Nel DM 14 gennaio 2008, dopo avere sancito *l’obbligatorietà delle verifiche locali oltre alla verifica globale* (già presente nelle normative previgenti), per la prima volta in una normativa tecnica italiana riferita a edifici ordinari si fa esplicito riferimento al metodo per cinematismi di collasso di edifici esistenti in muratura. Dunque, a fronte di un obbligo di effettuare la verifica locale, si prevede una possibilità di effettuarla con *l’analisi limite*. Le verifiche condotte con l’analisi limite dell’equilibrio modellano la porzione di struttura in esame

come una serie di elementi murari rigidi che, sottoposti alle sollecitazioni statiche e sismiche, possono formare una catena cinematica e

perdere l’equilibrio mettendosi in moto gli uni verso gli altri. L’analisi limite può essere svolta in campo lineare oppure non lineare.

Resta comunque possibile adottare altre metodologie per tali verifiche. C’è l’obbligo di svolgere le verifiche locali ma viene lasciata libertà nella scelta del metodo con cui effettuarle; se si sceglie il metodo dell’analisi limite dei cinematismi di collasso è obbligatorio valutare la sicurezza nei confronti dello Stato Limite di Salvaguardia della Vita

(SLV). È facoltativa la verifica allo Stato Limite di Danno (SLD); è inoltre facoltativo utilizzare l’analisi cinematica non lineare, dunque si potrà scegliere se adoperare quella lineare o quella non lineare, ma non c’è l’obbligo di effettuarle entrambe. La conseguenza è che la procedura meno dispendiosa in termini di impegno temporale che garantisce il rispetto delle norme tecniche vigenti prevede la sola effettuazione delle verifiche allo SLV mediante l’analisi cinematica lineare”(17).

## 4.6.2 VERIFICHE GLOBALI

Una volta assicurato l'edificio dal punto di vista dei fenomeni locali, occorre valutare la resistenza sismica dell'edificio in muratura "più vincolato" considerato come organismo di pareti tra loro collaboranti; a tal fine si eseguono le analisi globali, che possono essere:

- Analisi lineare statica
- Analisi lineare dinamica
- Analisi non lineare statica
- Analisi non lineare dinamica

"La legge di comportamento meccanico degli elementi murari, però, non è lineare (modello elasto-plastico) e le analisi lineari non colgono la capacità resistente della struttura. Infatti, la crisi per taglio o per flessione può invalidare la resistenza di un elemento, delegando ad altri elementi ancora resistenti la capacità di sostenere l'azione sismica. La non resistenza a trazione della muratura può annullare di colpo rigidità e resistenze di elementi che siano soggetti, nel corso dell'evento sismico, a deformazioni di trazione. Non si può risolvere linearmente la struttura "ricordandosi" della non resistenza a

trazione del materiale solo nelle verifiche finali.

La muratura viene studiata appropriatamente solo con l'analisi non lineare .

"È possibile utilizzare l'*analisi pushover*, un'analisi statica non lineare evoluta.

Il concetto alla base dell'analisi sismica statica non lineare è che la capacità complessiva della struttura di sostenere le azioni sismiche può essere descritta dal comportamento della stessa sottoposta ad un sistema di forze statiche equivalenti incrementate fino a raggiungere il collasso, inteso come incapacità di continuare a sostenere i carichi verticali.

Analisi pushover significa *analisi di spinta*, intendendo appunto per spinta l'applicazione delle forze orizzontali progressivamente incrementate.

Viene quindi eseguita una serie di analisi elastiche sovrapposte"(19).

C'è l'obbligo di svolgere le verifiche globali per le categorie di intervento di adeguamento e miglioramento.

## 4.7 FATTORE DI CONOSCENZA

### FATTORE DI CONFIDENZA

In riferimento alla Tabella C8A.1.1 (Livelli di conoscenza in funzione dell'informazione disponibile e conseguenti valori dei fattori di confidenza per edifici in muratura) e alla Tabella C8A.2.1 (Valori di riferimento dei parametri meccanici –minimi e massimi- e peso specifico medio per diverse tipologie di muratura) della Circolare esplicativa delle NTC 2008.

L'approfondimento con cui ciascuna classe di indagini è prevista determina il livello di conoscenza raggiunto, che è graduato su tre livelli

LC1, LC2 e LC3.

Da essi discende la *metodologia di definizione dei valori medi dei parametri meccanici* associati alla muratura in esame e la quantificazione del *Fattore di Confidenza*.

Livello di Conoscenza	Geometria	Dettagli costruttivi	Proprietà dei materiali	Metodi di analisi	FC
LC1	Rilievo strutturale	Limitate verifiche in-situ	Limitate indagini in-situ	Tutti	1.35
LC2		Estese ed esaustive verifiche in-situ	Estese indagini in-situ	Tutti	1.20
LC3			Esaustive indagini in-situ	Tutti	1.00

Fig.(105) Livelli di conoscenza in funzione dell'informazione disponibile e conseguenti metodi di analisi ammessi e valori dei fattori di confidenza per edifici in muratura. [ da [www.dicat.unige.it](http://www.dicat.unige.it) 2010 lezione 16 muratura]

## **Dal LIVELLO DI CONOSCENZA (LC) al FATTORE DI CONFIDENZA (FC)**

(NTC 2008; da utilizzare nelle verifiche come ulteriore coefficiente parziale di sicurezza)

### **1. Operazioni di rilievo**

- 1.1. Conoscenza della geometria strutturale + eventuale quadro fessurativo
- 1.2. Dettagli costruttivi
- 1.3. Valutazione della qualità muraria e della qualità e consistenza della malta
- 1.4. Presenza o meno di elementi di collegamento trasversali (diatoni....)

### **2. Analisi storica**

### **3. Indagini sperimentali**

## **GEOMETRIA STRUTTURALE/QUADRO FESSURATIVO**

Rilievo, piano per piano, di tutti gli elementi in muratura:

- Rilievo dei **solai**
- Rilievo della **copertura** (Tipologia e orditura)
- Rilievo delle **scale**
- Rilievo delle **volte** (Spessore e profilo)
- Rilievo di **nicchie, cavità e canne fumarie**
- Individuazione della tipologia delle **fondazioni**
- Individuazione dei carichi gravanti su ogni elemento di parete

## DETTAGLI COSTRUTTIVI

Relativamente ai seguenti elementi:

- Qualità del collegamento tra pareti verticali.
- Qualità del collegamento tra orizzontamenti e pareti ed eventuale presenza di cordoli di piano o di altri dispositivi di collegamento.
- Esistenza di architravi strutturalmente efficienti al di sopra delle aperture.
- Presenza di elementi strutturalmente efficienti atti ad eliminare le spinte eventualmente presenti.
- Presenza di elementi, anche non strutturali, ad elevata vulnerabilità (la

VULNERABILITÀ' di una costruzione ovvero propensione al danneggiamento.

- Tipologia della muratura (a un paramento, a due o più paramenti, con o senza riempimento a sacco, con o senza collegamenti trasversali, età), e sue caratteristiche costruttive (eseguita in mattoni o in pietra, regolare, irregolare, etc).

## PROPRIETÀ' DEI MATERIALI

- Valutazione della **qualità muraria**.
- Presenza o meno di **elementi di collegamento trasversali** (es. diatoni).
- Caratterizzazione delle **malte**, delle **pietre e/o mattoni**.

## **5.RISOLUZIONE PROBLEMATICHE. TECNICHE D'INTERVENTO FINALIZZATE AL CONSOLIDAMENTO STRUTTURALE.**

### **5.1 MURATURE**

Riferimento: Scheda **MUR\_ante**.

Gli ammaloramenti dei muri sono dovuti a cause meccaniche, biologiche, fisiche e chimiche, ma quelli di maggiore evidenza sono normalmente provocati da cause meccaniche:

- Scarsa o non uniforme resistenza degli elementi murari. Questo problema è causato dalla scarsa *qualità muraria*, quindi dalla scarsa qualità della tessitura muraria (collegamento inefficace tra i paramenti murari), dalla scarsa qualità della malta (sconnessione tra gli elementi) e dalla scarsa qualità dei conci
- Cedimenti di fondazione, quindi grandi lesioni.
- Scarso isolamento termo-acustico.

In generale un ammaloramento non è dovuto ad un'unica causa, ma a diverse cause, anche di "famiglie" diverse (meccaniche, biologiche, fisiche e chimiche).

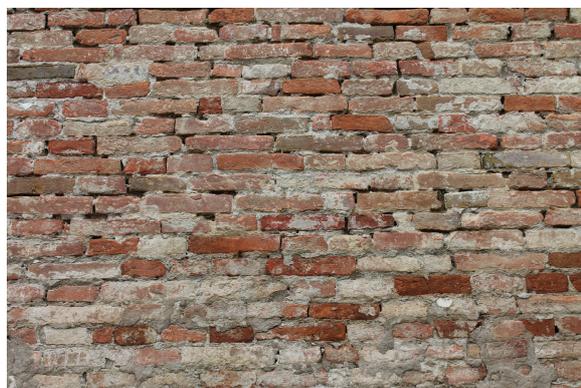


Fig.(106) Paramento murario esterno Villa Arrigona, Moglia, Mantova

DA NTC 2008 E CIRCOLARE  
ESPLICATIVA

Da: § C8A.5.6 INTERVENTI VOLTI AD  
INCREMENTARE LA RESISTENZA NEI  
MASCHI MURARI

“Gli interventi di rinforzo delle murature sono mirati al risanamento e riparazione di murature deteriorate e danneggiate ed al miglioramento delle proprietà meccaniche della muratura. Se eseguiti da soli non sono sufficienti, in generale, a ripristinare o a migliorare l'integrità strutturale complessiva della costruzione.

Il tipo di intervento da applicare andrà valutato anche in base alla tipologia e alla qualità della muratura. Gli interventi dovranno utilizzare materiali con caratteristiche fisico-chimiche e meccaniche

analoghe e, comunque, il più possibile compatibili con quelle dei materiali in opera.

L'intervento deve mirare a far recuperare alla parete una resistenza sostanzialmente uniforme e una continuità nella rigidità, anche realizzando gli opportuni ammorsamenti, qualora mancanti.

L'inserimento di materiali diversi dalla muratura, ed in particolare di elementi in conglomerato cementizio, va operato con cautela e solo ove il rapporto tra efficacia ottenuta e impatto provocato sia minore di altri interventi, come nel caso di architravi danneggiati e particolarmente sollecitati.

A seconda dei casi si procederà:

- a riparazioni localizzate di parti lesionate o degradate;
- a ricostituire la compagine muraria in corrispondenza di manomissioni quali cavità, vani di varia natura (scarichi e canne fumarie, ecc.);
- a migliorare le caratteristiche di murature particolarmente scadenti per tipo di apparecchiatura e/o di composto legante.”

## 5.2 SOLAI

Riferimento: Schede **SOL1\_ante**, **SOL2\_ante**.

“Nelle tipologie analizzate la soluzione principalmente utilizzata per gli orizzontamenti di piano, era il solaio in legno. Soluzione più semplice e consona all’uso delle risorse locali per la realizzazione di solai su luci di ambienti di 2-3 m di lato o poco più. Un assito di calpestio; travetti infissi nei muri d’ambito (diametro di 14-18 cm) posti a distanza tale da non consentire eccessiva elasticità all’assito (interasse tra i travetti di circa 80-140 cm); presenza di travi principali (diametro di 45-55 cm).



Fig.(107) Solaio con arellato piano sottotetto, Villa Arrigona, Moglia, Mantova.

Le tavole degli assiti (spessore circa 3-4 cm) erano ottenute dal tronco sbozzato o segato per il lungo a larghezza di tavola, in modo che i bordi delle tavole risultavano sufficientemente rettilinei. La loro lunghezza era tale da coprire uno o più interassi dei travetti. Le tavole erano inchiodate ai travetti.  
“(20)



Fig.(108) Solaio piano sottotetto, Villa Arrigona, Moglia, Mantova.

I travetti normalmente infissi nei muri d'ambito potevano essere sorretti da una trave rompitratta o da una trave che raccoglieva in appoggio le loro estremità. Quest'ultima soluzione è per luci di maggiore ampiezza.

È possibile che si abbia, sovrapposta all'assito, una pavimentazione in lastre di pietra con interposto uno strato di terra per l'allettamento delle lastre.

Nelle costruzioni più recenti è invalso l'uso di “controsoffittare” con arellato, intonacato con malta di gesso.



Fig.(109) Arellato piano sottotetto, Villa Arrigona, Moglia, Mantova.

## 5.2.1 PROBLEMI DI NATURA MECCANICA

I problemi di natura meccanica dei solai in legno sono:

- Eccessiva elasticità, dovuta sia alla loro natura, sia al fatto che una volta non vi erano le esigenze di solai per locali residenziali capaci di portate paragonabili a quelle dell'attuale normativa
- Deboli connessioni tra gli elementi lignei
- Debole legame con le murature perimetrali (con possibile sfilamento delle travi dalle murature)
- Scarso isolamento termo-acustico.

Le due problematiche connesse alla *riduzione dell'elasticità* e al consentire *maggiori portate* hanno soluzioni analoghe, tuttavia la risposta può essere diversa a seconda che si richieda di ridurre la sensazione, al passaggio delle persone, di un'eccessiva elasticità o che si richieda di aumentare la capacità portante.

Il primo caso infatti può bastare un modesto intervento integrativo, mentre nel secondo l'impegno è più consistente.

In generale, quindi, si rileva la necessità di rinforzo, totale o parziale, delle strutture orizzontali.

Da: § 7.2.6 CRITERI DI MODELLAZIONE DELLA

## STRUTTURA E AZIONE SISMICA

“Gli orizzontamenti possono essere considerati infinitamente rigidi nel loro piano, a condizione che siano realizzati in cemento armato, oppure in latero-cemento con soletta in c.a. di almeno 40 mm di spessore, o in struttura mista con soletta in cemento armato di almeno 50 mm di spessore collegata da connettori a taglio opportunamente dimensionati agli elementi strutturali in acciaio o in legno e purché le aperture presenti non ne riducano significativamente la rigidità.”

Da: § C8.4.3 RIPARAZIONE O INTERVENTO LOCALE

“Può rientrare in questa categoria anche la sostituzione di coperture e solai, solo a condizione che ciò non comporti una variazione significativa di rigidità nel proprio piano, importante ai fini della ridistribuzione di forze orizzontali, né un aumento dei carichi verticali statici.”

Da: § C8A.5.3 INTERVENTI VOLTI A RIDURRE L'ECESSIVA DEFORMABILITÀ DEI SOLAI

“Il ruolo dei solai nel comportamento sismico delle costruzioni in muratura è quello di trasferire le azioni orizzontali di loro competenza alle pareti disposte nella

direzione parallela al sisma; inoltre essi devono costituire un vincolo per le pareti sollecitate da azioni ortogonali al proprio piano. La necessità di un irrigidimento per ripartire diversamente l'azione sismica tra gli elementi verticali è invece non così frequente. Per le suddette ragioni risulta talvolta necessario un irrigidimento dei solai, anche limitato, di cui vanno valutati gli effetti; a questo si associa inevitabilmente un aumento della resistenza degli elementi, che migliora la robustezza della struttura.

L'irrigidimento dei solai, anche limitato, per ripartire diversamente l'azione sismica tra gli elementi verticali comporta in genere un aumento della resistenza, che migliora la robustezza della struttura. Nel caso dei solai lignei può essere conseguito operando all'estradosso sul tavolato. Una possibilità è fissare un secondo tavolato su quello esistente, disposto con andamento ortogonale o inclinato, ponendo particolare attenzione ai collegamenti con i muri laterali; in alternativa, o in aggiunta, si possono usare rinforzi con bandelle metalliche, o di materiali compositi, fissate al tavolato con andamento incrociato. Un analogo beneficio può essere conseguito attraverso controventature realizzate con tiranti metallici. Il consolidamento delle travi lignee potrà avvenire aumentando la sezione portante in zona compressa, mediante l'aggiunta di elementi opportunamente connessi.

Nei casi in cui risulti necessario un consolidamento statico del solaio per le azioni flessionali, è possibile, con le tecniche legno-legno, conseguire contemporaneamente l'irrigidimento nel piano e fuori dal piano, posando sul tavolato esistente, longitudinalmente rispetto alle travi dell'orditura, dei nuovi tavoloni continui, resi collaboranti alle travi mediante perni anche di legno, irrigiditi nel piano del solaio con l'applicazione di un secondo tavolato di finitura.

La tecnica di rinforzo con soletta collaborante, in calcestruzzo eventualmente leggero, realizza anche un forte irrigidimento nel piano del solaio; gli effetti di tale intervento vanno valutati sia in relazione alla ripartizione delle azioni tra gli elementi verticali sia all'aumento delle masse. Nel caso in cui gli elementi lignei non siano adeguatamente collegati alle murature, è necessario collegare la soletta alle pareti, tramite elementi puntuali analoghi a quelli già indicati, o ai cordoli, se presenti e realizzati come successivamente descritto.

Nel caso di solai a travi in legno e pannelle di cotto, che presentano limitata resistenza nel piano, possono essere adottati interventi di irrigidimento all'estradosso con caldane armate in calcestruzzo alleggerito, opportunamente collegate alle murature perimetrali ed alle travi in legno.

Nel caso di solai a putrelle e voltine o tavelloni è opportuno provvedere all'irrigidimento mediante solettina armata resa solidale ai profilati e collegata alle murature perimetrali.

Nel caso di solai a struttura metallica, con interposti elementi in laterizio, è necessario collegare tra loro i profili saldando bandelle metalliche trasversali, poste all'intradosso o all'estradosso.

Inoltre, in presenza di luci significative, gli elementi di bordo devono essere collegati in mezzzeria alla muratura.”

### 5.3 COPERTURE

Riferimento:

Schede **COP1\_ante, COP2\_ante, COP3\_ante.**

“Le coperture sono il sottosistema dell'edificio maggiormente esposto e soggetto all'azione delle manifestazioni atmosferiche e all'invecchiamento. Le loro strutture sono anche quelle che possono arrecare i peggiori danni ai sottosistemi con cui sono interfacciate. Un cedimento delle strutture del tetto significa spesso danneggiamenti per spinte ai muri su cui sono appoggiate. Crolli nelle coperture provocano crolli nei solai sottostanti.

Sconnessioni nei manti impermeabili dei tetti consentono l'ingresso dell'acqua piovana con tutte le conseguenze di danni alle cose e alla

strutture bagnate. Gli interventi di riparazione e di miglioramento risultano così prioritari rispetto agli altri sottosistemi una volta accertato che i sottosistemi collegati siano in grado di rispondere positivamente”(21).

Per quello che riguarda gli edifici rurali, la tipologia di copertura più frequente e tipica del territorio in esame è quella a capanna; questa scelta dovuta alle abbondanti nevicate invernali che interessano questo territorio. Le falde risultano più inclinate e la neve tende a rimanere meno tempo sul manto di copertura, scivolando più facilmente. Spostandosi poi verso i borghi più densamente popolati dove si possono notare gli accrescimenti successivi, le costruzioni di più recente costruzione tendono gradualmente alla tipologia a padiglione più tipica dei centri cittadini, con quattro falde meno inclinate. Solo per edifici che presentano larghezze elevate, come stalle e fienili, invece, si è riscontrato in alcuni casi l'utilizzo delle capriate lignee.

Nella copertura a due falde la struttura portante è costituita da travi di legno disposte parallelamente al lato minore da coprire.



Fig.(110) Solaio di copertura Villa Arrigona, Moglia, Mantova.

Non esistono generalmente differenze tra la trave di colmo e le altre travi, che mantengono un interasse di 1-1,5 metri. Sulle travi portanti è posizionata l'orditura secondaria, costituita da morali, posti ad interasse di circa 50-80 centimetri con sezioni di 8-10 cm. Sui morali sono posizionate le assi e su queste il manto di copertura.



Fig.(111) Sottotetto Villa Arrigona, Moglia, Mantova.



Fig.(112) Sottotetto Villa Arrigona, Moglia, Mantova.

“Per quanto riguarda le tipologie di risoluzione del nodo di gronda nei casi in cui si ha uno sporto, in alcuni casi le travi che sostengono il manto, venivano fatte proseguire all'esterno e sagomate a coda di rondine, prendendo il nome di palombelle.

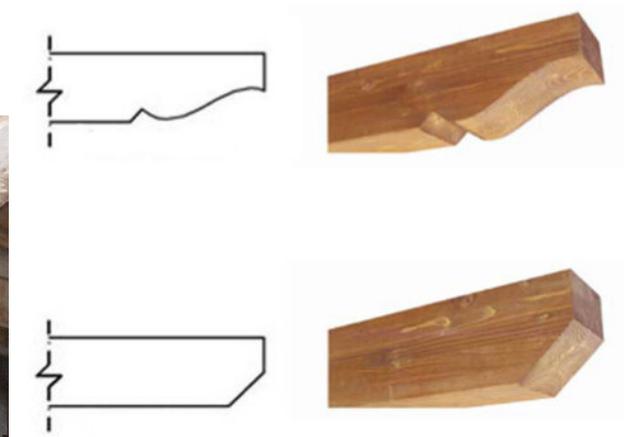


Fig.(113): Particolari della copertura lignea. [da: Marina Foschi; *Il recupero del patrimonio edilizio nel demanio forestale*, Azienda Regionale delle foreste]

Questo metodo, ancora oggi utilizzato per rendere piacevole la vista dei travetti che sporgono dal tetto, probabilmente un tempo non aveva scopo strettamente ornamentale. Si pensa piuttosto che queste travi potessero presentare irregolarità e soprattutto avere una parte rovinata dal contatto con il terreno e con l'acqua; per questo motivo, questa parte veniva tolta e sagomata diventando la sopracitata palombella. Questa particolarità riguardava principalmente edifici più rilevanti, mentre per edifici popolari dove era necessario fare economia dei materiali non si utilizzavano travi così lunghe da permettere la sporgenza al di fuori del muro perimetrale, ma si usava una sorta di artificio, ovvero, mensole di legno sporgenti di piccole dimensioni garantivano lo sporto.



Fig.(114) Particolare di gronda, Villa Arrigona, Moglia

I fabbricati rurali, a causa della necessaria economia che sta alla base della loro costruzione, non presentano quasi mai cornicioni o altri coronamenti in gronda, il cui spessore, quindi, risulta ridotto al minimo; non bisogna quindi dimenticare che l'aumento dello spessore della copertura comporta il rischio di perdere il rapporto che si ha tra la zona di conclusione e il resto dell'edificio.

Per quanto riguarda la tecnologia costruttiva nella campagna e nei centri urbani della pianura, sia la grossa orditura (capriate, travi di colmo, catene, puntoni, cantonali, *colonnelli*, arcarecci, terzere, corone) che quella secondaria (correnti, travetti, o *biscantieri*) erano di legno.

Le essenze usate per la grossa orditura erano il pioppo, l'abete o il rovere, con netta prevalenza della prima in quanto facilmente reperibile sul posto. La sezione della grossa orditura variava da quadrata (once 9 x 9 pari a cm 28.5 x 28.5 o 10 x 10 pari a cm 31.7 x 31.7) a rettangolare (once 9 x 10 o 10 x 12), a seconda dell'essenza usata e della dimensione – quindi del peso – della copertura.

Nelle coperture a padiglione gli barcarecci e le corone, disposte orizzontalmente rispetto alla pendenza del coperto, erano di once 6 x 6, pari a cm 19 x 19, o 7 x 7 (cm 22.2 x 22.2); il loro interasse poteva variare da 5 piedi (pari a

cm 190) per i coperti più pesanti, a 10 piedi (cm 380) nei tetti più leggeri.

I correnti, o travetti, detti *biscantieri*, posavano sopra gli barcarecci o le corone ed avevano, quindi, un andamento parallelo alla pendenza del tetto; la loro dimensione era di once 5 x 5 pari a cm 15,8 x 15,8 o, meglio, un diametro di 5 once, presentando la sezione irregolare di un giovane tronco appena sbizzato. Essi poggiavano, all'esterno, sulla muratura da cui fuoriuscivano di circa 50 cm per reggere lo sporto.

Su questi venivano inchiodate le *lambrecchie*, cortecce di pioppo sotto forma di tavole dai contorni molto irregolari, di lunghezza di circa 6 piedi (circa 230 cm) e di larghezza di circa 9 once (circa 25 cm). Sul tavolato, in alcuni casi sostituito da pianelle in laterizio di once 12 x 5 x 1.5, erano posati i coppi.

La pendenza del tetto tradizionale, la cui impermeabilità era affidata all'effetto combinato della pendenza stessa e del corretto posizionamento dei coppi, oscillava tra il 33% ed il 42% per garantire il migliore funzionamento del manto di copertura”(20).

• Da: § 8.4.1 INTERVENTO DI ADEGUAMENTO

“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. (...)”

• Da: § C8A.5.1 INTERVENTI VOLTI A RIDURRE LA CARENZA DEI COLLEGAMENTI

“Cordoli in sommità alla muratura possono costituire una soluzione efficace per collegare le pareti, in una zona dove la muratura è meno coesa a causa del limitato livello di compressione, e per migliorare l'interazione con la copertura;

• Da: § C8A.5.4 INTERVENTI IN COPERTURA

È in linea generale opportuno il mantenimento dei tetti in legno, in quanto limitano l'entità delle masse nella parte più alta dell'edificio e garantiscono un'elasticità simile a quella della compagine muraria sottostante. È opportuno, ove possibile, adottare elementi di rafforzamento del punto di contatto tra muratura e tetto. Oltre al collegamento con capichiave metallici che

impediscono la traslazione, si possono realizzare cordoli-tirante in legno o in metallo opportunamente connessi sia alle murature che alle orditure in legno del tetto (cuffie metalliche), a formare al tempo stesso un bordo superiore delle murature resistente a trazione, un elemento di ripartizione dei carichi agli appoggi delle orditure del tetto e un vincolo assimilabile ad una cerniera tra murature e orditure. Ove i tetti presentino orditure spingenti, come nel caso di puntoni inclinati privi di semicatene in piano, la spinta deve essere compensata.(...)

In generale, vanno il più possibile sviluppati i collegamenti e le connessioni reciproche tra la parte terminale della muratura e le orditure e gli impalcati del tetto, ricercando le configurazioni e le tecniche compatibili con le diverse culture costruttive locali.”

## 5.4 FONDAZIONI

Riferimento:

Scheda FOND1\_ante,FOND2\_ante



Fig.(115) Saggio sulle fondazioni, Villa Arrigona, Moglia, Mantova

La realizzazione tradizionale delle fondazioni era pratica molto semplice che vedeva, nelle aree collinari pianeggianti, praticare scavi del terreno a trincea e, nelle aree declivi, uno sbancamento. La trincea aggiungeva una quota di poco inferiore a quella del piano di calpestio del primo solaio e serviva a eliminare lo strato superficiale vegetale e quello di terreno non compatto; presentava una larghezza di poco superiore allo spessore del muro. Lo sbancamento tendeva a realizzare una spianata delle dimensioni di

poco superiori alle dimensioni dell'edificio, solcata dalle trincee poco profonde dove impostare i muri di rifondazione. La profondità delle trincee era poco al di sotto della quota di appoggio delle pavimentazioni. Poiché l'influenza delle fondazioni arriva a mostrarsi in maniera evidente nelle altre parti dell'edificio (fessurazioni nelle murature) è sempre necessario intervenire quando esse palesino qualche momento di stanchezza. È di fondamentale importanza accertare l'efficienza statica delle fondazioni prima di

procedere al consolidamento delle strutture in elevazione.

I motivi del dissesto delle fondazioni dipendono essenzialmente da due cause principali:

- Superficie di appoggio insufficiente rispetto alla portata del terreno e ai carichi trasmessi (eccesso di sovraccarichi, modifica dell'entità e della tipologia delle azioni esterne rispetto a quelle ipotizzate in origine); gli interventi sono orientati verso un miglioramento delle capacità portanti della fondazione con aumento della sezione resistente e conseguente decremento delle sollecitazioni sul terreno
- Cedimenti del terreno (natura e modificazioni del suolo) indipendenti dalla costruzione soprastante; gli interventi sono orientati a ristabilire la portanza del terreno attraverso opere di consolidamento oppure mediante l'impiego di strutture di fondazione profonde.

Ci possono poi essere motivazioni che non dipendono dal degrado:

- Progetto di abbassamento dei pavimenti interni o esterni
- Progetto di aumento delle masse e/o dei sovraccarichi.

• Da: §8A.5.11 INTERVENTI IN FONDAZIONE

“Le informazioni ricavabili dalla storia della costruzione devono essere tenute nel dovuto conto ai fini della scelta degli interventi sulle fondazioni. È in genere possibile omettere interventi sulle strutture di fondazione, nonché le relative verifiche, qualora siano contemporaneamente presenti tutte le condizioni seguenti:

- nella costruzione non siano presenti importanti dissesti di qualsiasi natura attribuibili a cedimenti delle fondazioni e sia stato accertato che dissesti della stessa natura non si siano prodotti neppure in precedenza;
- gli interventi progettati non comportino sostanziali alterazioni dello schema strutturale del fabbricato;
- gli stessi interventi non comportino rilevanti modificazioni delle sollecitazioni trasmesse alle fondazioni;
- siano esclusi fenomeni di ribaltamento della costruzione per effetto delle azioni sismiche.

L'inadeguatezza delle fondazioni è raramente la causa del danneggiamento osservato nei rilevamenti post-sisma.

Comunque, nel caso in cui la fondazione poggi su terreni dalle caratteristiche geomeccaniche inadeguate al trasferimento dei carichi, o di cedimenti fondali localizzati in atto si provvederà al consolidamento delle fondazioni, attuando uno dei seguenti tipi di intervento, o una loro combinazione opportuna, o interventi equipollenti, previo rilievo delle fondazioni esistenti.

Allargamento della fondazione mediante cordoli in c.a. o una platea armata.

L'intervento va realizzato in modo tale da far collaborare adeguatamente le fondazioni esistenti con le nuove, curando in particolare la connessione fra nuova e vecchia fondazione al fine di ottenere un corpo monolitico atto a diffondere le tensioni in modo omogeneo. Deve essere realizzato un collegamento rigido (travi in c.a. armate e staffate, traversi in acciaio di idonea rigidità, barre post-tese che garantiscono una trasmissione per attrito) in grado di trasferire parte dei carichi provenienti dalla sovrastruttura ai nuovi elementi. In presenza di possibili cedimenti differenziali della fondazione è opportuno valutarne gli effetti sull'intero fabbricato, e decidere di conseguenza la necessaria estensione dell'intervento di allargamento.

Consolidamento dei terreni di fondazione.

Gli interventi di consolidamento dei terreni possono essere effettuati mediante iniezioni di miscele cementizie, resine (ad es. poliuretani che si espandono nel terreno), od altre sostanze chimiche.

Inserimento di sottofondazioni profonde (micropali, pali radice). L'esecuzione di questo tipo di intervento può essere effettuata in alternativa al precedente; nel caso di cedimenti che interessino singole porzioni di fabbricato, l'intervento può essere effettuato anche limitatamente alle porzioni interessate, purché omogenee dal punto di vista delle problematiche fondali.

Si dovrà in generale prevedere un'idonea struttura di collegamento tra micropali e muratura esistente (ad es. un cordolo armato rigidamente connesso alla muratura), a meno che i micropali stessi non siano trivellati attraverso la muratura, con una lunghezza di perforazione sufficiente a trasferire i carichi ai micropali per aderenza.

Nelle situazioni in cui si ritiene possibile l'attivazione sismica di fenomeni d'instabilità del pendio, il problema va affrontato agendo sul terreno e non semplicemente a livello delle strutture di fondazione.”

## 5.5 TECNICHE D'INTERVENTO

### 5.5.1 MURATURE

La scelta delle tecniche di intervento mirate al consolidamento delle murature dipende da diversi fattori, rimane compito del progettista individuare i metodi più opportuni.

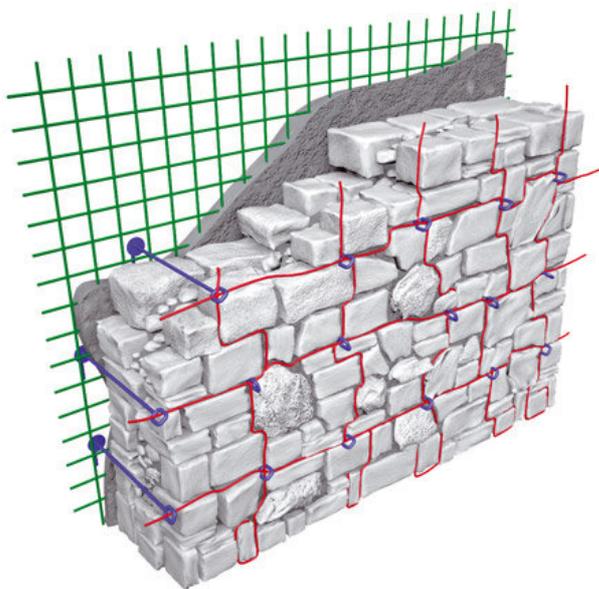


Fig.(116) Sistema FibreBuild Reticola Plus.  
[da: <http://structuralweb.it>]

Riferimento: Scheda **MUR\_post1**.

Viene proposto il sistema FibreNet (con fibre di vetro alcalino resistenti) per la parete interna, mentre per la parete esterna il sistema FibreBuild Reticola.

Il sistema FibreNet sostituisce la rete elettrosaldata convenzionale e consiste nell'applicazione di una rete F.R.P. e intonaco a base di calce idraulica naturale.

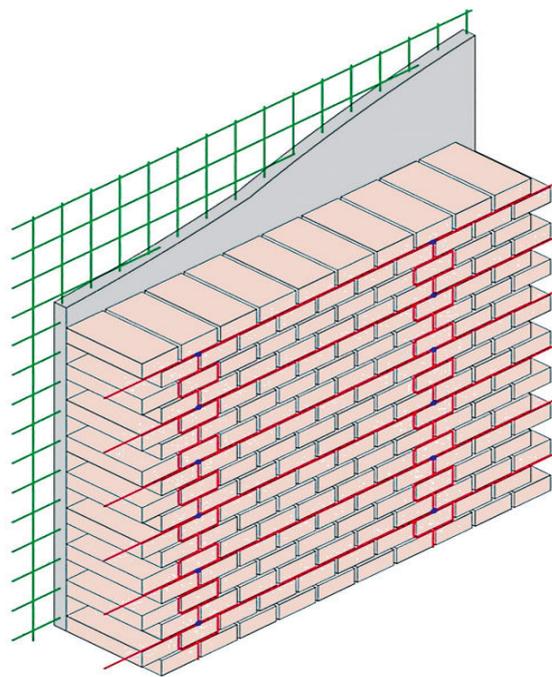
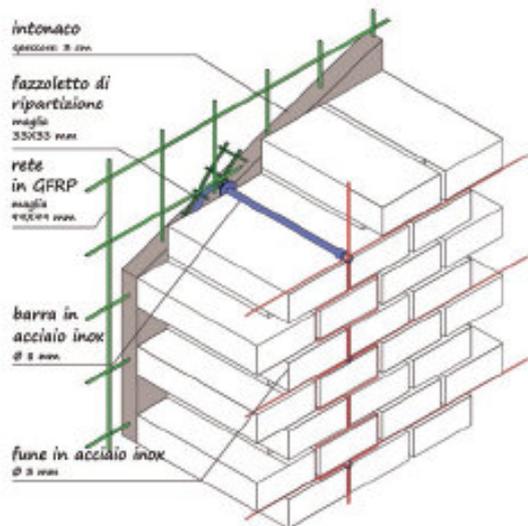


Fig.(117) Sistema FibreBuild Reticola Plus.  
[da: <http://structuralweb.it>]

Il sistema FibreBuild Reticola permette, contrariamente al sistema di “intonaco armato”, il mantenimento del muro faccia a vista.

La tecnica di rinforzo strutturale “si basa sul sistema Reticolatus, che consiste nella scarnitura profonda dei giunti per una profondità di 6/8 cm e successiva ristilatura con idonee malte, armata con una maglia di trefoli inseriti nei giunti di malta. (...)

Il sistema consente di realizzare uno scheletro di armatura omogeneo e tridimensionale, inserito nei giunti di malta e quindi perfettamente integrato con la muratura esistente, capace di collegare tra di loro i diversi paramenti murari, ottenendo elevati incrementi delle caratteristiche meccaniche.”(22)



Il sistema FibreBuild Reticola Plus permette l'unione dei due suddetti sistemi, cioè permette di intervenire sulle murature con una "faccia a vista" e l'altra intonacata.

Fig.(118) Sistema FibreBuild Reticola Plus.  
[da:<http://structuralweb.it>]

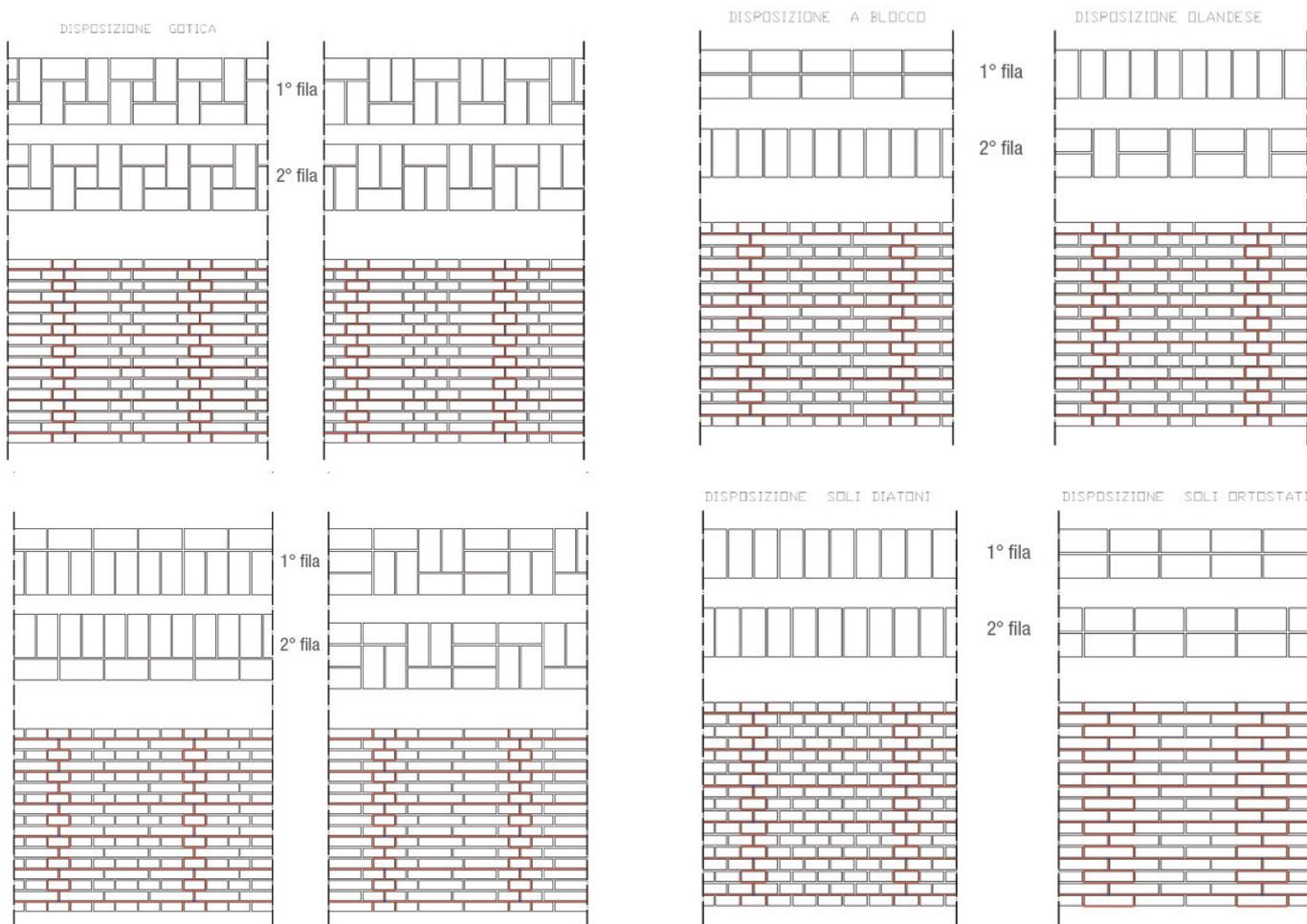


Fig.(119) Modalità applicative diversi tipi di muratura [da:<http://structuralweb.it>]

Riferimento: Scheda **MUR\_post2**

Viene proposto l'aumento della qualità muraria attraverso l'applicazione a strisce del prodotto MapeWrap B-Basalto (Mapei), tessuto unidirezionale in fibre di basalto ad elevata resistenza.

Per garantire il collegamento trasversale tra i paramenti viene utilizzato MapeWrap B-Basalto Fiocco. Quest'ultimo è caratterizzato da "corde" in fibra di carbonio unidirezionali ad elevato modulo elastico; prima di essere posto in opera viene impregnato con resina epossidica. Una volta impregnato, seccandosi, indurisce.

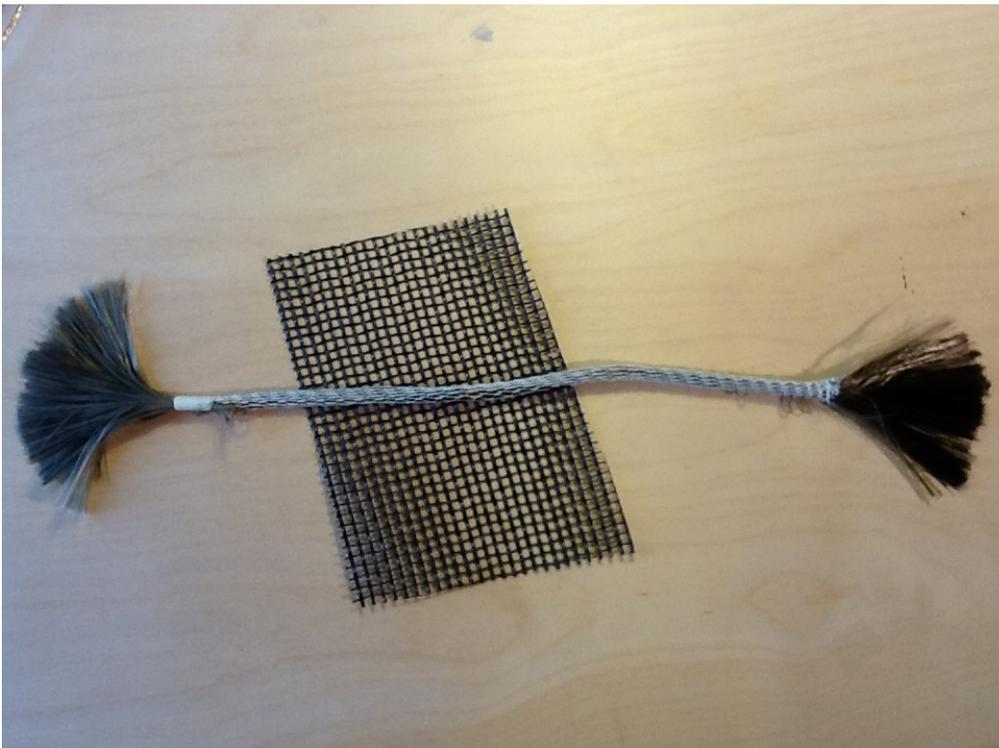
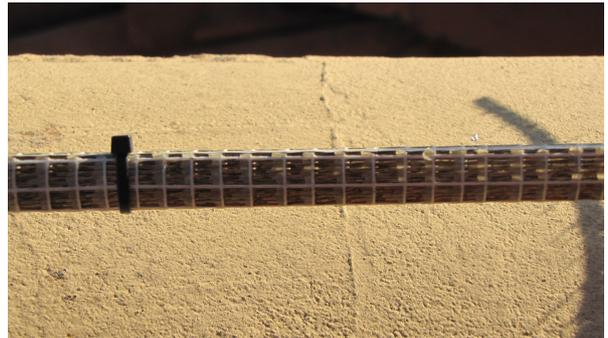
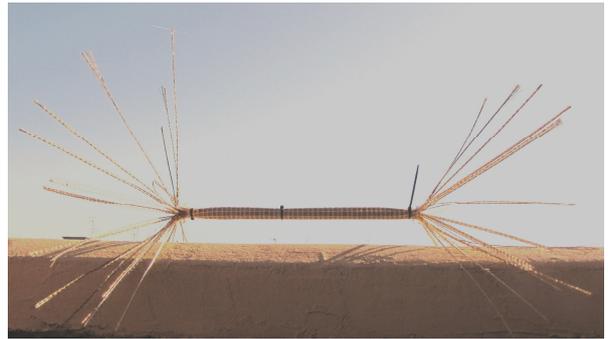


Fig.(120) MapeWrap B-Basalto Fiocco. [da: MAPEI]

### 5.5.2 SOLAI

Riferimento: Schede **SOL1\_post**,  
**SOL2\_post**.

L'intervento proposto riguarda l'inserimento di una soletta collaborante in cls alleggerito (massetto LECA 1400, rete !6, 10x10) per ridurre l'eccessiva deformabilità; viene inserito uno strato di isolante acustico e vengono inseriti connettori a taglio (**DETT2\_post**). Per quello che riguarda il debole legame con le murature perimetrali è previsto l'inserimento di catene (**DETT1\_post**).

### 5.5.3 COPERTURE

Riferimento: Schede **COP1\_post**,  
**COP2\_post**,**COP3\_post**.

L'intervento proposto consiste nell'inserimento di una guaina impermeabilizzante, di uno strato isolante, di una barriera al vapore e di connettori tra i vari elementi lignei e tra gli elementi lignei e il cordolo sommitale in cls armato per garantire collaborazione tra tutti gli elementi.

### 5.5.4 FONDAZIONI

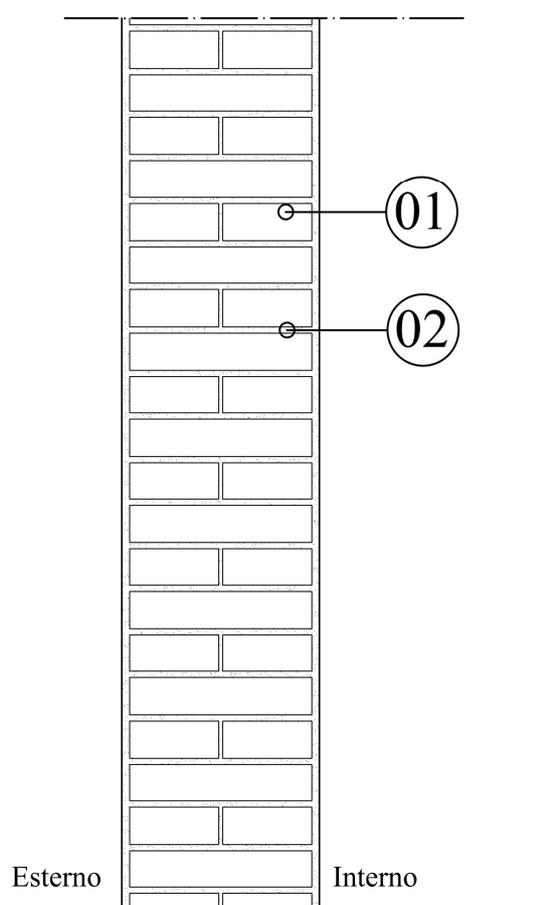
Riferimento: Scheda **FOND1\_post**,  
**FOND2\_post**.

I principali interventi proponibili sulle fondazioni sono:

- Sottomurazioni: lo scopo è quello di attuare un rinforzo alla fondazione esistente accrescendone la base e la profondità di appoggio; consentono di eseguire i lavori intervenendo sul lato esterno della fondazione esistente, senza interessare il piano di calpestio interno dell'edificio
- Scuci e cuci: questa tecnica viene utilizzata in caso di fessurazione e, se quest'ultima è provocata da cedimenti del terreno, può essere attuata solo dopo una stabilizzazione del terreno
- Micropalificazioni
- Ampliamento della fondazione muraria (ad esempio, travi in aderenza): ha lo scopo di aumentare l'area di appoggio della fondazione e di "abbracciare" il muro di fondazione esistente, conferendogli maggiore compattezza e diminuendo le sollecitazioni sul terreno.

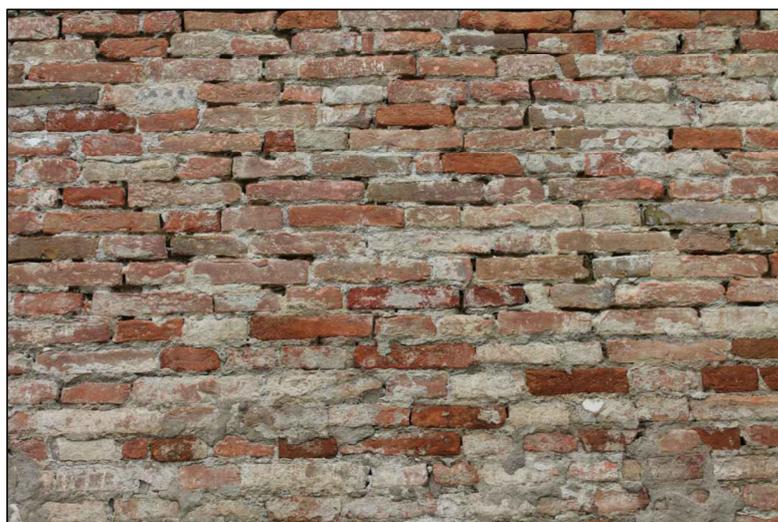
**INADEGUATEZZE PRESTAZIONALI**

- Scarsa o non uniforme resistenza degli elementi strutturali (murari):
  - Scarsa qualità della tessitura muraria,
  - Scarso collegamento tra i paramenti murari
  - Scarsa qualità della malta, sconnessione tra elementi
- Scarso isolamento termo-acustico



**01. MATTONE** 29.4 X 14.4 X 6

**02. MALTA (MATERIALE INTASANTE)**



0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 cm

# RIQUALIFICAZIONE

## PARETE IN LATERIZIO

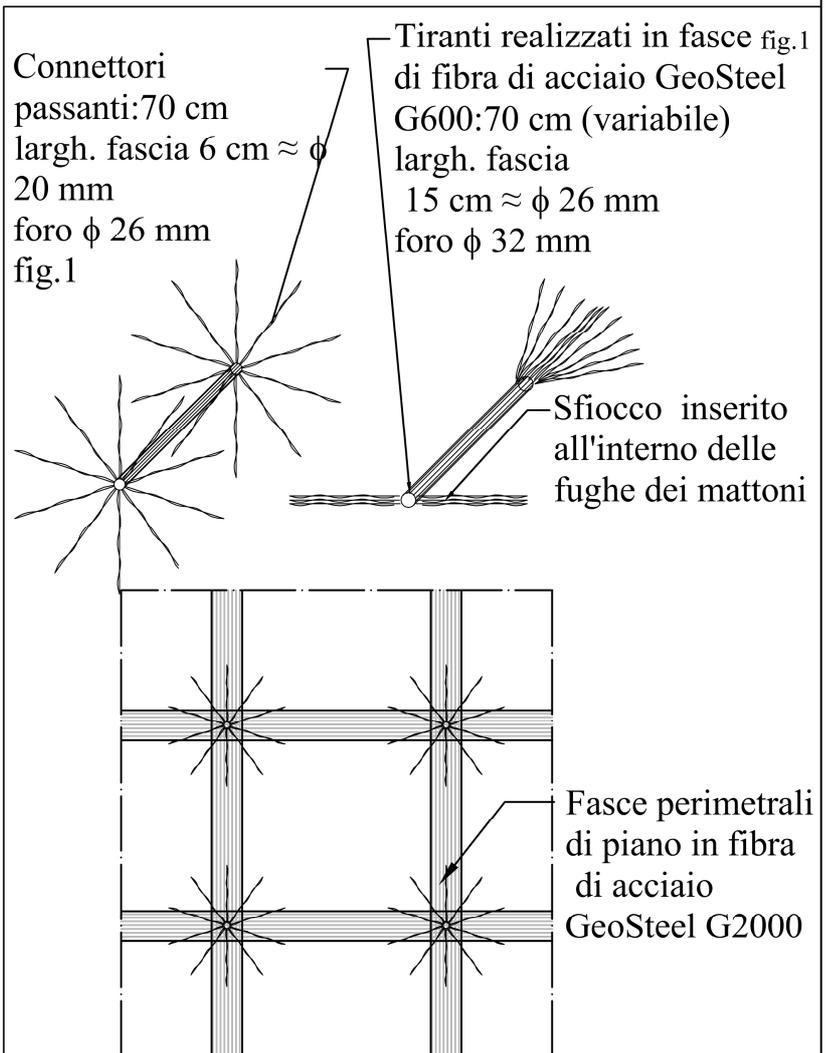
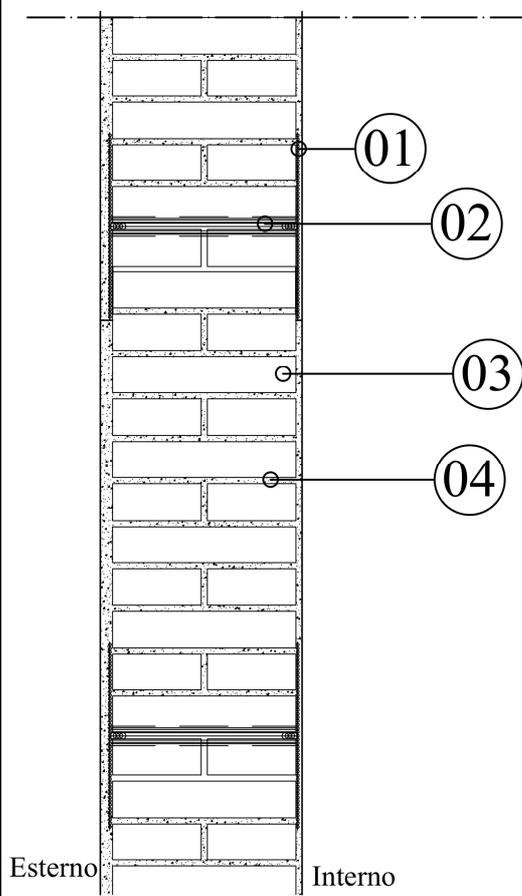
Scheda  
**MUR\_post1**

### INTERVENTO/PRODOTTO

Tessuto unidirezionale in fibre di acciaio ad elevata resistenza applicato a strisce. Geo Steel G600

Vengono in oltre utilizzati come collegamento trasversale dei Tiranti realizzati in fasce di fibra di acciaio GeoSteel G600 fig.(2)

**MIGLIORAMENTO DEI REQUISITI** • Aumento della qualità muraria  
• aumento e uniformità della resistenza degli elementi murari



- 01. FASCE PERIMETRALI DI PIANO FIBRA DI ACCIAIO GeoSteel G2000:
- 0.2 TIRANTI REALIZZATI IN TESSUTO DI FIBRA DI ACCIAIO GeoSteel G600
- 03. MATTONE 29.4 X 14.4 X 6
- 0.4 MALTA

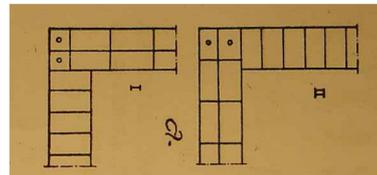


fig.1

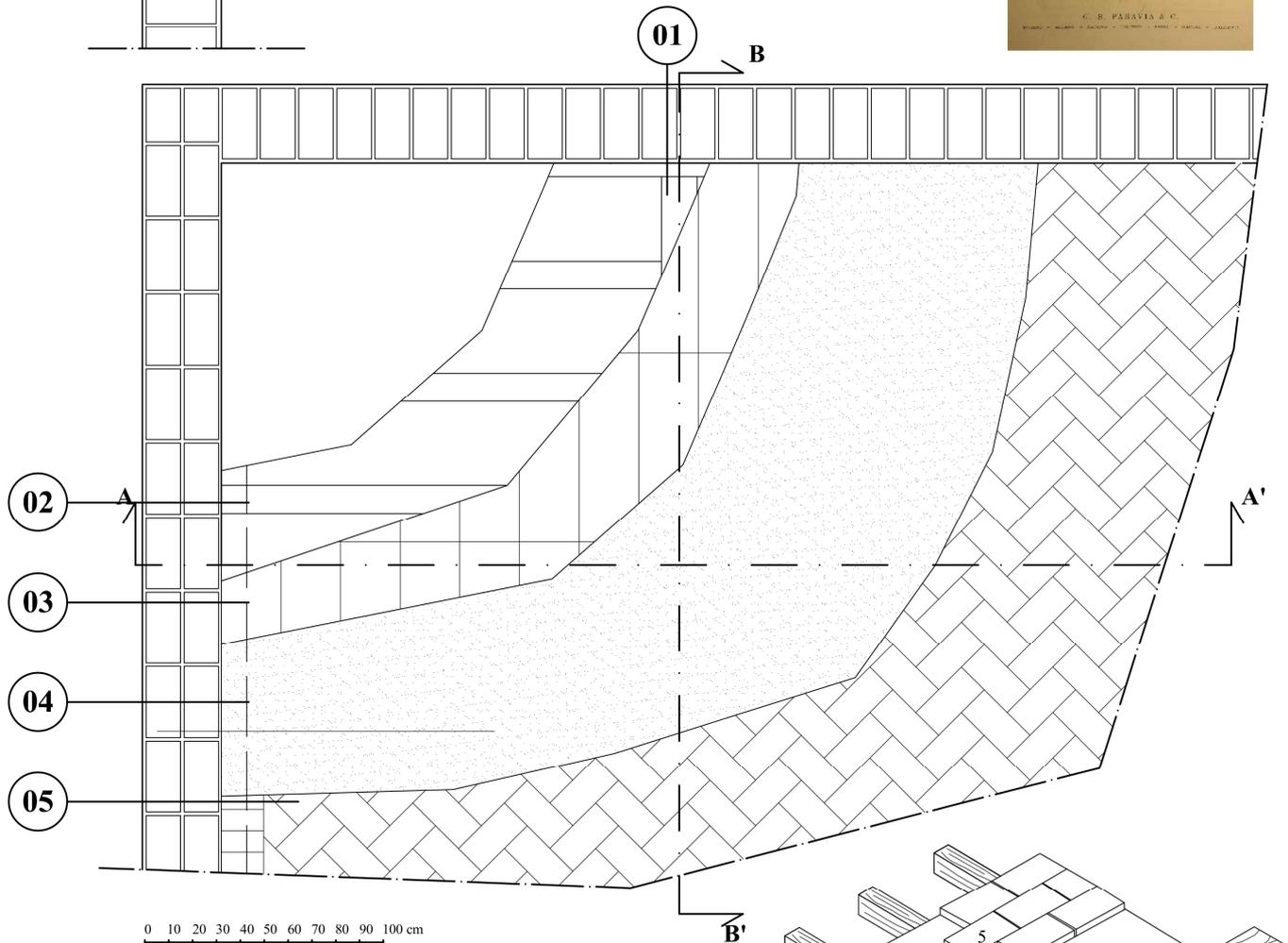
fig.2

### INADEGUATEZZE PRESTAZIONALI

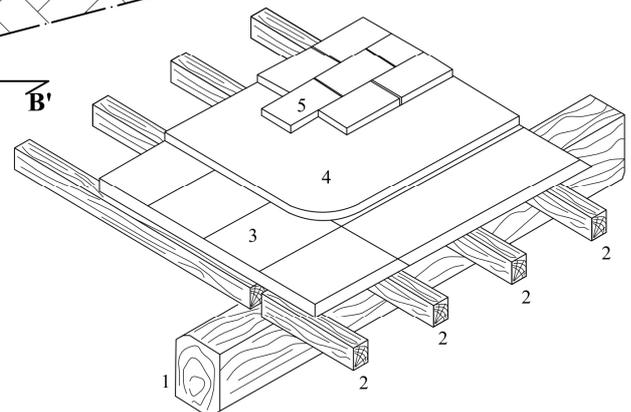
- Eccessiva deformabilità (sia per loro natura, sia perché una volta non vi erano le esigenze di solai per locali residenziali capaci di portate paragonabili alle attuali)
- Sconnessione tra elementi: deboli connessioni tra gli elementi lignei



TEORIA E PRATICA DELLE COSTRUZIONI CIVILI-RURALI STRADALI-IDRAULICHE.  
Dott.,Ing.,Prof MAURO CORSETTI



- 01. ORDITURA PRINCIPALE**
- 02. ORDITURA SECONDARIA**
- 03. TAVELLE/MATTONI**
- 04. STRATO DI ALLETTAMENTO**
- 05. PAVIMENTAZIONE**



# RIQUALIFICAZIONE

## SOLAIO IN LEGNO - DOPPIA ORDITURA

Scheda  
**SOL1\_post**

### INTERVENTO/I

1. Soletta collaborante in cls alleggerito

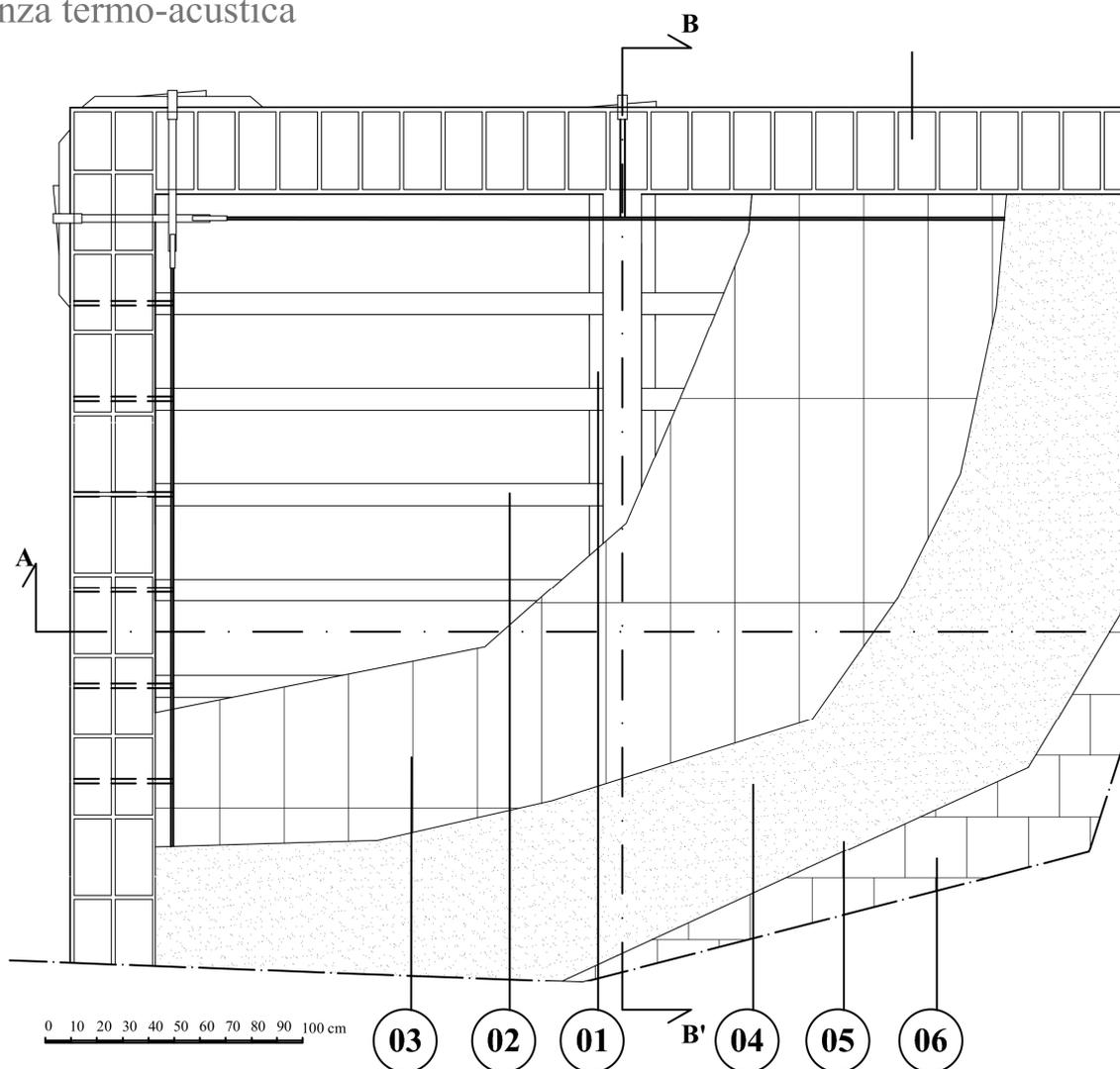
### TIPO DI INTERVENTO SECONDO LE NTC 2008

La variazione della rigidezza e delle masse del solaio è significativa.

↓  
*Miglioramento*

### MIGLIORAMENTO DEI REQUISITI

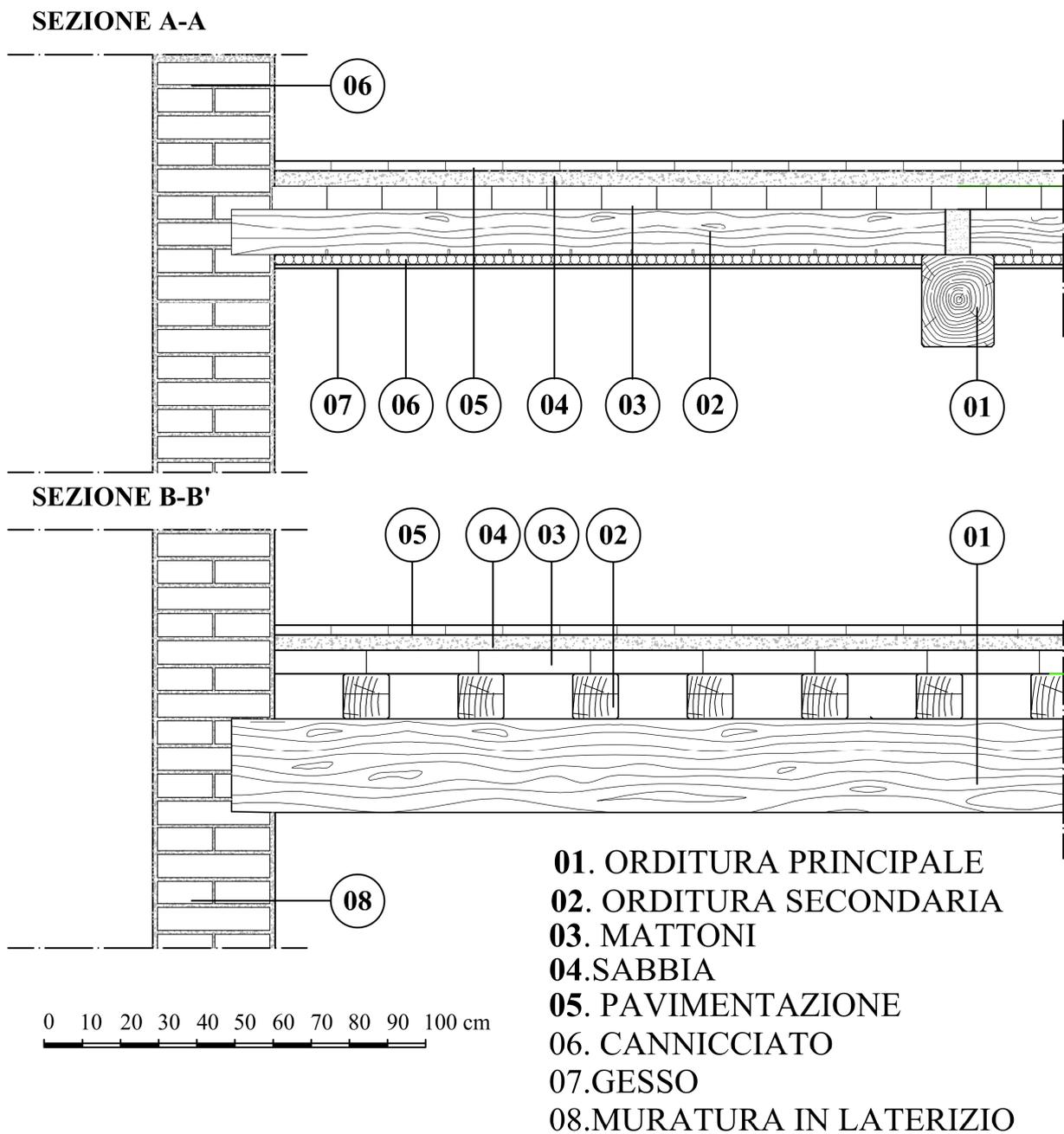
- Irrigidimento e aumento resistenza del solaio
- Efficaci connessioni tra gli elementi lignei
- Efficace collegamento del solaio di piano alle murature
- Coibenza termo-acustica



01. ORDITURA PRINCIPALE IN LEGNO
02. ORDITURA SECONDARIA IN LEGNO
03. TAVELLE
04. SOLETTA COLLABORANTE IN CLS ALLEGGERITO
05. ISOLANTE ACUSTICO + adesivo cementizio per posa piastrelle)
06. PAVIMENTAZIONE

**INADEGUATEZZE PRESTAZIONALI**

- Eccessiva deformabilità
- Sconnessione tra elementi: deboli connessioni tra gli elementi lignei
- Debole legame con le murature perimetrali (possibile sfilamento delle travi)
- Scarso isolamento termo-acustico



# RIQUALIFICAZIONE

SOLAIO IN LEGNO - DOPPIA ORDITURA  
SENZA RIFACIMENTO DEL PAVIMENTO

Scheda  
**SOL2\_post**

## INTERVENTO/I

1. Connettori STEEL FIX
2. Inserimento di catene

## MIGLIORAMENTO DEI REQUISITI

- Irrigidimento e aumento resistenza del solaio
- Efficaci connessioni tra gli elementi lignei
- Efficace collegamento del solaio di piano alle murature

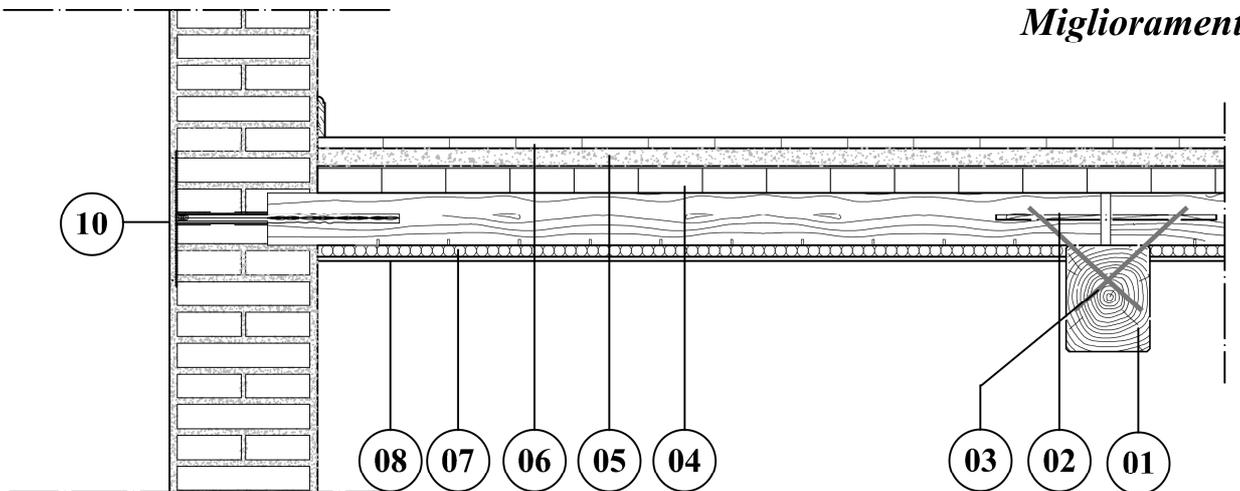
## TIPO DI INTERVENTO SECONDO LE NTC 2008

La variazione della  
rigidezza e delle masse del  
solaio è significativa.

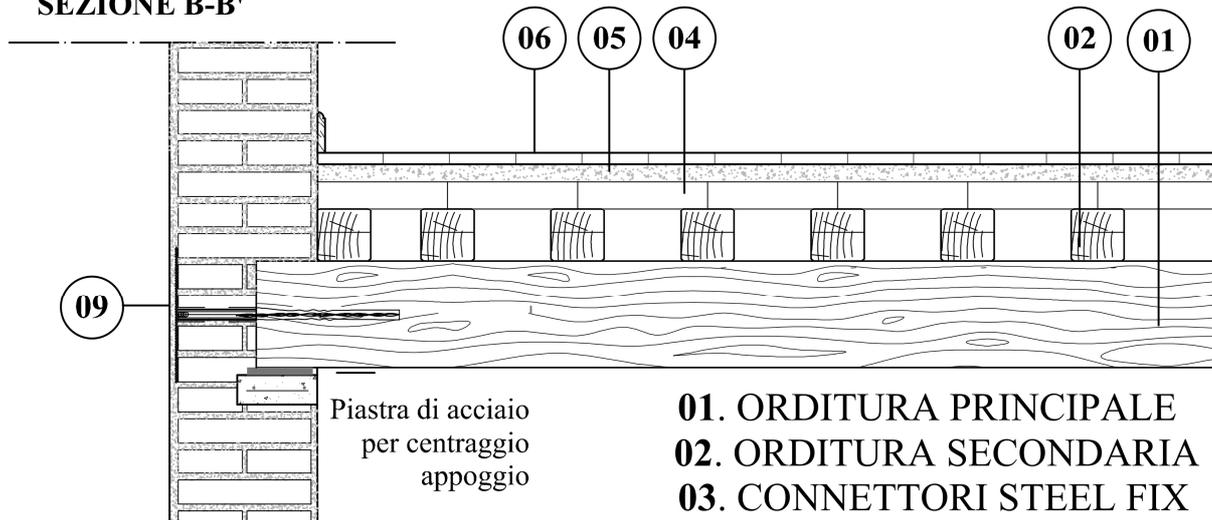


*Miglioramento*

### SEZIONE A-A'



### SEZIONE B-B'



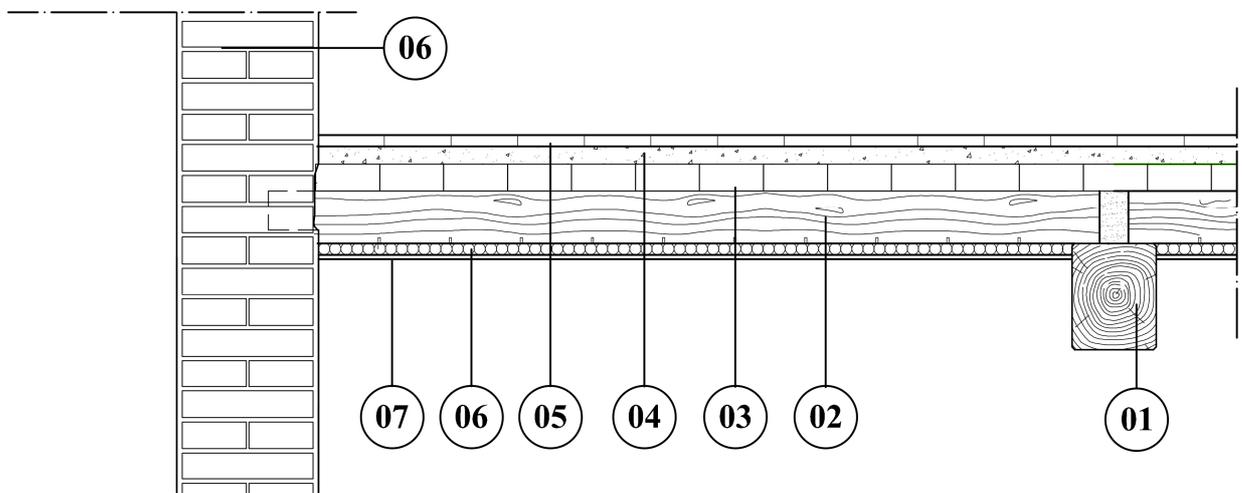
0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 cm

01. ORDITURA PRINCIPALE
02. ORDITURA SECONDARIA
03. CONNETTORI STEEL FIX
04. MATTONI
05. SABBIA
06. PAVIMENTAZIONE IN MARMETTE
07. CANNICCIATO
08. GESSO
- 0.9 TIRANTI REALIZZATI IN TESSUTO DI FIBRA DI ACCIAIO GeoSteel G600

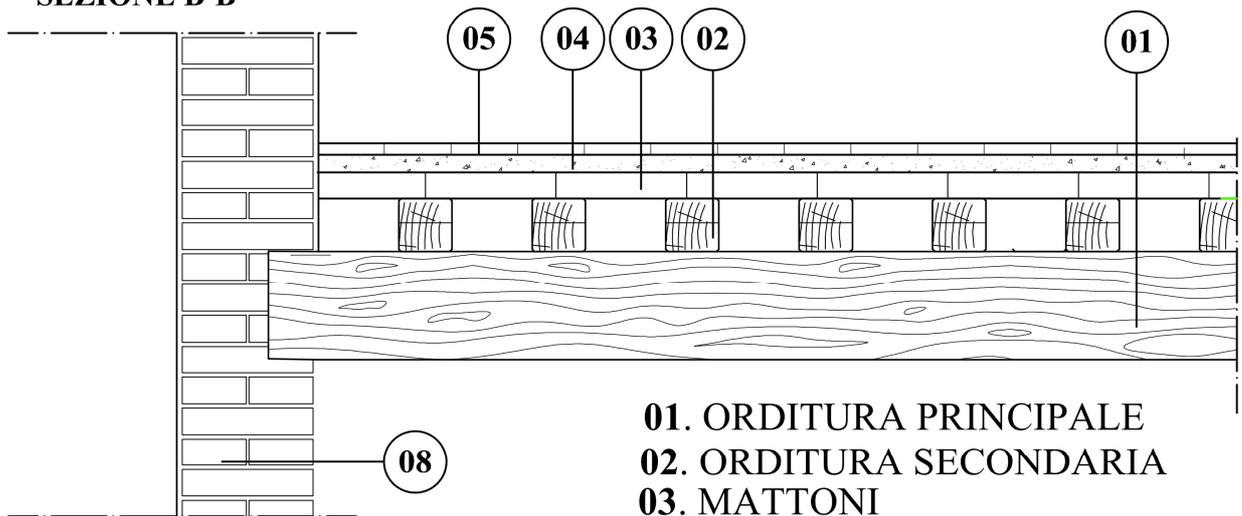
**INADEGUATEZZE PRESTAZIONALI**

- Eccessiva deformabilità
- Sconnessione tra elementi: deboli connessioni tra gli elementi lignei
- Debole legame con le murature perimetrali (possibile sfilamento delle travi)
- Scarso isolamento termo-acustico

**SEZIONE A-A**



**SEZIONE B-B'**



0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 cm

- 01.** ORDITURA PRINCIPALE
- 02.** ORDITURA SECONDARIA
- 03.** MATTONI
- 04.** SABBIA
- 05.** PAVIMENTAZIONE
- 06.** CANNICCIATO
- 07.** GESSO
- 08.** MURATURA IN LATERIZIO

# RIQUALIFICAZIONE

## SOLAIO IN LEGNO - DOPPIA ORDITURA CON RIFACIMENTO DEL PAVIMENTO

Scheda  
**SOL3\_post**

### INTERVENTO/I

1. Connettori STEEL FIX

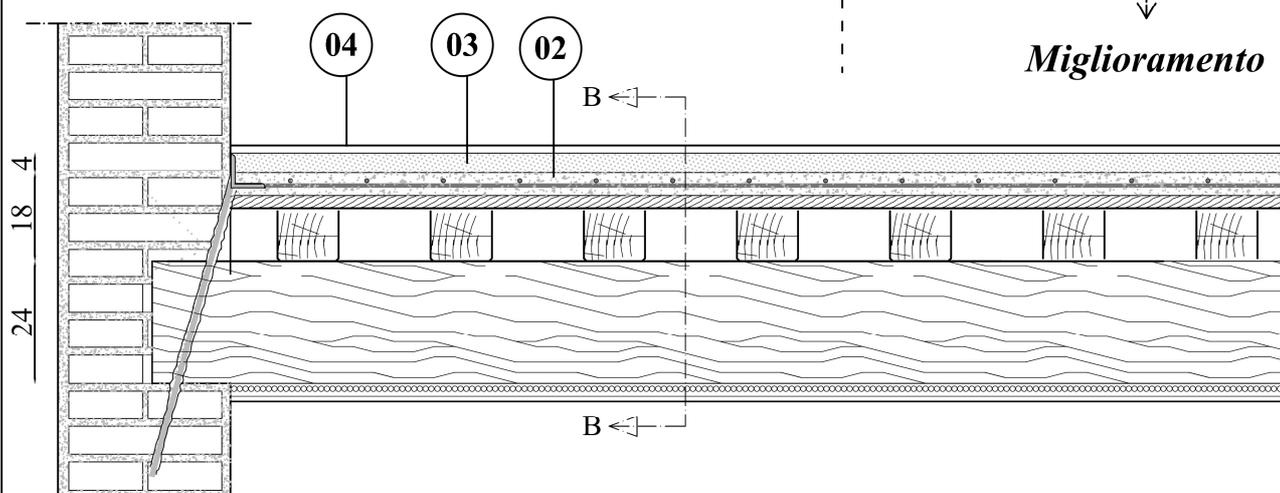
### MIGLIORAMENTO DEI REQUISITI

- Irrigidimento e aumento resistenza del solaio
- Efficaci connessioni tra gli elementi lignei
- Efficace collegamento del solaio di piano alle murature

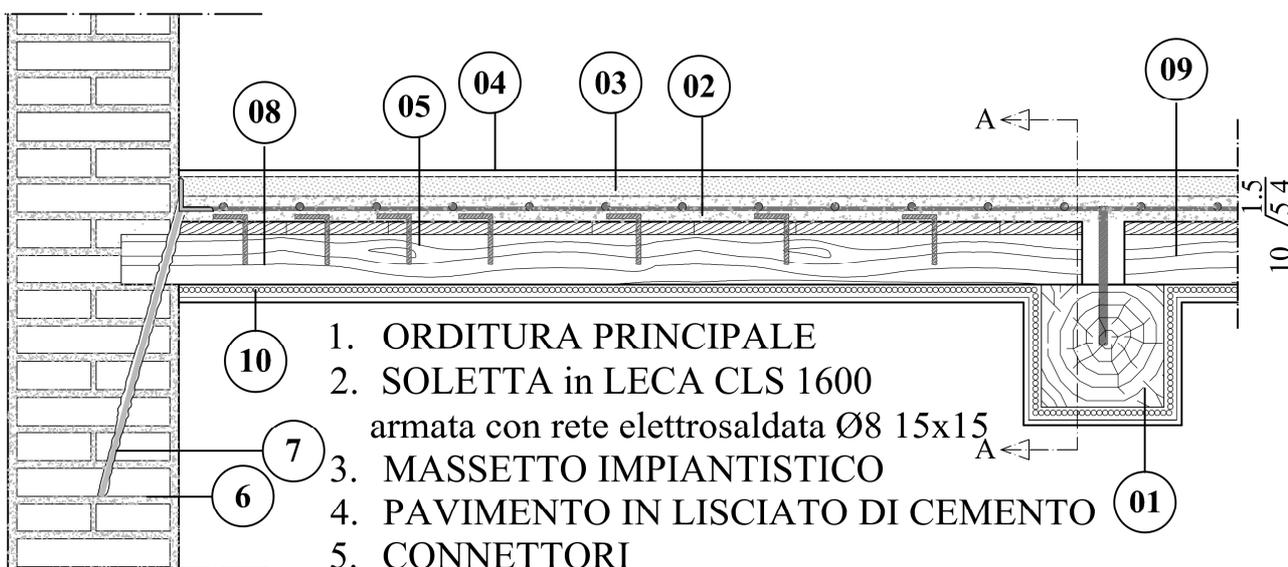
### TIPO DI INTERVENTO SECONDO LE NTC 2008

La variazione della rigidità e delle masse del solaio è significativa.

↓  
*Miglioramento*

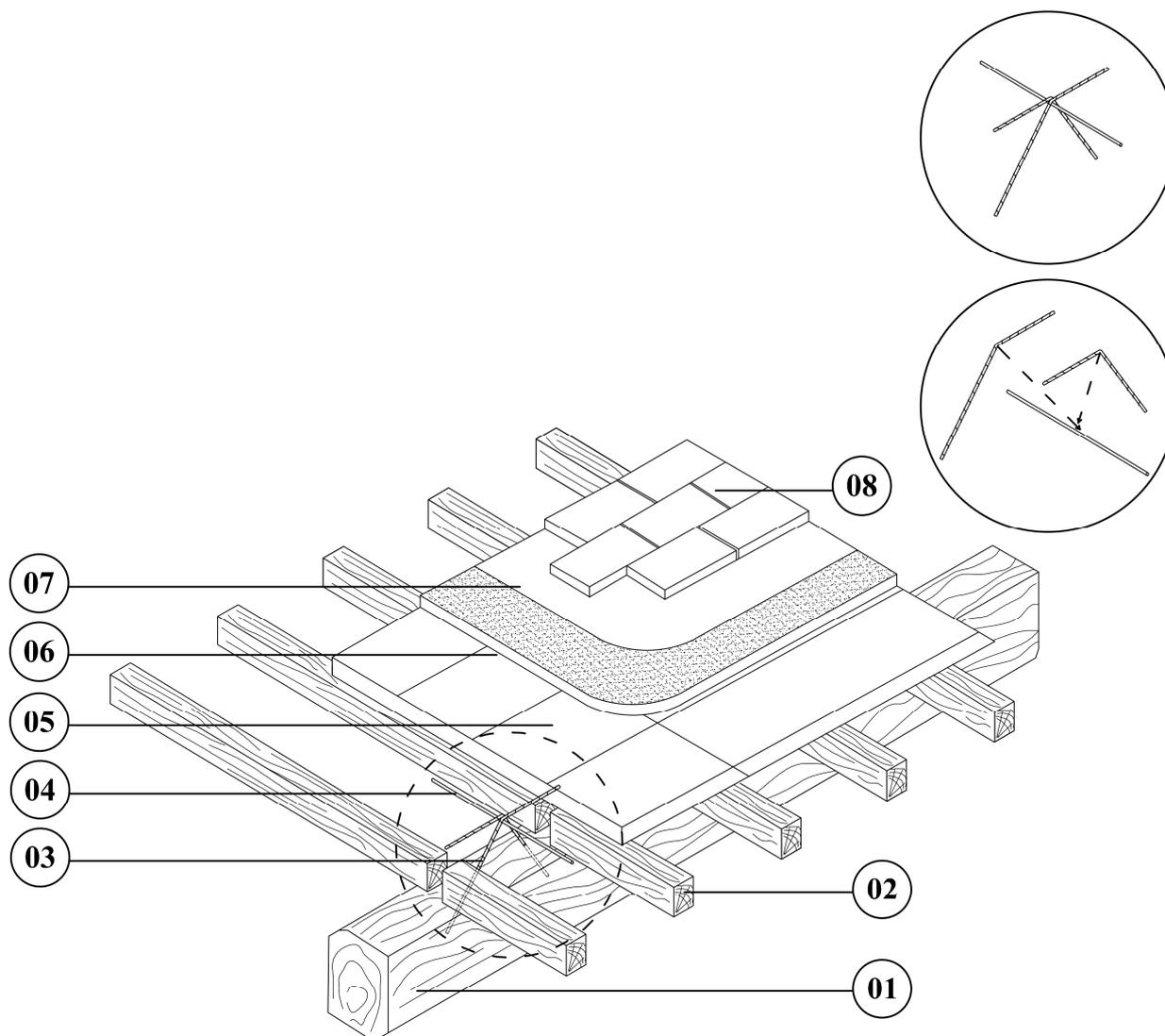


**SEZIONE A-A'**



**SEZIONE B-B'**

1. ORDITURA PRINCIPALE
2. SOLETTA in LECA CLS 1600  
armata con rete elettrosaldata Ø8 15x15
3. MASSETTO IMPIANTISTICO
4. PAVIMENTO IN LISCIATO DI CEMENTO
5. CONNETTORI
6. MURATURA IN LATERIZIO A DUE TESTE
7. CONNETTORE STEEL FIX IN FORO RESINATO
8. TAVOLATO
9. ORDITURA SECONDARIA
10. ARELLATO
11. CONNETTORE vedi scheda DETT

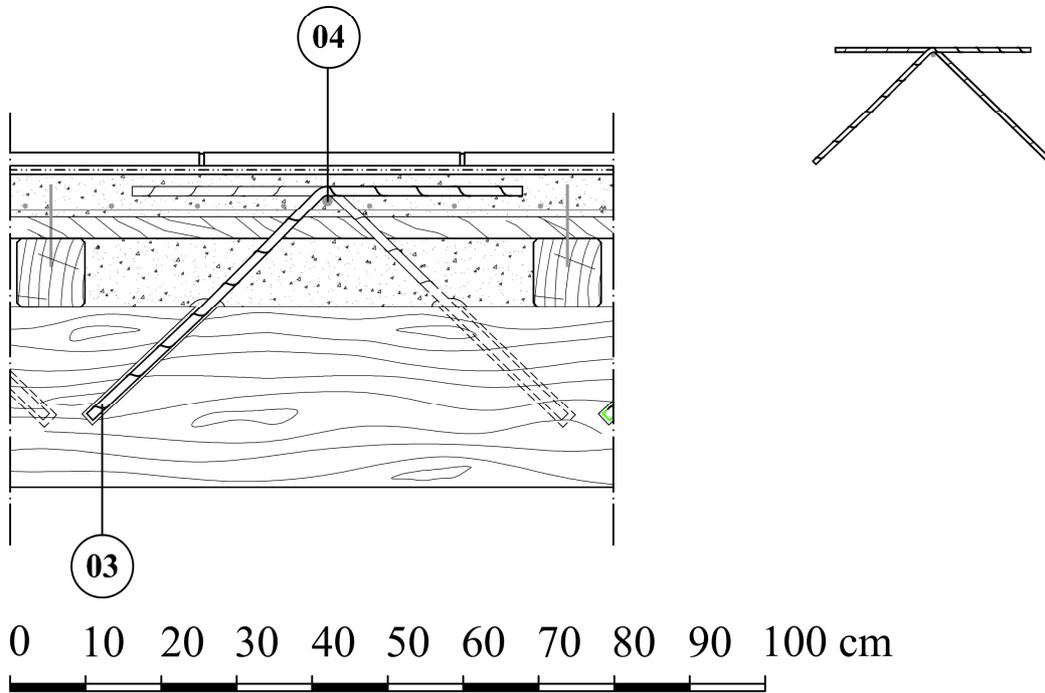


- 01.ORDITURA PRINCIPALE IN LEGNO (Travi 24x24 cm, 8x8 once)
- 02. ORDITURA SECONDARIA IN LEGNO (Travetti 9x9 cm, 3x3 once)
- 03.CONNETTORE A TAGLIO 04
- 04.BOLZONEØ12 IN FORO Ø16 RESINATO
- 05.TAVOLATO
- 06.MASSETTO LECA 1400, rete Ø6, 10x10
- 07.ISOLANTE ACUSTICO  
(Mapefonic System, quadrotte + adesivo cementizio per posa piastrelle)
- 08. PAVIMENTAZIONE

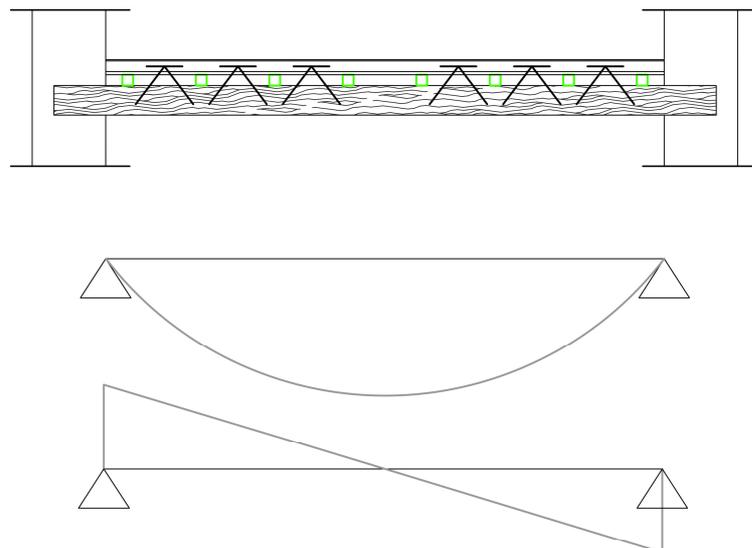
# DETTAGLIO

CONNETTORI A TAGLIO - SCALA 1:10

Scheda  
**DETT2\_post**



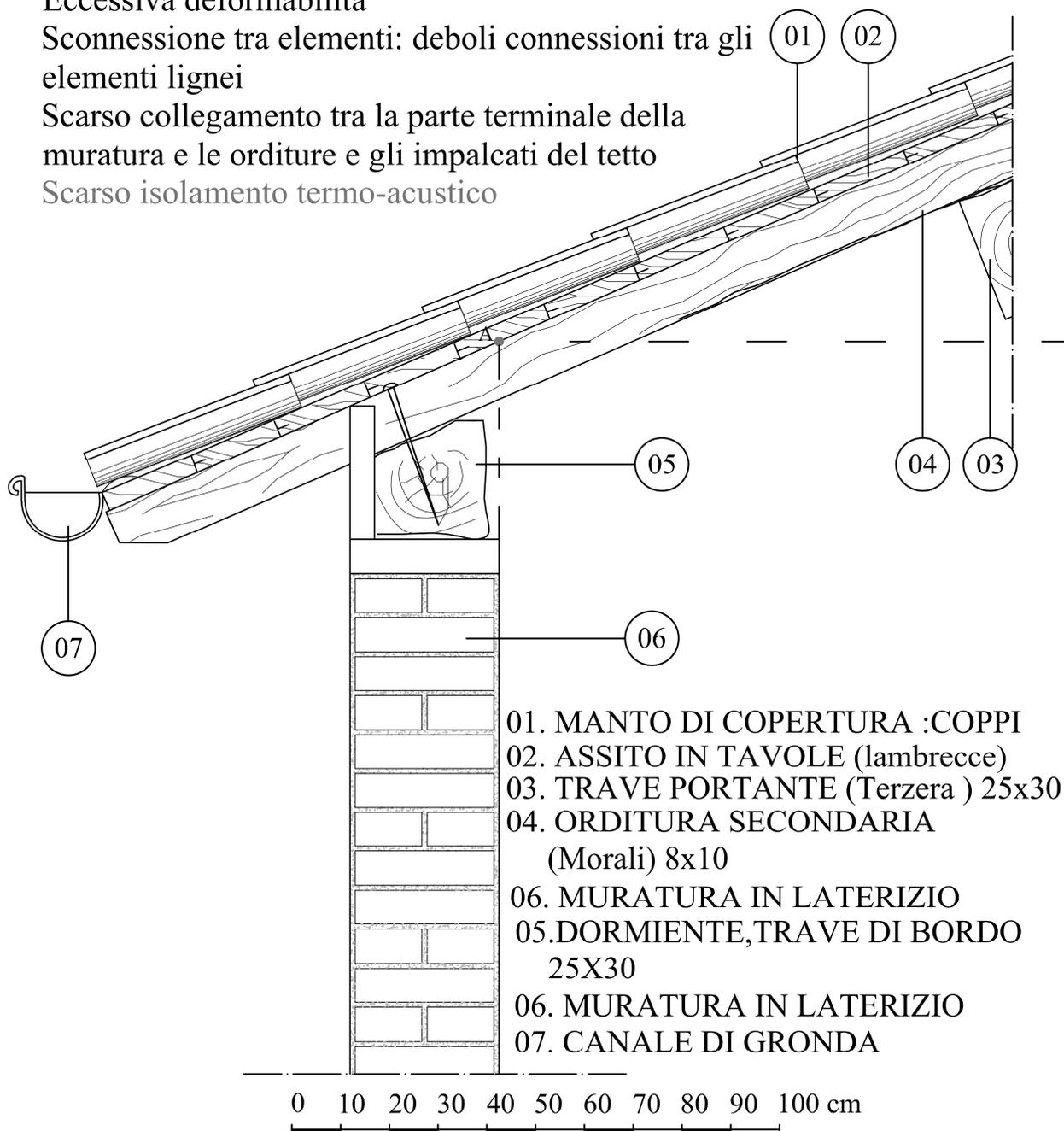
Disposizione dei connettori a taglio  
(3 connettori per semitrave)



L'intervento proposto consiste nell'inserimento di una guaina impermeabilizzante, di uno strato isolante, di una barriera al vapore e di connettori tra i vari elementi lignei e tra gli elementi lignei e la muratura terminale dell'edificio per garantire collaborazione tra tutti gli elementi.

### INADEGUATEZZE PRESTAZIONALI

- Eccessiva deformabilità
- Sconnessione tra elementi: deboli connessioni tra gli elementi lignei
- Scarso collegamento tra la parte terminale della muratura e le orditure e gli impalcati del tetto
- Scarso isolamento termo-acustico



# RIQUALIFICAZIONE

## COPERTURA - GRONDA SEMPLICE

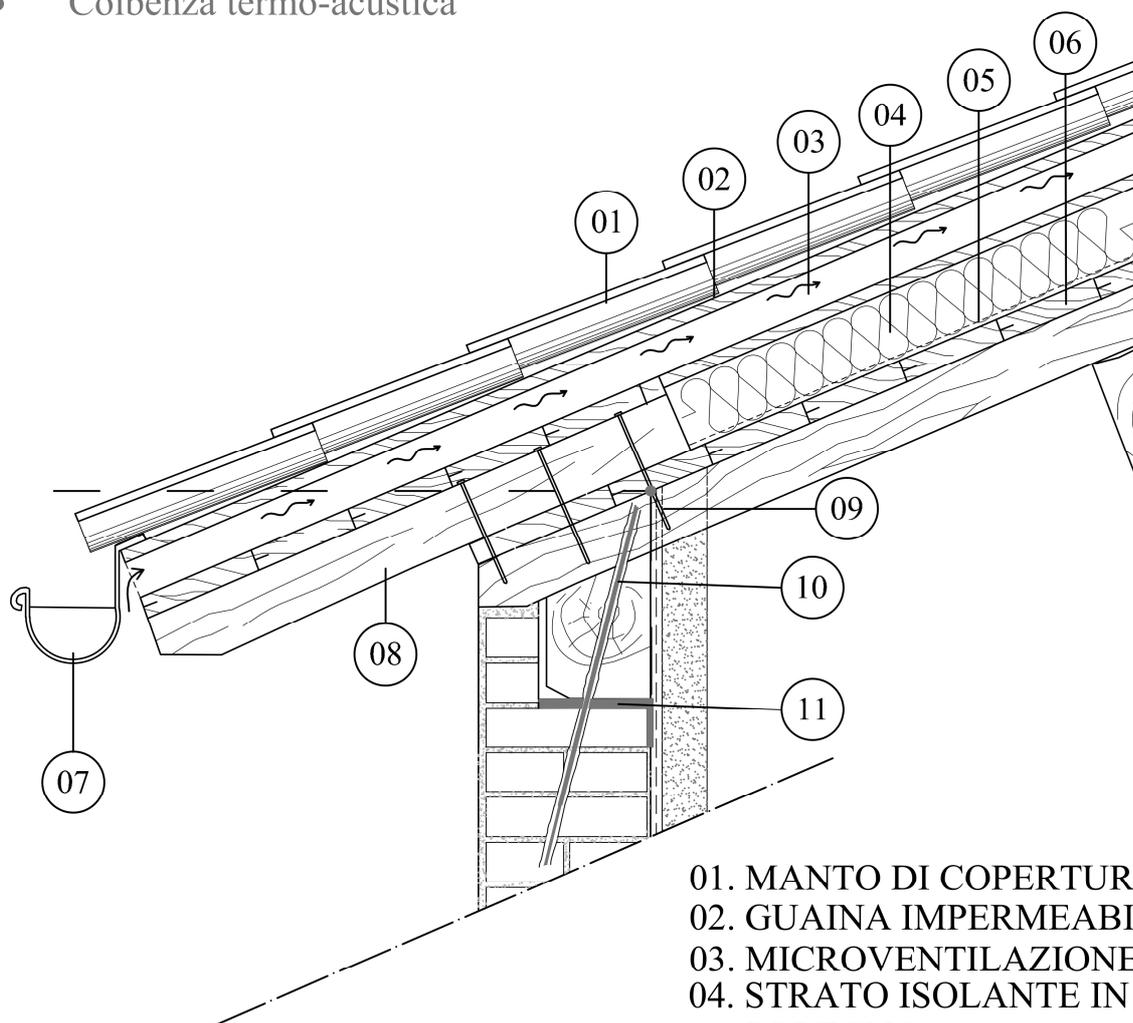
Scheda  
**COP1\_post**

### INTERVENTO/I

1. Connettori

### MIGLIORAMENTO DEI REQUISITI

- Efficace collegamento della copertura alle murature
- Coibenza termo-acustica



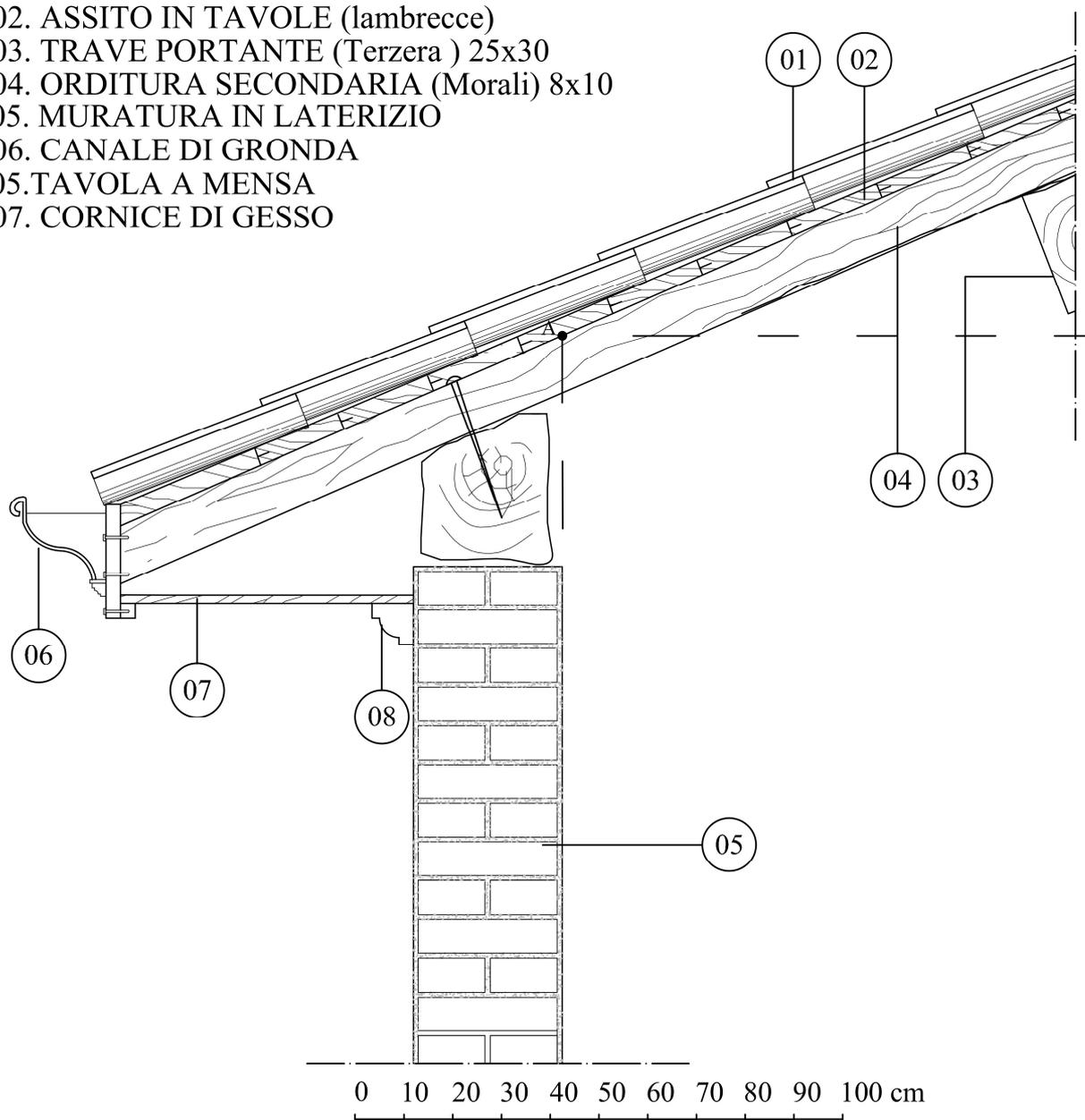
- 01. MANTO DI COPERTURA :COPPI
- 02. GUAINA IMPERMEABILIZZANTE
- 03. MICROVENTILAZIONE
- 04. STRATO ISOLANTE IN FIBRA DI LEGNO
- 05. BARRIERA AL VAPORE
- 06. ASSITO IN TAVOLE (Lambrecce)
- 07. CANALE DI GRONDA
- 08. TRAVETTO ESISTENTE
- 09. CHIODATURA
- 10. Ø 14, FORO Ø 18 RESINATO
- 11. PIASTRA

**SEZIONE SU INTERASSE  
TRAVETTO**

**INADEGUATEZZE PRESTAZIONALI**

- Eccessiva deformabilità
- Sconnessione tra elementi: deboli connessioni tra gli elementi lignei
- Scarso collegamento tra la parte terminale della muratura e le orditure e gli impalcati del tetto

01. MANTO DI COPERTURA :COPPI  
02. ASSITO IN TAVOLE (lambrecce)  
03. TRAVE PORTANTE (Terzera ) 25x30  
04. ORDITURA SECONDARIA (Morali) 8x10  
05. MURATURA IN LATERIZIO  
06. CANALE DI GRONDA  
05.TAVOLA A MENSA  
07. CORNICE DI GESSO



# RIQUALIFICAZIONE

COPERTURA IN LEGNO - SOFFITTO DI GRONDA

Scheda  
**COP2\_post**

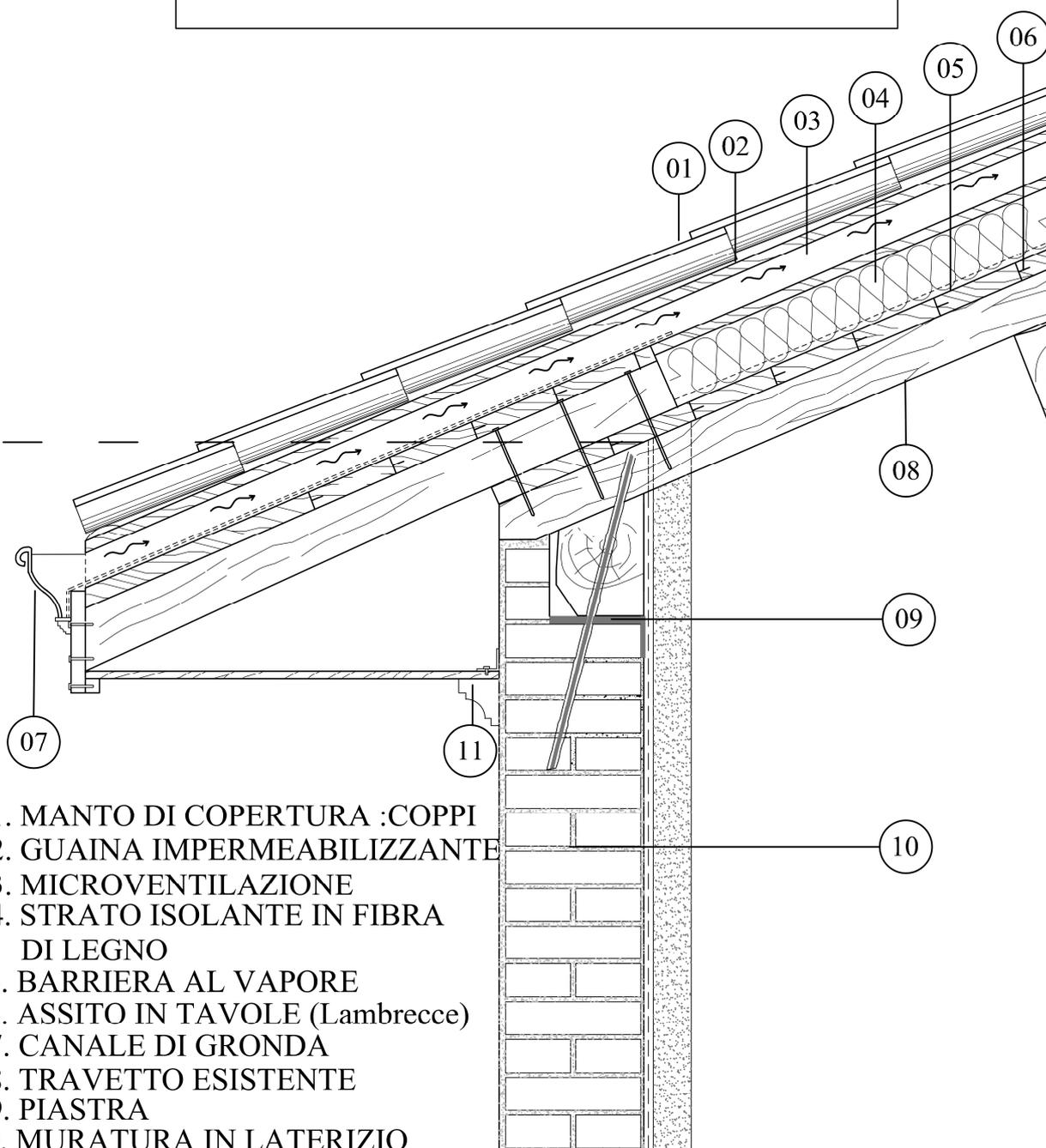
INTERVENTO/I



1. Connettori per collegamento tra gli elementi lignei strutturali del solaio di copertura alle murature perimetrali

**MIGLIORAMENTO  
DEI REQUISITI**

- Efficace collegamento della copertura alle murature

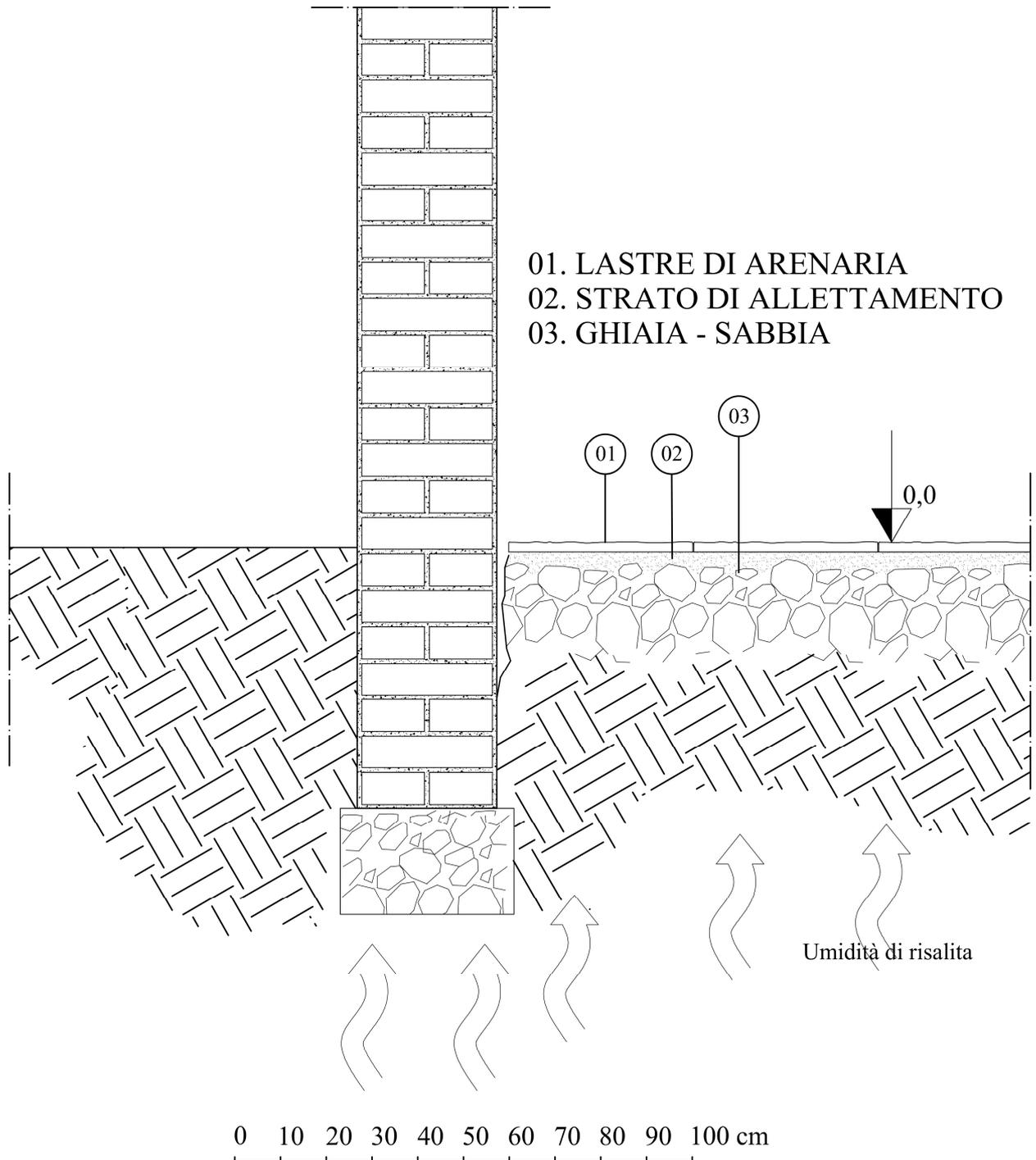


01. MANTO DI COPERTURA :COPPI
02. GUAINA IMPERMEABILIZZANTE
03. MICROVENTILAZIONE
04. STRATO ISOLANTE IN FIBRA  
DI LEGNO
05. BARRIERA AL VAPORE
06. ASSITO IN TAVOLE (Lambrecce)
07. CANALE DI GRONDA
08. TRAVETTO ESISTENTE
09. PIASTRA
10. MURATURA IN LATERIZIO
11. CORNICE DI GESSO  
armata con fibbra

0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 cm

**INTERVENTI SULLE FONDAZIONI**

- Sottomurazioni: lo scopo è quello di attuare un rinforzo alla fondazione esistente accrescendone la base e la profondità di appoggio; consentono di eseguire i lavori intervenendo sul lato esterno della fondazione esistente, senza interessare il piano di calpestio interno dell'edificio
- Scuci e cuci: questa tecnica viene utilizzata in caso di fessurazione e, se quest'ultima è provocata da cedimenti del terreno, può essere attuata solo dopo una stabilizzazione del terreno
- Micropalificazioni
- Ampliamento della fondazione muraria : ha lo scopo di aumentare l'area di appoggio della fondazione e di "abbracciare" il muro di fondazione esistente, conferendogli maggiore compattezza e diminuendo le sollecitazioni sul terreno.



# RIQUALIFICAZIONE

## FONDAZIONE - ATTACCO A TERRA

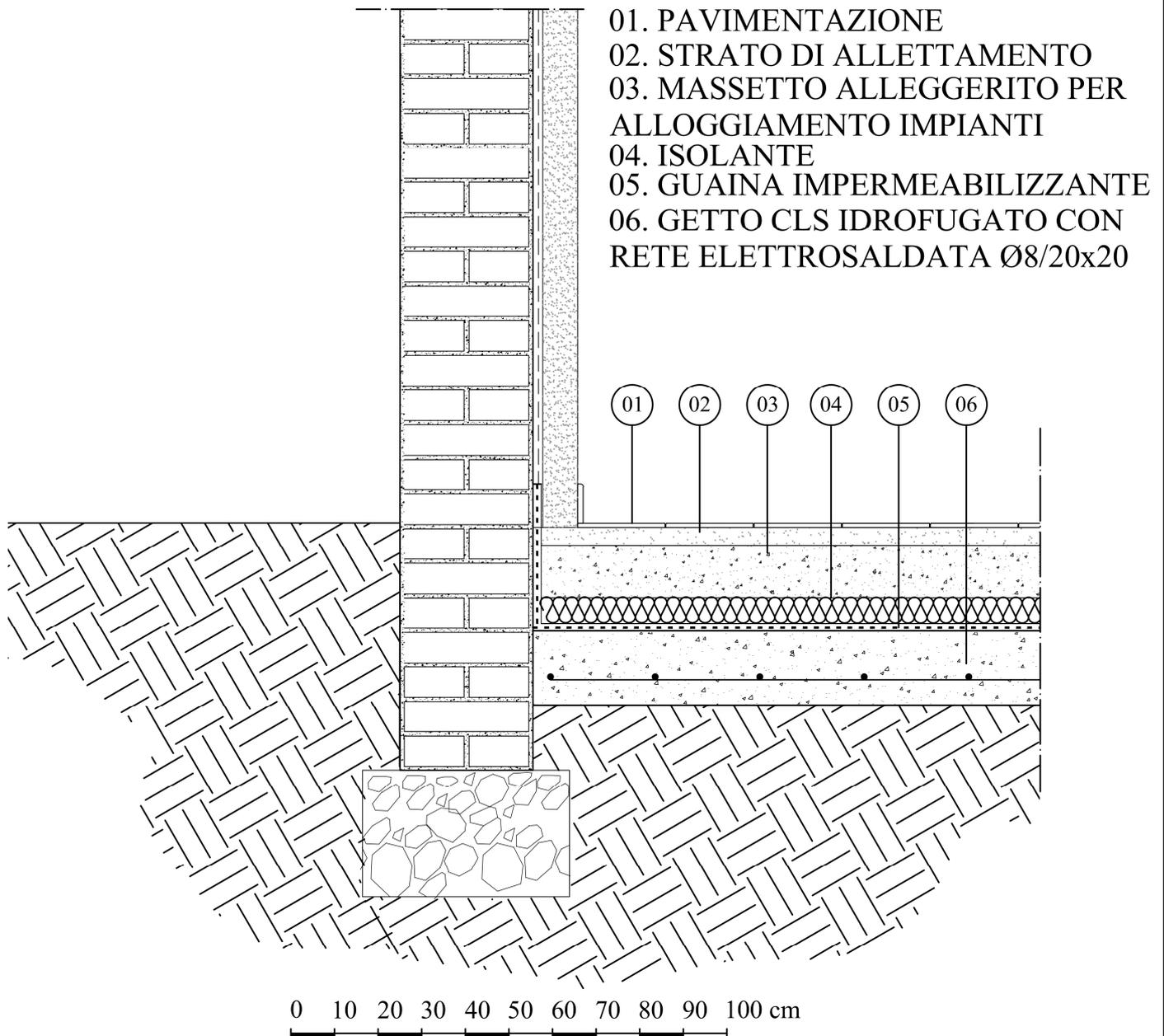
Scheda  
**FOND1\_post**

### INADEGUATEZZE PRESTAZIONALI

- Superficie di appoggio insufficiente rispetto alla portata del terreno e ai carichi trasmessi
- Risalita umidità

### INTERVENTO/I

1. Aumento area di appoggio della fondazione



SEZ. B-B

## 6.LA TIPOLOGIA IN ANALISI:

### 6. CASO DI STUDIO Villa

Arrigona, Moglia, Mantova

Casa Padronale

Corte Rurale aperta

Bassa Pianura

Mantovana



Fig.(121) Corte Arrigona

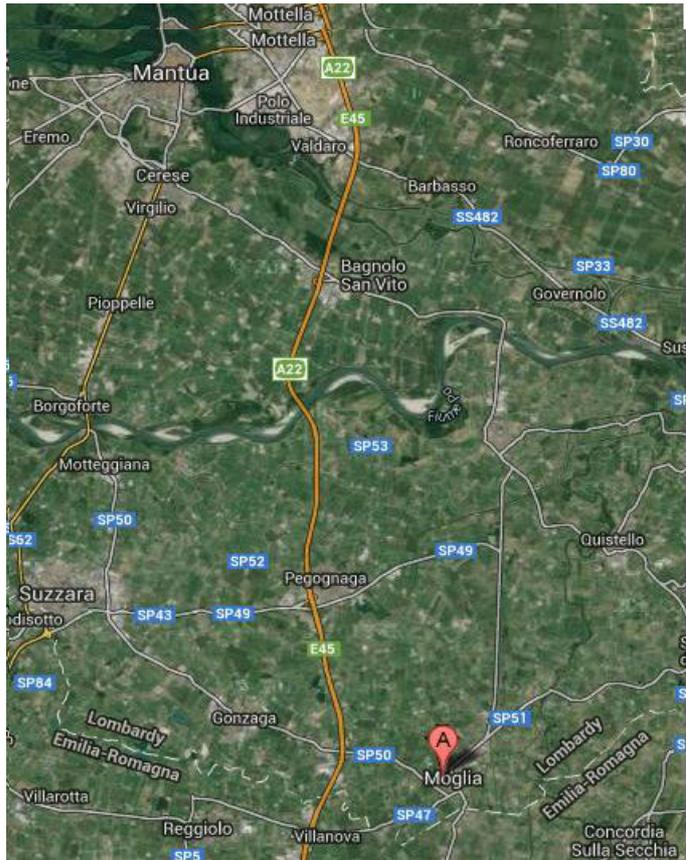


Fig.(122) Moglia, MN [ da <https://maps.google.com/>

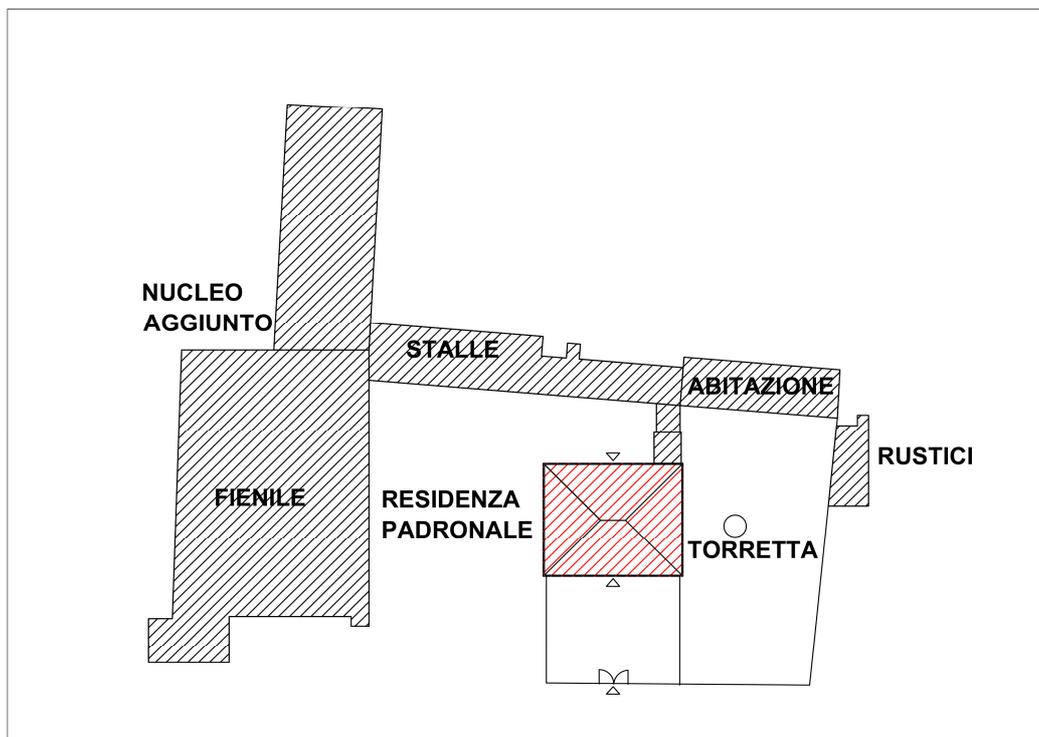




Fig.(123) Fienile



Fig.(124) Abitazioni secondarie



Fig.(125) Stalle

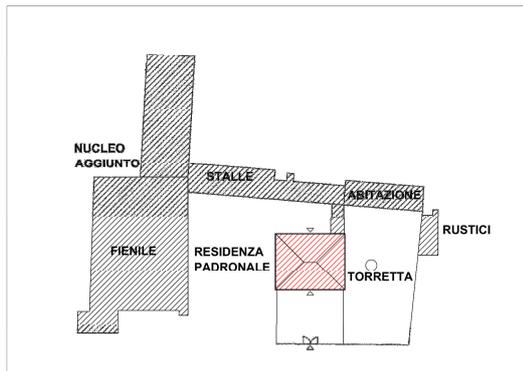


Fig.(126) Casa Padronale



Fig.(127) Torretta

## 6.1 INQUADRAMENTO.

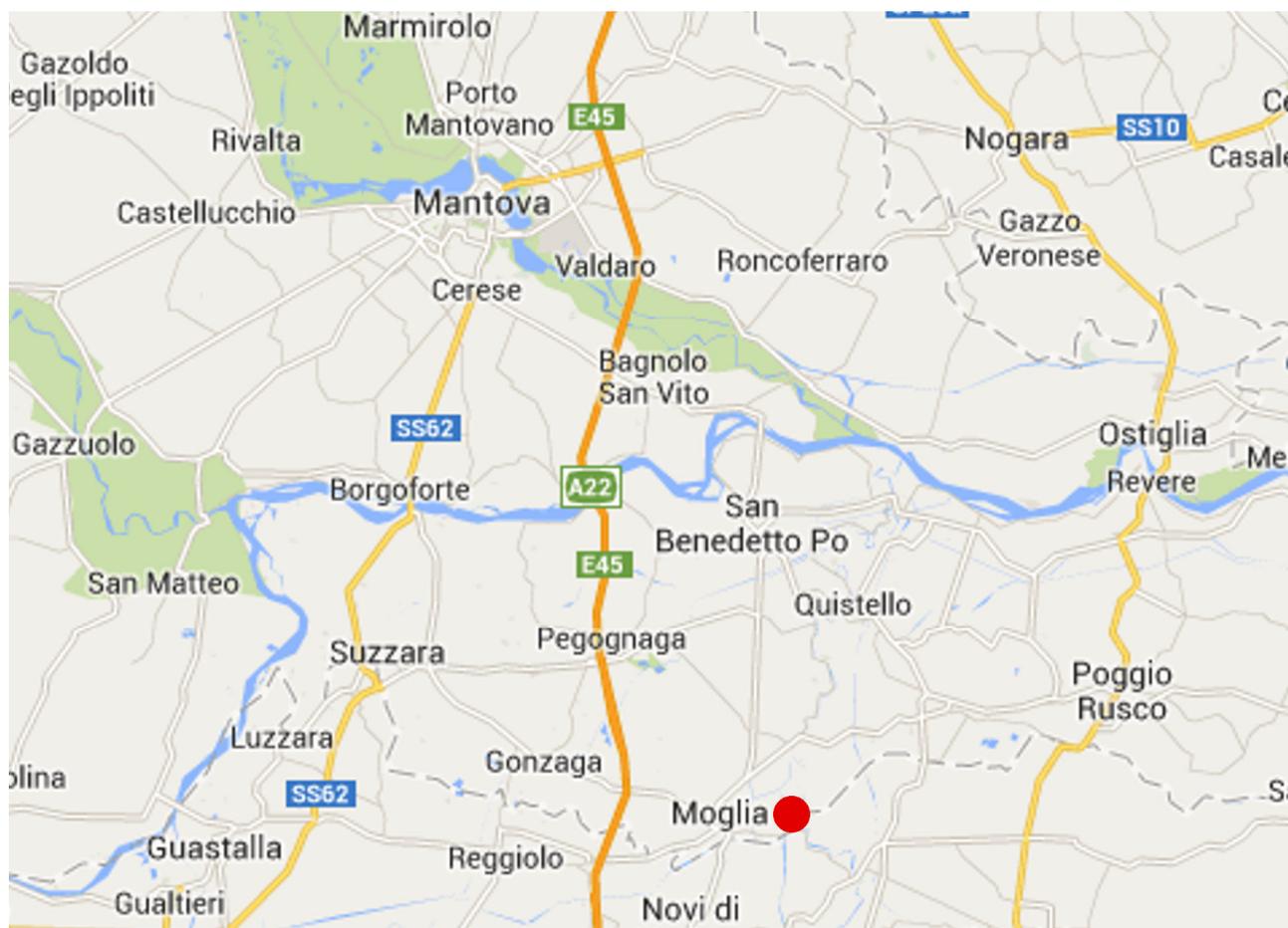


Fig.(128) Moglia, Mantova [da <http://maps.google.it>]

### 6.1.1 CENNI STORICI

“L'origine di Moglia non è certa. E' probabile che (in una zona acquitrinosa e soggetta alle frequenti inondazioni dei fiumi) il borgo primitivo sia sorto agli inizi del 1500 in relazione alle bonifiche ed alle opere di sistemazione idraulica avviate dai benedettini che si erano stabiliti, in un primo tempo, nelle località Casone e Casino. D'epoca precedente non si hanno che notizie relative a lavori di prosciugamento, ad affittanze concesse dal Monastero di S.Benedetto ed al passaggio

ereditario della proprietà del territorio a Ludovico Gonzaga (1450).

Il nome di "Moglia", anticamente "Moleall" o "Moja", definiva probabilmente in epoca medioevale lungo lo stesso asse viario, sul lato settentrionale, a poca distanza dal nucleo precedente, a ovest di esso, mentre piccole case rurali si allineano lungo il lato settentrionale del canale di Moglia.

Il catasto ottocentesco evidenzia uno sviluppo molto limitato rispetto al passato ovvero una semplice compattazione del tessuto edilizio

preesistente con limitatissime espansioni. L'unificazione edilizia dei nuclei, l'accorpamento delle costruzioni attorno alla Chiesa Parrocchiale, ed il loro avanzamento lungo il lato Nord del Canale di Moglia, a sud e ad est, nei pressi dell'incrocio stradale, creato con l'apertura di un ponte sul canale.

Bondanello, nel catasto teresiano, appare invece come un puro aggregato di case sparse, senza unità edilizia. con un piccolissimo nucleo di case a schiera posto alla confluenza tra il canale di Moglia ed il fiume Secchia (borgo scomparso dopo le alluvioni del dopoguerra).

Lo sviluppo di Moglia e Bondanello da piccoli borghi a veri propri "paesi" è un fatto abbastanza recente, realizzatosi in una prima fase agli inizi del 1900 ed in una seconda fase nel dopoguerra.

Il nucleo più antico di Moglia, in seguito all'interramento del vecchio tratto del canale di Moglia è divenuto il centro di una serie di espansioni che si sono sviluppate in tutte le direzioni, soprattutto a nord e ad ovest per quanto riguarda l'edilizia residenziale, (quasi completamente riconducibile al tipo della casa unifamiliare isolata, salvo poche eccezioni di edilizia plurifamiliare a torre, a sud del vecchio nucleo).

Altrettanto si può dire di Bondanello che è cresciuto con edilizia a bassa densità lungo gli assi viari che dalla ansa del Secchia vanno verso nord-ovest e sud-ovest.

Gli edifici rurali storicamente ed architettonicamente più significativi del territorio possono essere considerati :

- la Corte Galvagnina vecchia, costruita nel 1461 dall'architetto Giorgio da Guastalla, decorata e affrescata da G.Romano e dai suoi allievi.

La corte Margonazza, di fondazione medioevale, un tempo proprietà benedettina.

- La corte Gaidella., un tempo proprietà benedettina, con un fondo nel 1650 di 2235 biolche.

- La corte Vecchia, che alcuni identificano con la "Corte della Moglia" citata in documenti rinascimentali.

- Le corti di Coazze, Ambrogia, Girgina, Marca, Casino, Casoni. Catania, di antica fondazione.

Ma la storia urbanistica di Moglia non è soltanto la storia della sua edilizia, è soprattutto la storia dei suoi fiumi, dei suoi canali e delle sue Bonifiche.

Una prima serie documentabile di opere idrauliche è quella che risale ai Benedettini, in epoca tardo medioevale, che comprende probabilmente modifiche al corso del Secchia e la soppressione di un antico corso del Po (il Bondeno), nonché opere di prosciugamento, di arginamento, di bonifica agraria e di costruzione di chiaviche (Borsone, Bellone nella prima metà del XV sec.).

Una seconda serie riguarda il canale di Moglia, o canale Pamigiana-Moglia, o Cavo-

Fiuma, la cui individuazione risale al periodo medievale e di cui non è possibile con certezza affermare l'origine naturale o artificiale.

Sono documentati invece lavori di arginatura intrapresi dai Gonzaga nel 1553, con l'incanalamento per lo sbocco a Bondanello nella Secchia (1598) e altri in epoca successiva, tra cui la costruzione di un ponte in legno a Moglia nel 1753, di un ponte in muratura in epoca napoleonica (ricostruito nel 1899) e la rettifica dell'ansa che correva dentro il capoluogo (terminata nel 1938).

A tali opere si aggiunge il grande stabilimento idrovoro delle Mondine costruito dopo la guerra 1915-1918 e le grandi-bonifiche del 1901-1907 e del 1929;

le bonifiche dell'Agro-Mantovano-Reggiano che iniziano con la botte di Borziero Po; la bonifica Parmigiana Moglia, a destra del Cavo-Fiume da "fosso". In seguito passò ad indicare pure la "Corte della Moglia", identificata da alcuni con la "Corte Vecchia" e da altri con la "Galvagnina Vecchia", che con le sue dipendenze appartenne prima ai Bonacolsi e poi ai Gonzaga.

La corte della Moglia godette di speciali privilegi tributari, poi estesi alla Ca' Vecchia ed alla Ca' de Coppi (già costituita nel 1452 e tuttora esistente) e nel 1551 fu ceduta dal Duca Guglielmo al Monastero di San Benedetto mentre si dava avvio al "Canal de la Moja" (terminato nel 1589) per condurre le

acque dalla omonima corte alla "Chiaverze del Bondanel" (terminata probabilmente nel 1595). Il territorio della Corte della Moglia con la Corte Nuova venne alienato dal Monastero nel 1659 ai Marchesi Riva che ne furono proprietari fino all'800.

Il territorio di Moglia, dopo essere appartenuto ai Gonzaga prima ed al Monastero di Polirone poi, conobbe il dominio degli Spagnoli, degli Austriaci (dal 1747); seguì le sorti della Lombardia durante il periodo Napoleonico per ritornare agli Austriaci nel 1815. Fu integrato nel Regno d'Italia nel 1866 e divenne comune autonomo nel 1877, dopo essere stato incorporato a Gonzaga. Alla fine del 1700 (Catasto Teresiano) Moglia non ha ancora la dimensione di un paese: si presenta piuttosto come un piccolissimo borgo rurale, posto lungo un unico asse viario che piega a gomito a contatto col canale di Moglia (vecchio tratto, ora interrato). Il nucleo più compatto è formato da una serie di case a schiera, porticate verso la strada, con piccoli cortili interni aperti verso la campagna, che occupano soltanto il lato nord della strada, mentre il lato Sud è occupato dalla Chiesa Parrocchiale e dai suoi annessi.”

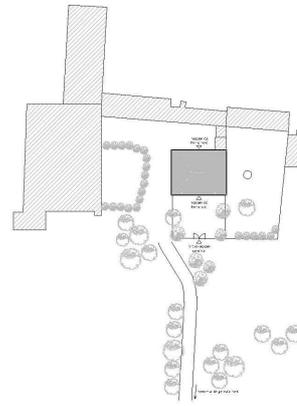
[da Piano delle Regole Comune di Moglia (MN) Piano di Governo del Territorio ]

# EDIFICIO PADRONALE

## VILLA ARRIGONA

Corte Rurale aperta

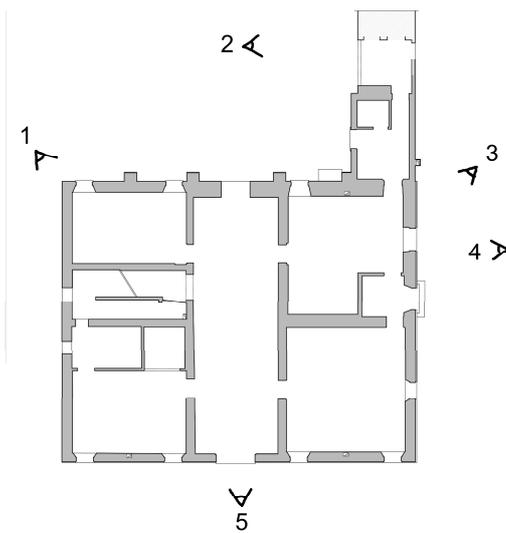
Moglia, Mantova



VISTA 1



VISTA 2



VISTA 3

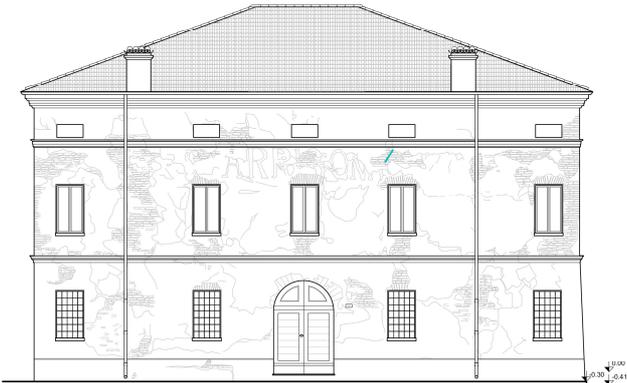


VISTA 5



VISTA 4

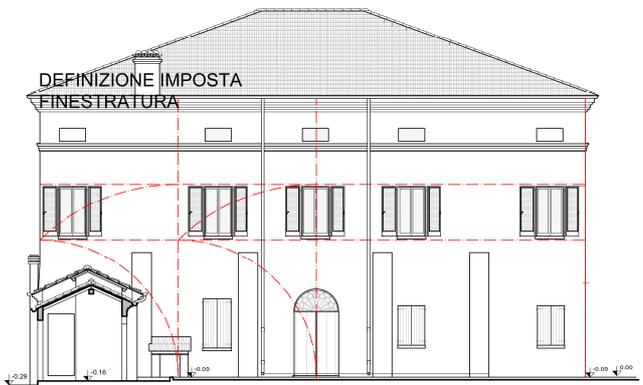
TRACCIATI REGOLATORI PROSPETTO PRINCIPALE



PROSPETTO SUD

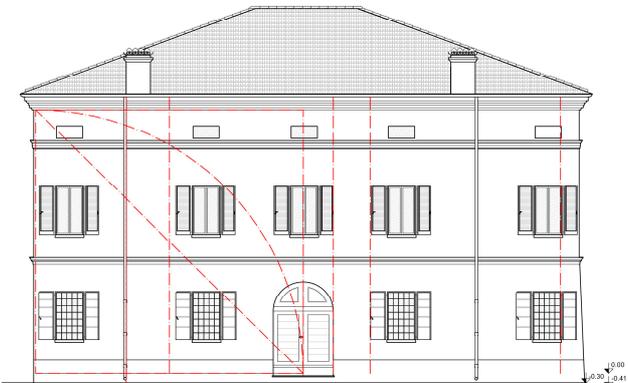


PROSPETTO SUD



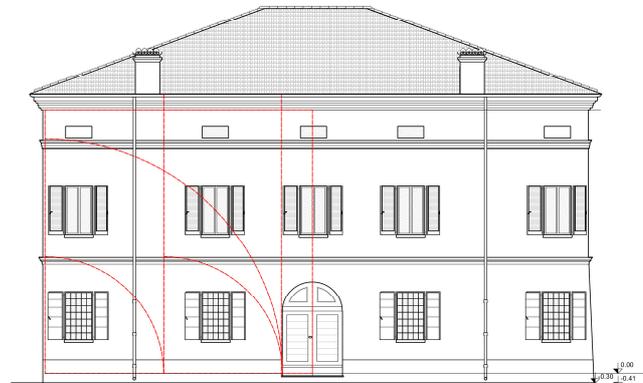
PROSPETTO NORD

DEFINIZIONE PROPORZIONI FACCIATA



PROSPETTO SUD

DEFINIZIONE CORNICI



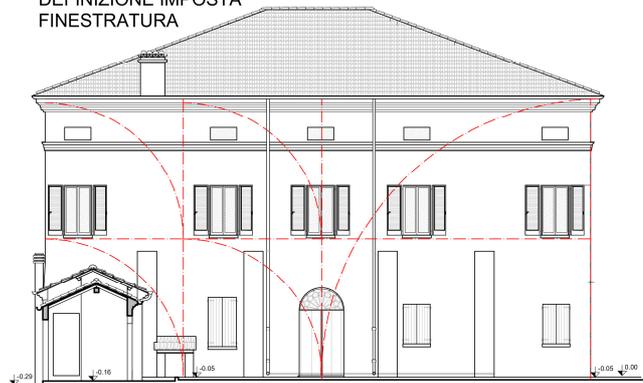
PROSPETTO SUD

DEFINIZIONE CORNICI



PROSPETTO NORD

DEFINIZIONE IMPOSTA  
FINESTRATURA



PROSPETTO NORD



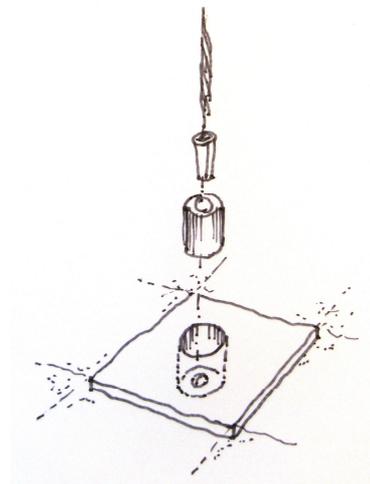
L'edificio si trova a Moglia provincia di Mantova ad un'altitudine di 20 m slm.  
 Impianto originario di circa fine 'Ottocento.  
 L'edificio, nelle sue aggregazioni, si sviluppa in altezza su due livelli,più un sottotetto ; è realizzato con muratura di laterizio,mentre gli orizzontamenti, , sono in legno (con travi a semplice o a doppia orditura) e in acciaio (con putrelle).



Fig. (129) Piastra sistema di bloccaggio tirante

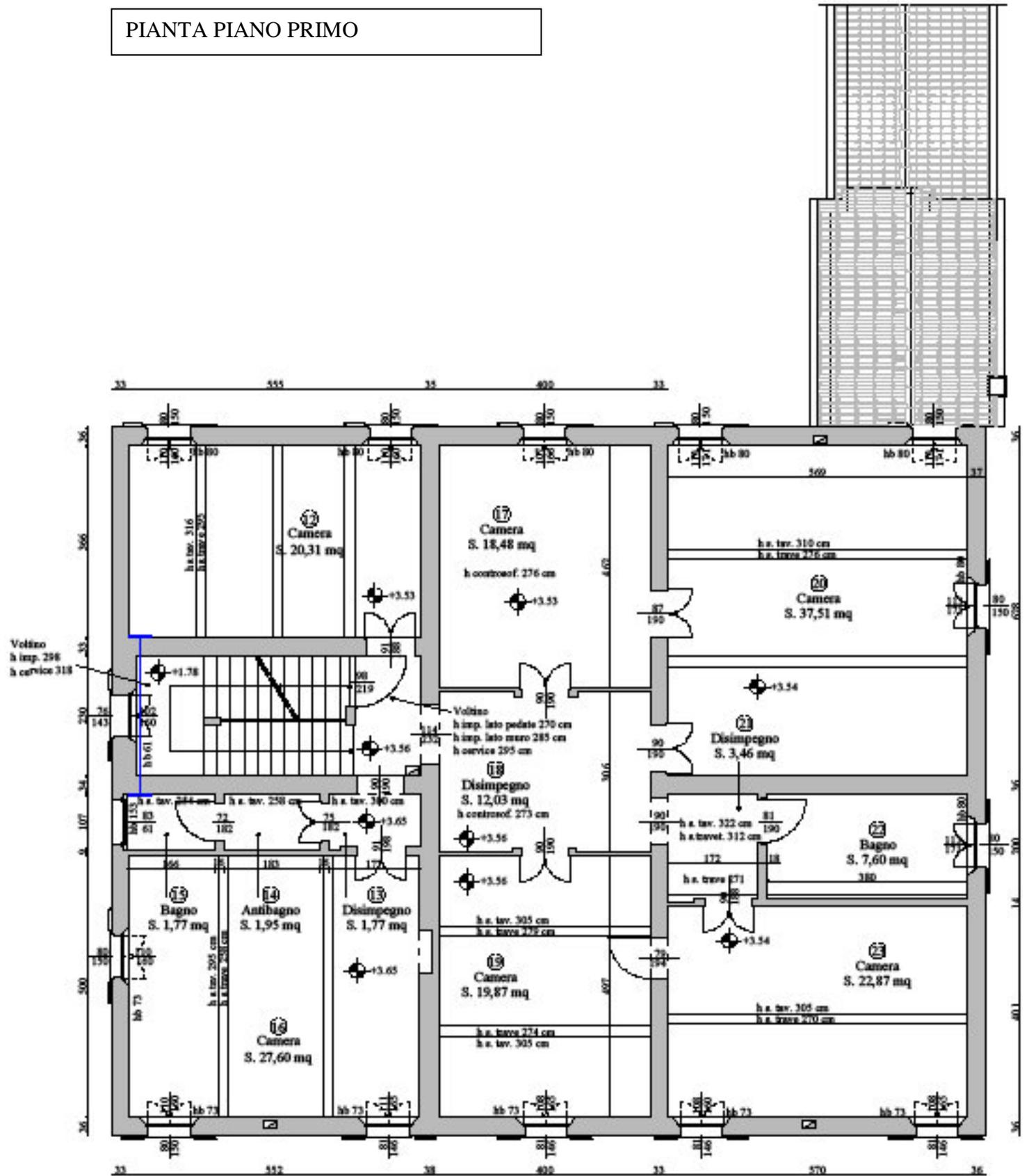
**STATO DI FATTO DELL'EDIFICIO**

Presenza di Tiranti relativi ad intervento post sisma  
 Situazione del sottotetto e solaio primo piano.



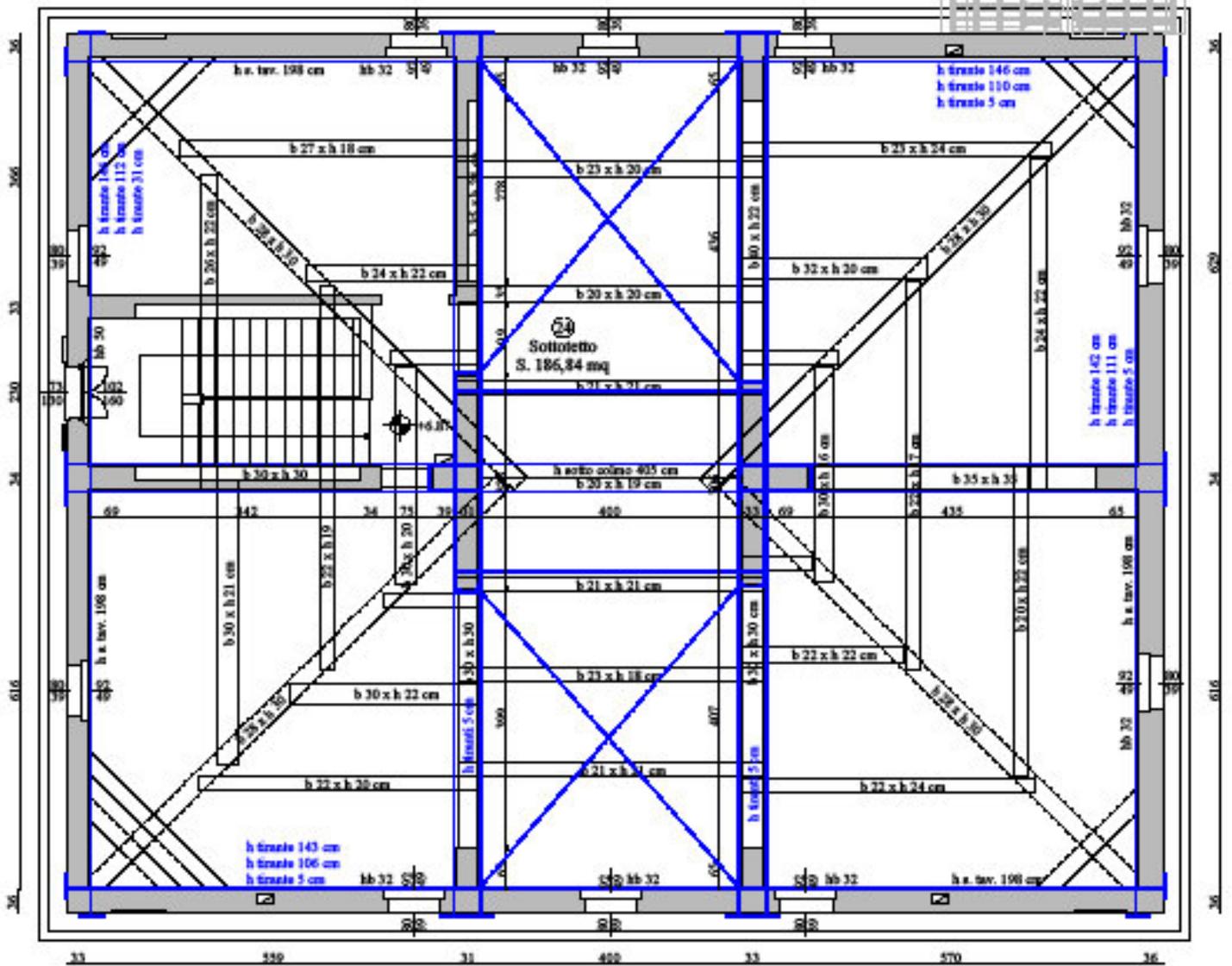


PIANTA PIANO PRIMO



PIANTA PIANO PRIMO

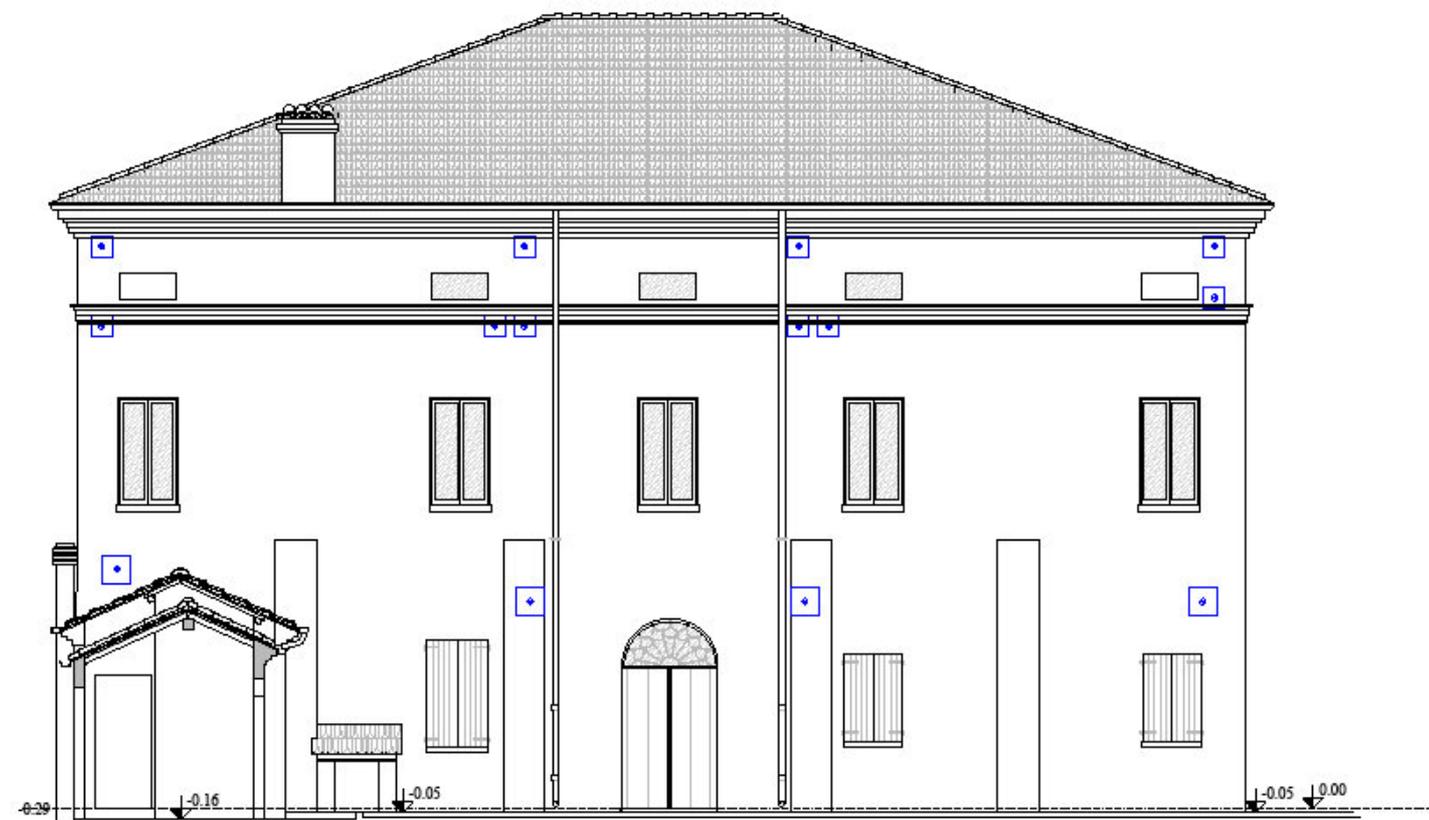
PIANTA PIANO SOTTOTETTO



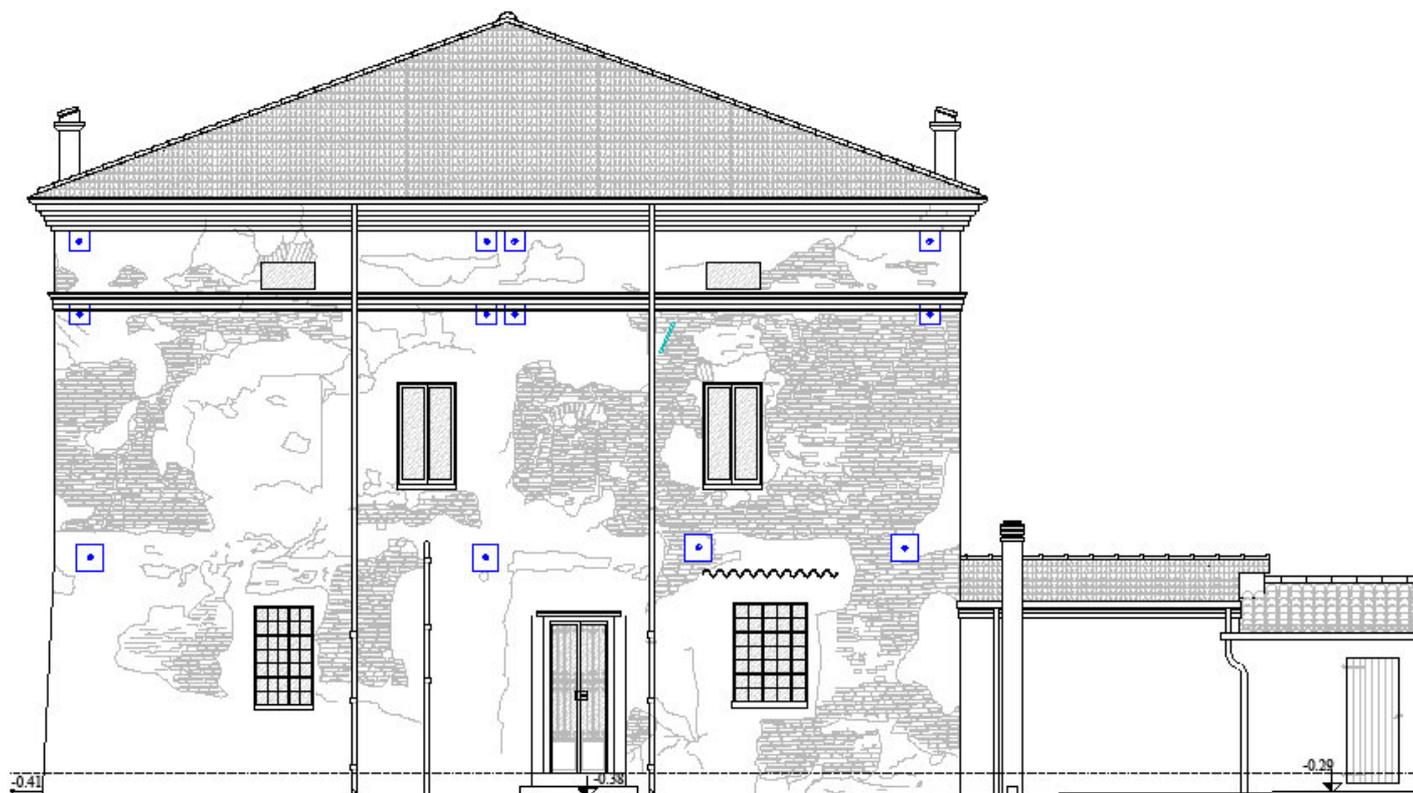
PIANTA SOTTOTETTO



PROSPETTO SUD



PROSPETTO NORD



PROSPETTO EST



PROSPETTO OVEST

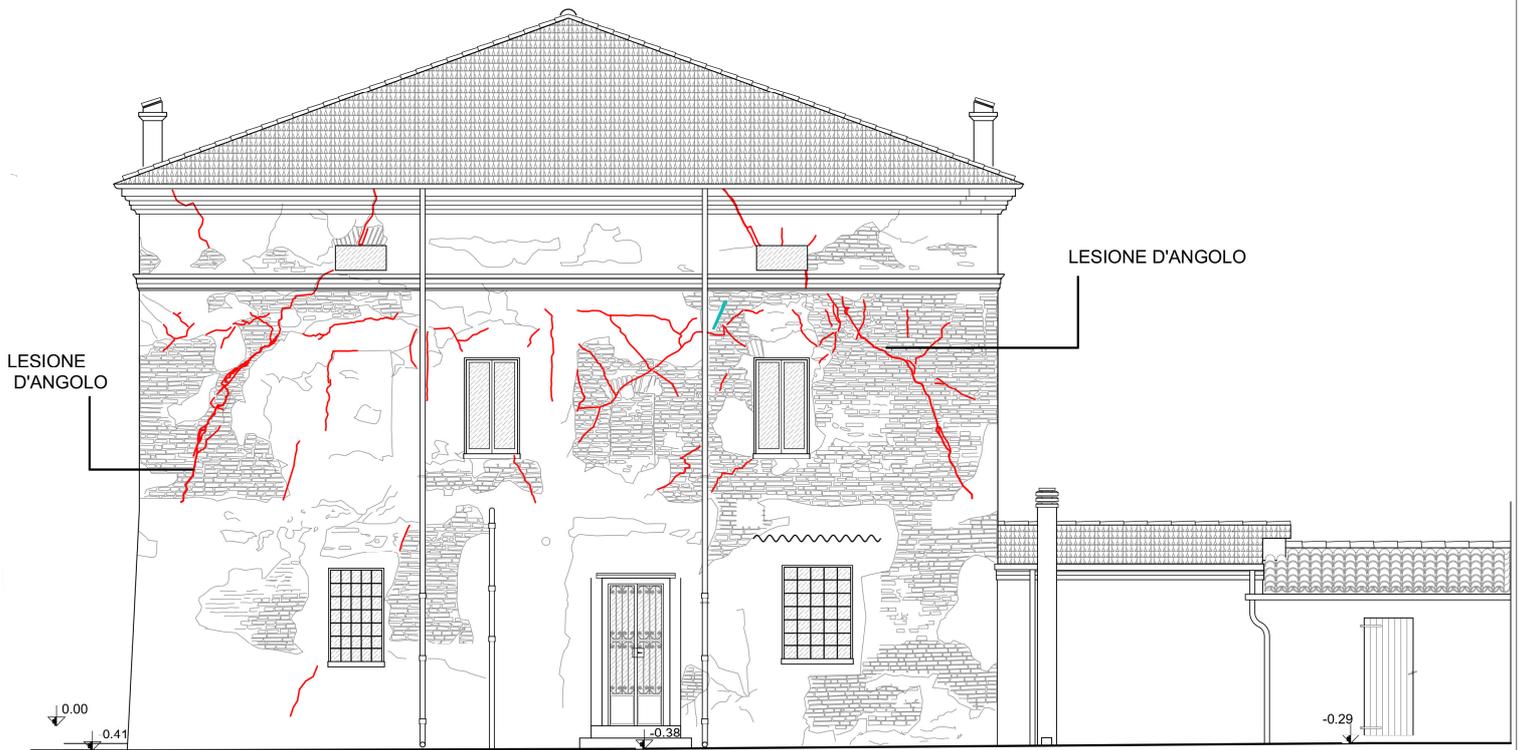
# QUADRI FESSURATIVI



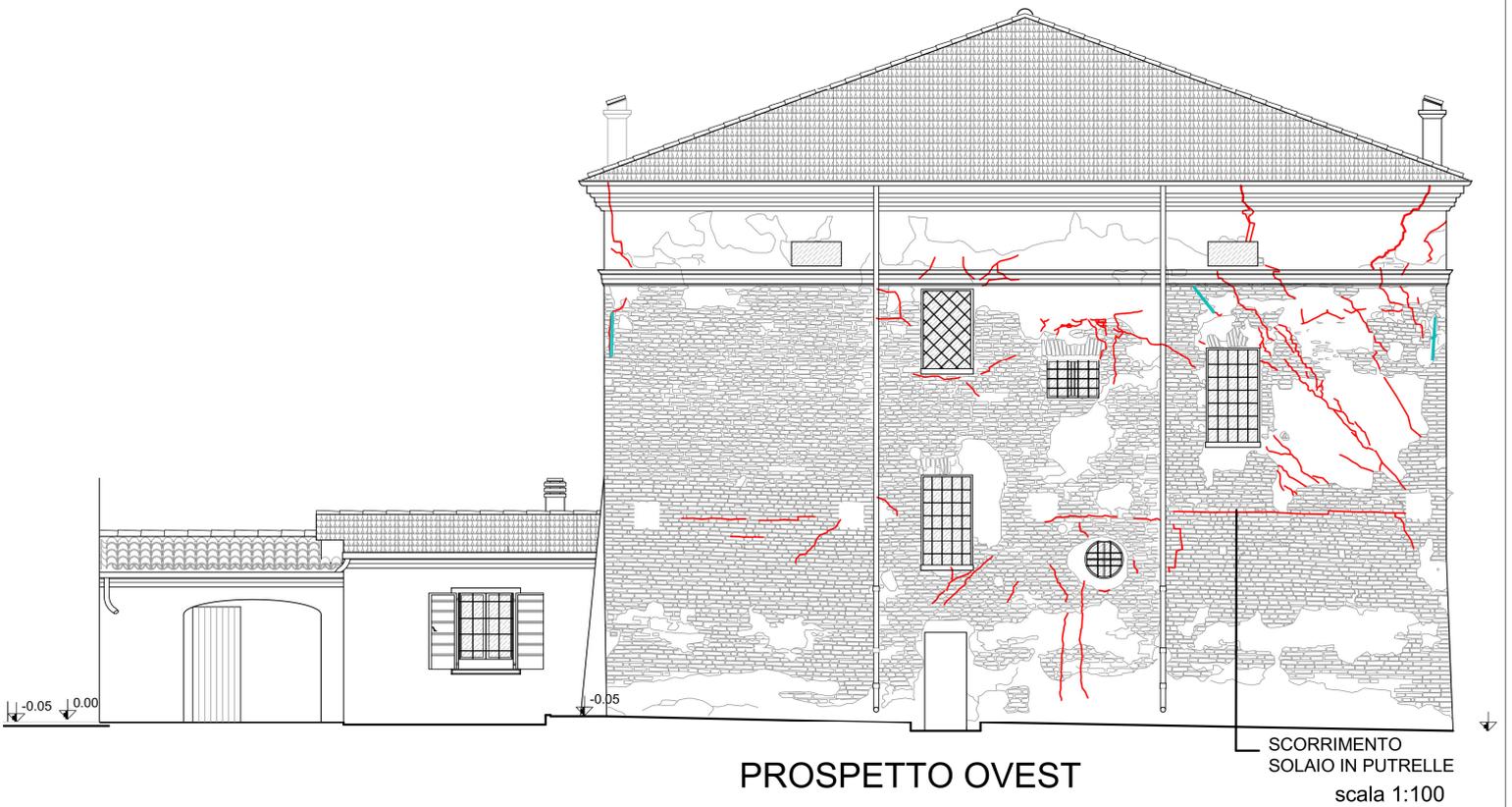
# PROSPETTO SUD



# PROSPETTO NORD



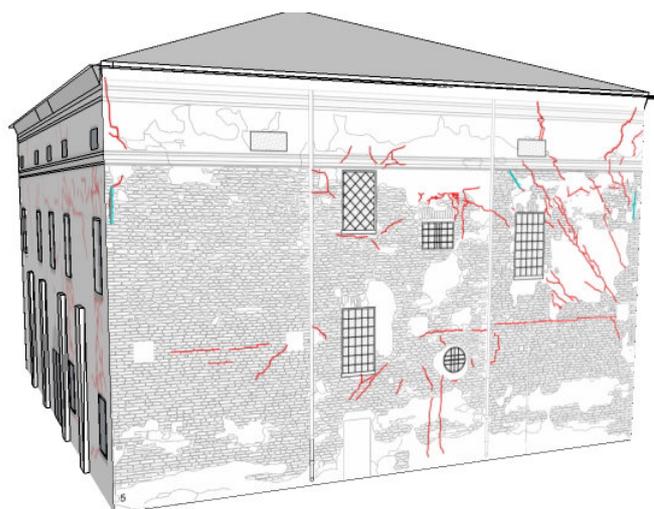
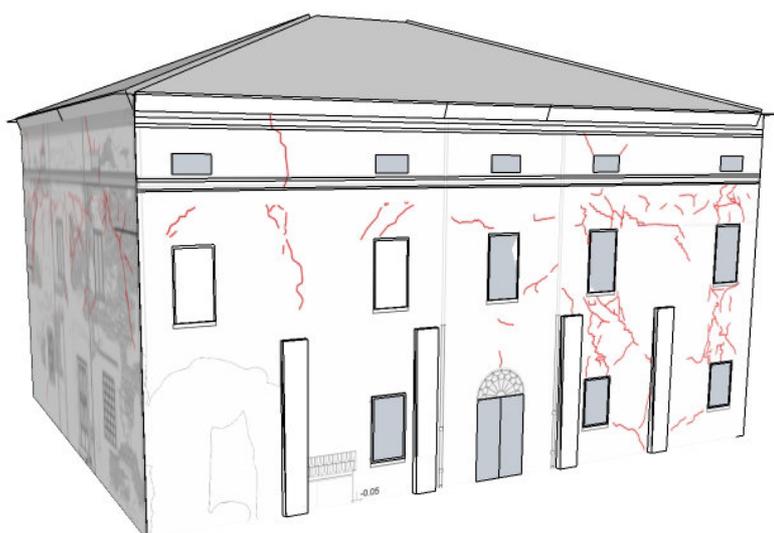
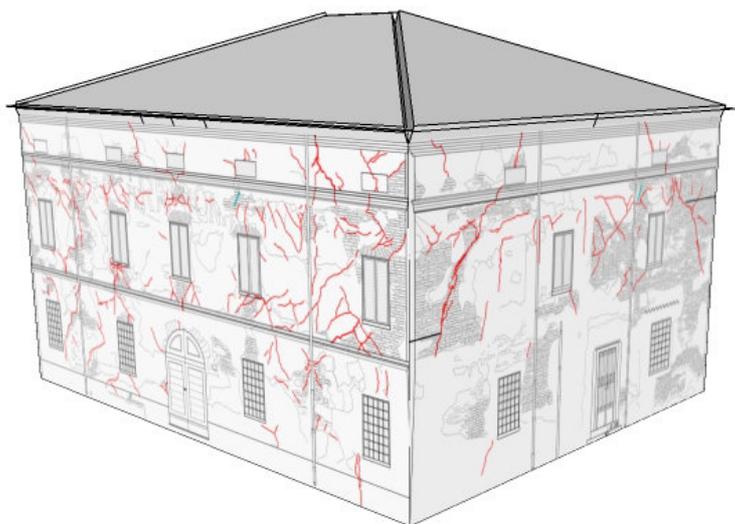
PROSPETTO EST



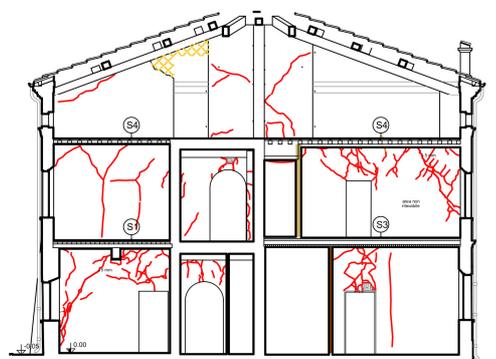
PROSPETTO OVEST

SCORRIMENTO  
SOLAIO IN PUTRELLE  
scala 1:100

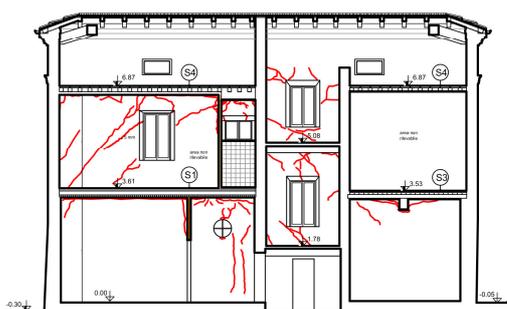
## VISTE ASSONOMETRICHE DEI QUADRI FESSURATIVI



# QUADRI FESSURATIVI



SEZIONE 2-2'



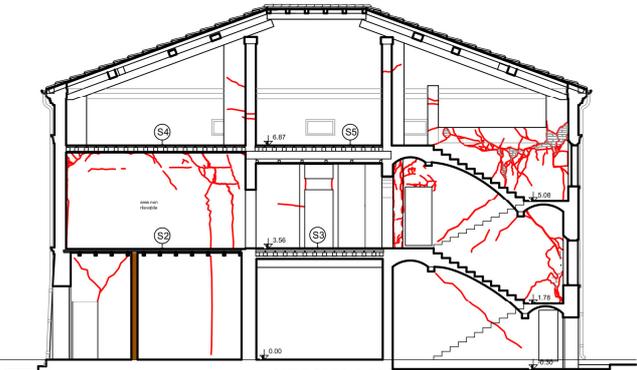
SEZIONE 1-1'



SEZIONE 3-3'



SEZIONE 4-4'



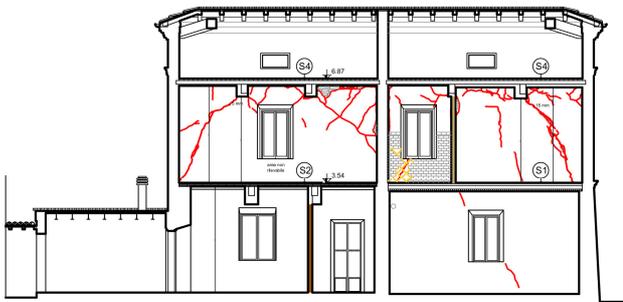
SEZIONE 8-8'



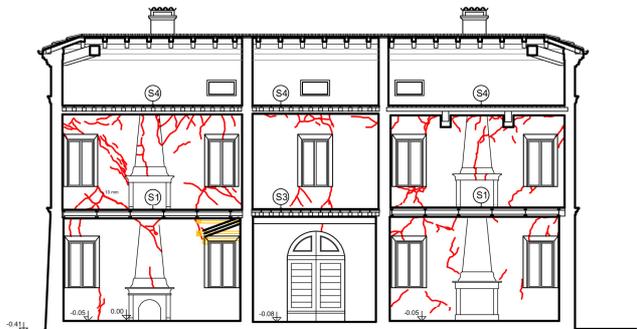
SEZIONE 5-5'



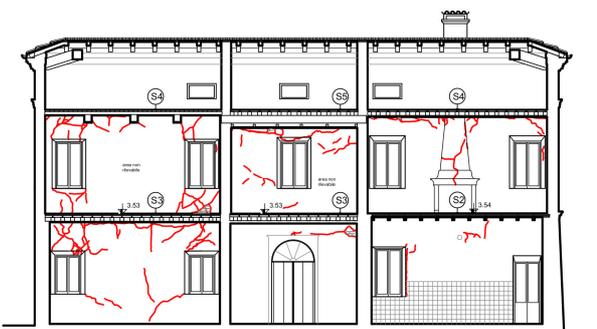
SEZIONE 9-9'



SEZIONE 6-6'



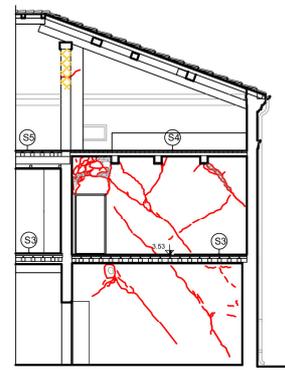
SEZIONE 10-10'



SEZIONE 7-7'



SEZIONE 12-12'



SEZIONE 11-11'

INDAGINI E CAROTAGGI SULLE MURATURE



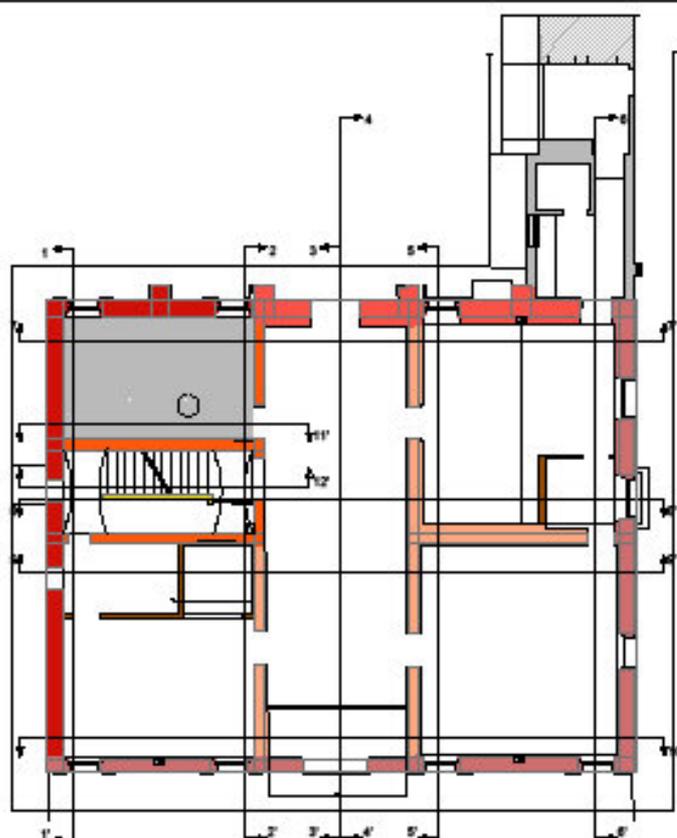
INDAGINI E CAROTAGGI SUI SOLAI



# TIPOLOGIE DELLE MURATURE

## MATERIALI E SISTEMI COSTRUTTIVI DELLE MURATURE

-  Muratura portante in laterizio pieno, spessore 3 teste
-  Muratura portante in laterizio pieno, spessore 3 teste, con affiancato paramenti non portanti di notevole spessore
-  Muro a scarpa portante in laterizio pieno, spessore 2/3 teste
-  Muratura portante in laterizio pieno, spessore 2 teste
-  Muratura portante in laterizio pieno, spessore 2 teste, con affiancato paramenti non portanti di notevole spessore
-  Muratura portante in laterizio pieno, spessore 1 testa
-  Muratura in laterizio, disposizione a pietra in foglio
-  Tramezzi in laterizio forato
-  Voltine a botte a una testa



PIANTA PIANO TERRA



SEZIONE 1-1'

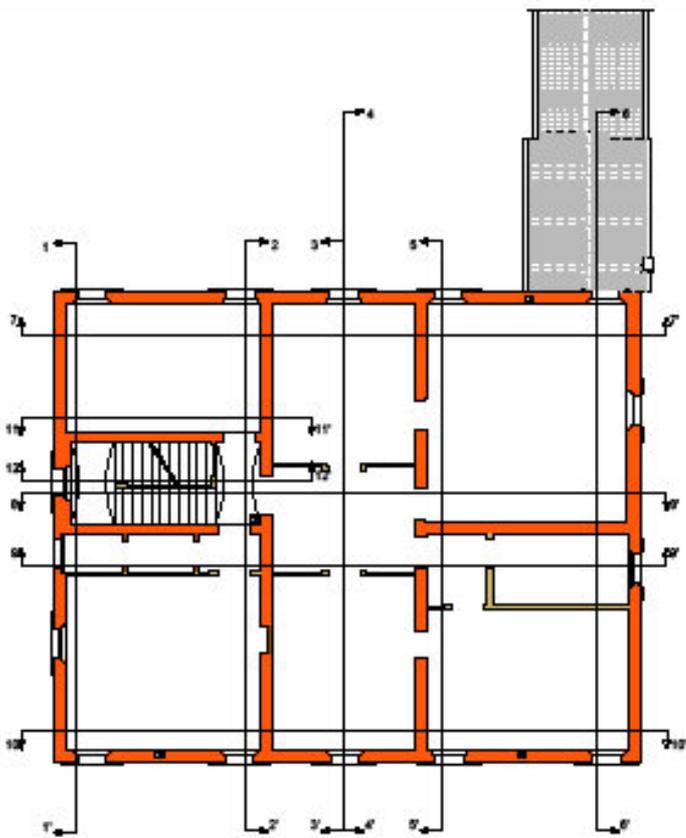
SEZIONE 3-3'

SEZIONE 5-5'

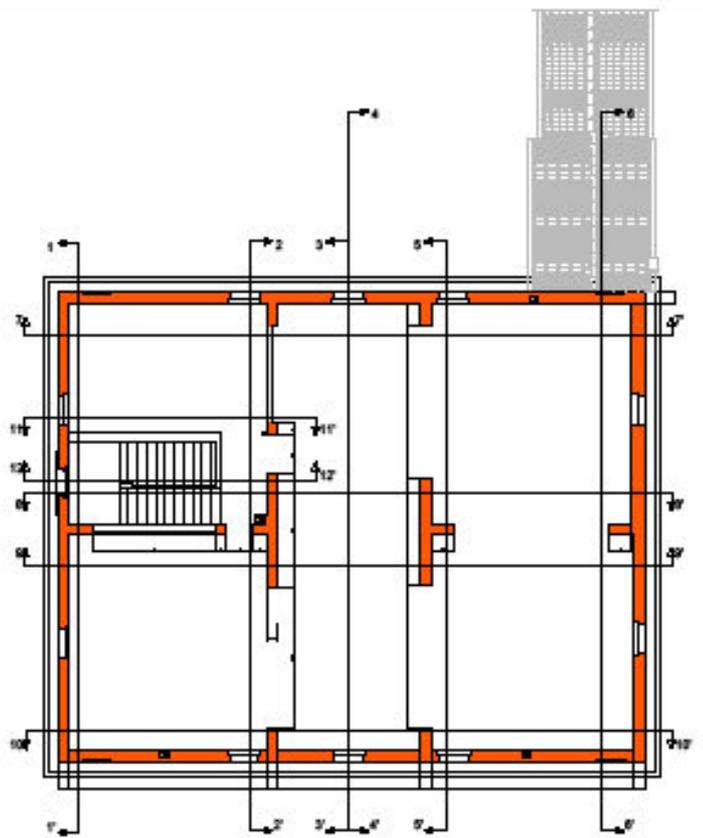
SEZIONE 2-2'

SEZIONE 4-4'

SEZIONE 6-6'

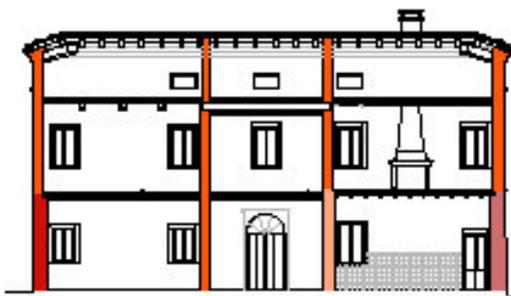


PIANTA PIANO PRIMO



PIANTA SOTTOTETTO

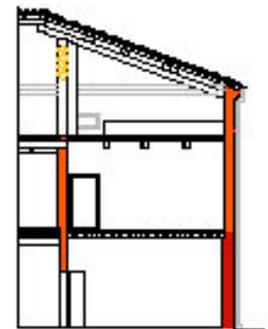
scala 1:200



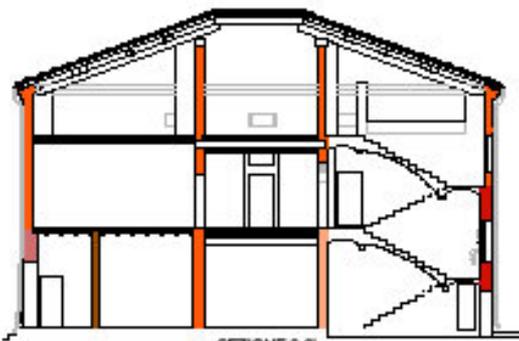
SEZIONE 7-7



SEZIONE 9-9



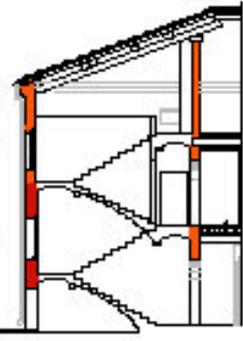
SEZIONE 11-11'



SEZIONE 8-8'

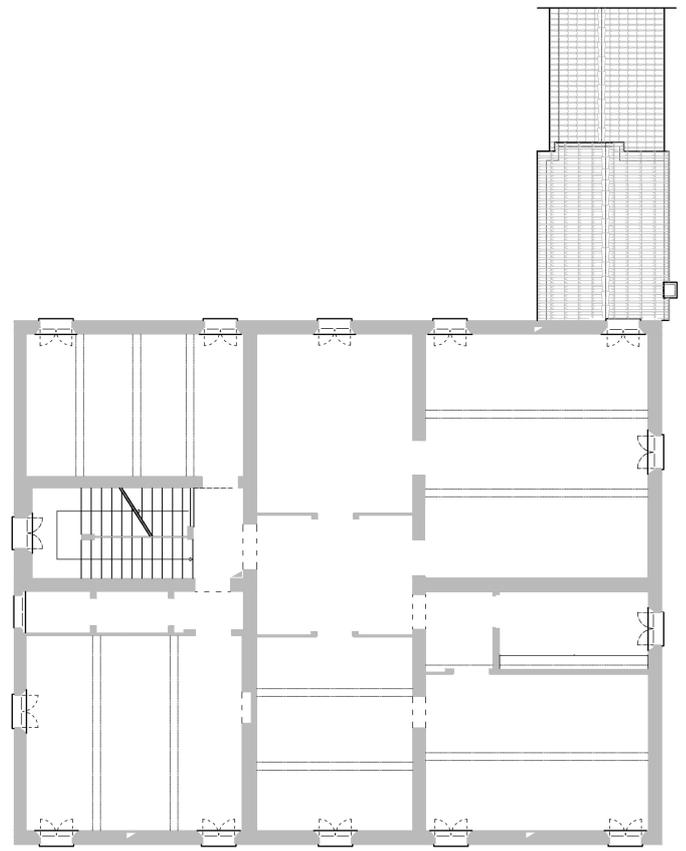
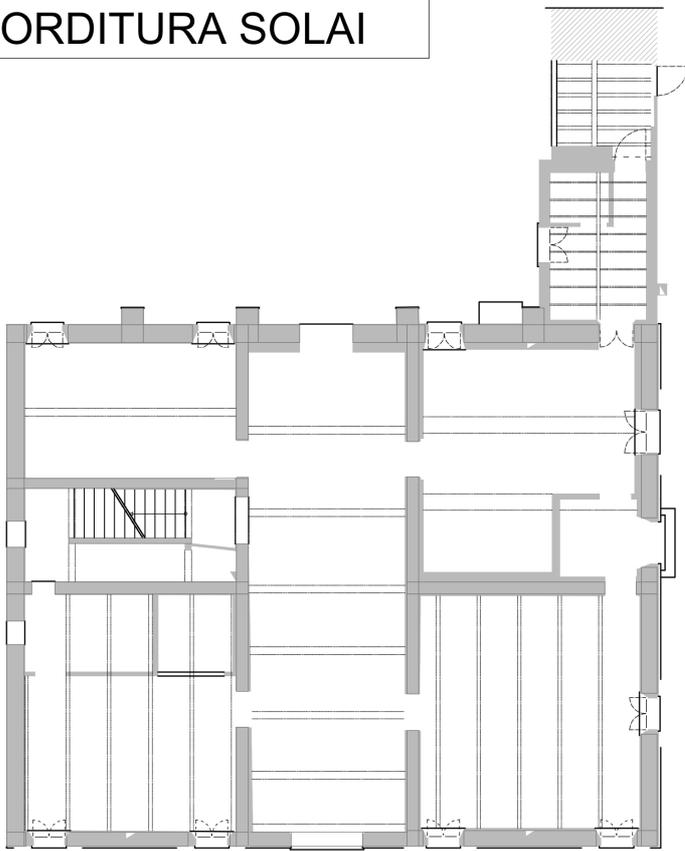


SEZIONE 10-10'



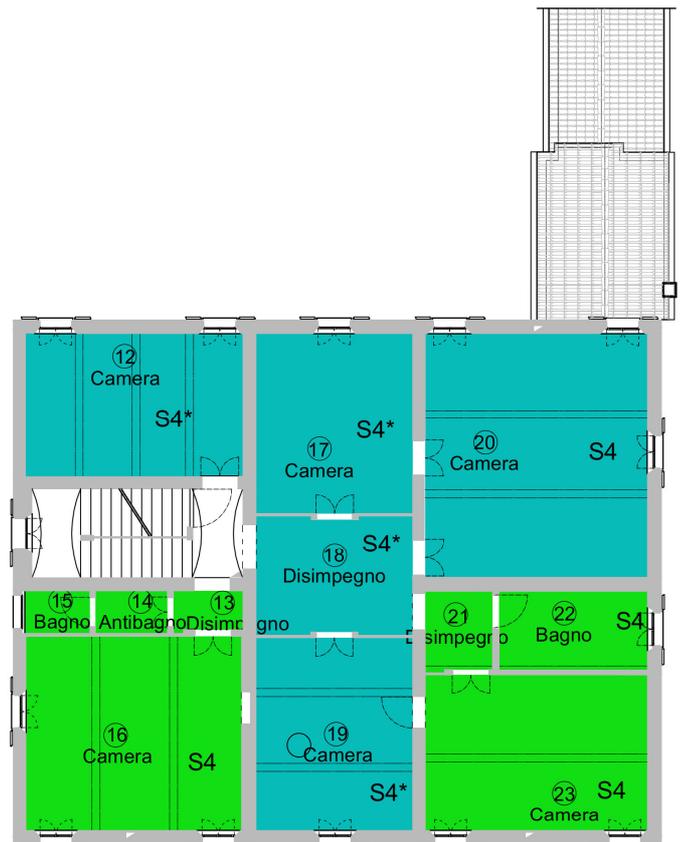
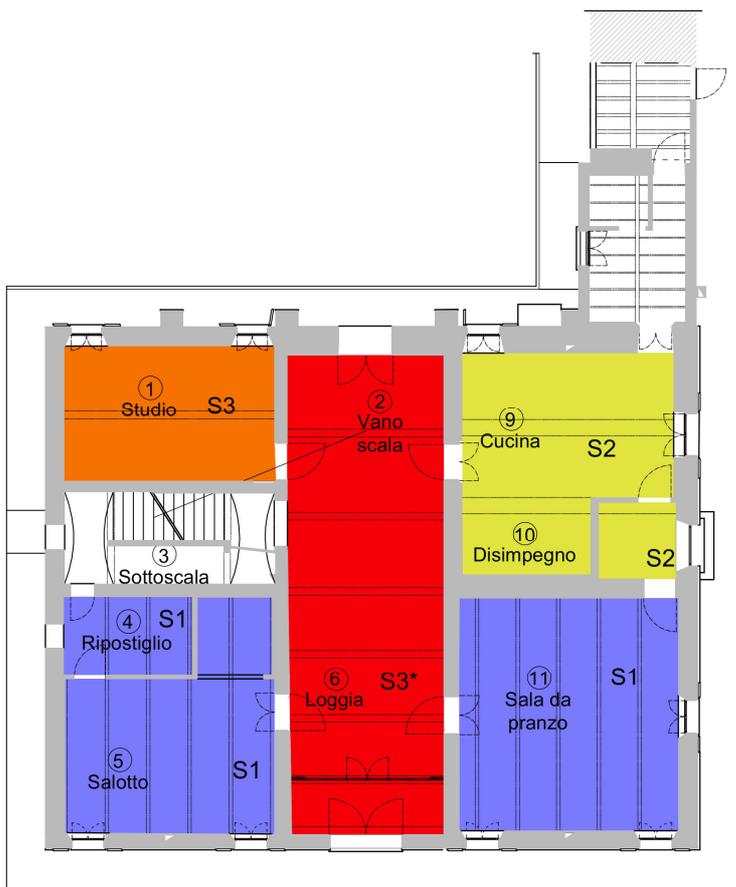
SEZIONE 12-12'

# ORDITURA SOLAI



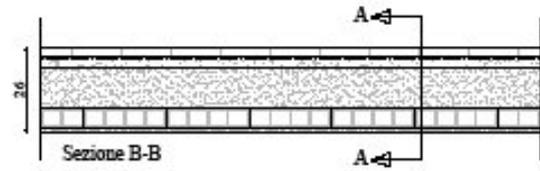
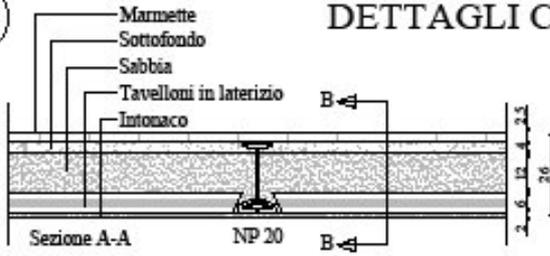
## DEFINIZIONE DELLE TIPOLOGIE DI SOLAIO PRESENTI

- |   |  |
|---|--|
| <span style="color: blue;">■</span> S1 putrelle + tavelloni in laterizio + sottofondo + marmette                | <span style="color: green;">■</span> S4 trave in legno + arellato + travetto + mattone                               |
| <span style="color: yellow;">■</span> S2 travi in legno + travetto + doppio tavellone + sottofondo + marmette   | <span style="color: cyan;">■</span> S4* trave in legno + arellato + travetto + mattone                               |
| <span style="color: orange;">■</span> S3 trave in legno + arellato + travetto + mattone + sottofondo + marmette | <span style="color: darkgreen;">■</span> S5 arellato + trave in legno + travetto + mattone + marmette                |
| <span style="color: red;">■</span> S3* trave in legno + arellato + travetto + mattone + sottofondo + marmette   | <span style="color: magenta;">■</span> S6 ord. princ. legno + ord.sec. legno + travetto + tavella + guaina + embrice |

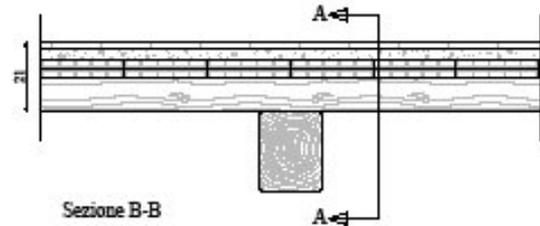
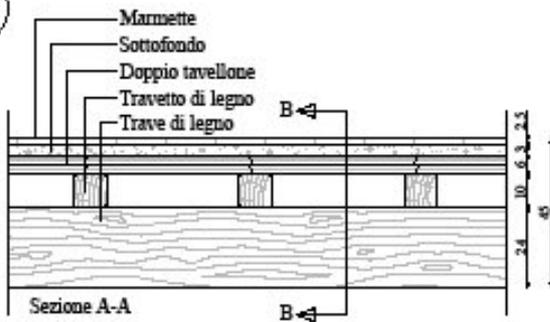


# DETTAGLI COSTRUTTIVI SOLAI

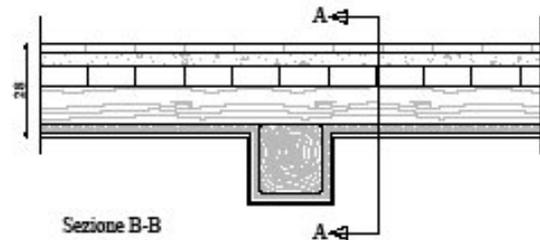
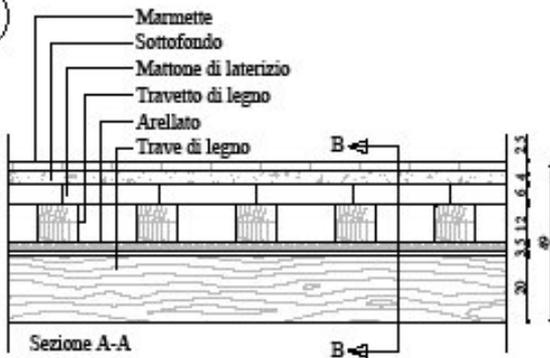
S1



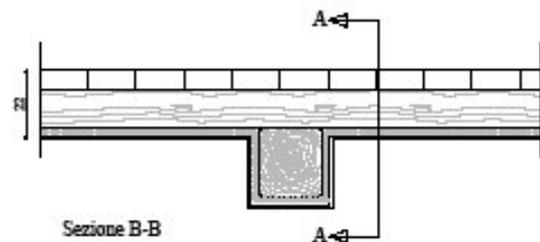
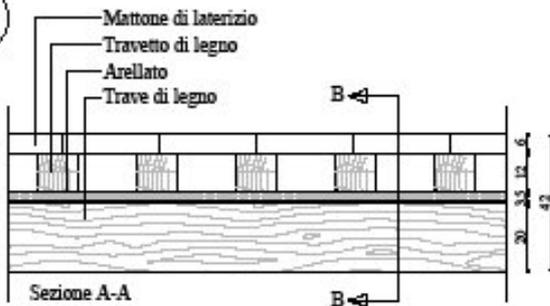
S2



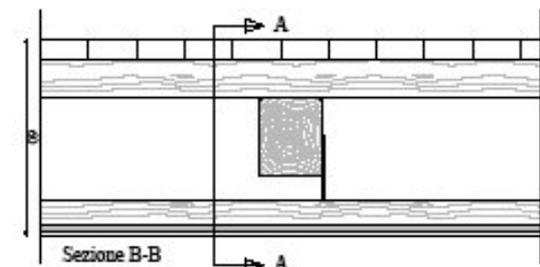
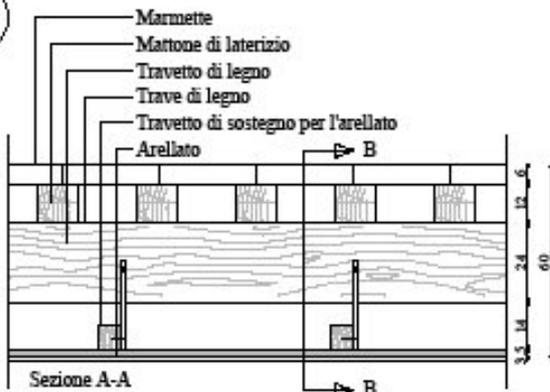
S3



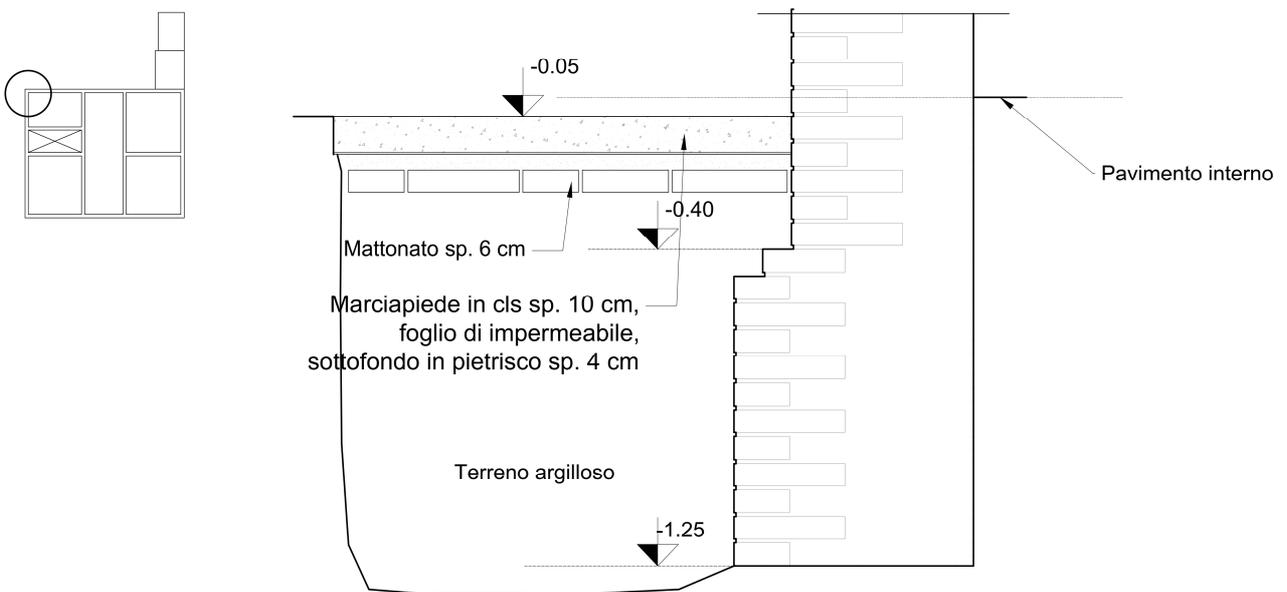
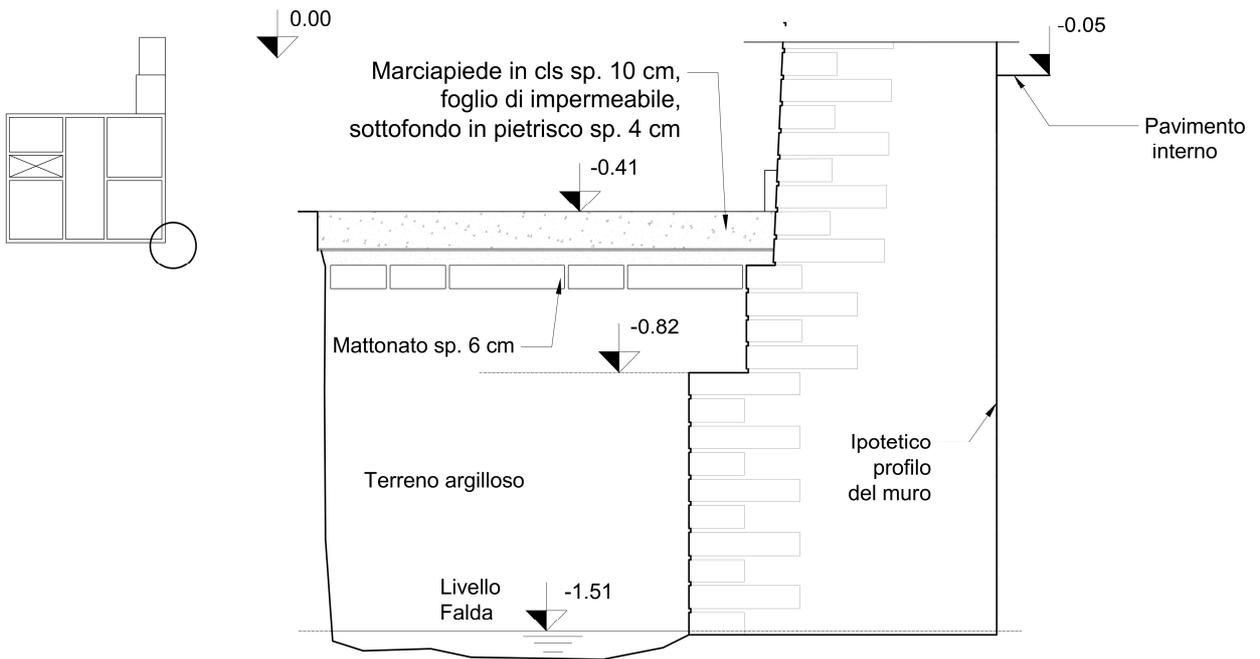
S4



S5



# SAGGI SULLE FONDAZIONI

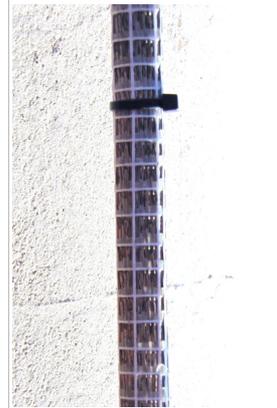


## FASE 1

- Stonatura. Spazzolatura e pulizia con aria compressa.
- Realizzazione dei fori  $\phi$  14 nei punti ove sono previsti gli incroci delle fasce di fibra d'acciaio e al centro delle maglie di fibra d'acciaio (6 fori/mq).
- Inserzione di beccucci per iniezione di malta superfluida.
- Iniezione di GeoCalce Fluida fino ad incompleto indurimento.
- Rimozione dei boccacci e completamento del foro fino a completo trapasso del muro limitatamente ai fori interessati dalla posa dei connettori, inserimento testimoni.
- Esecuzione delle tracce (essenzialmente verticali) per la posa della canalizzazione corrugata dell'impianto elettrico e posa dei corrugati.

## FASE 2

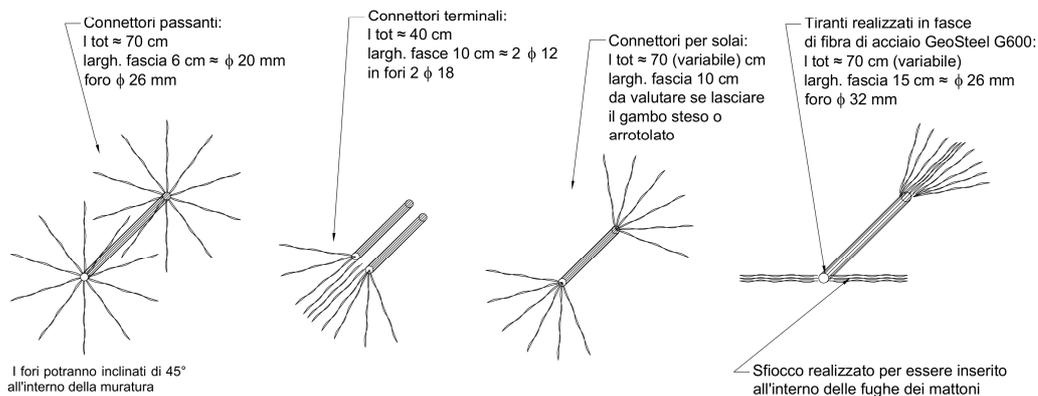
- Stesura delle fasce di fibra di acciaio fissata su testimoni.
- Posa dei connettori di fibra di acciaio passanti e posa dei connettori nelle situazioni angolari.
- Stesura a finire con GeoCalce fine con ripresa delle inevitabili fessure da ritiro.
- Tinteggiatura a calce.
- A piano terra per i primi 100 cm da terra al posto di GeoCalce Fine verrà utilizzata BioCalce Zoccolatura.



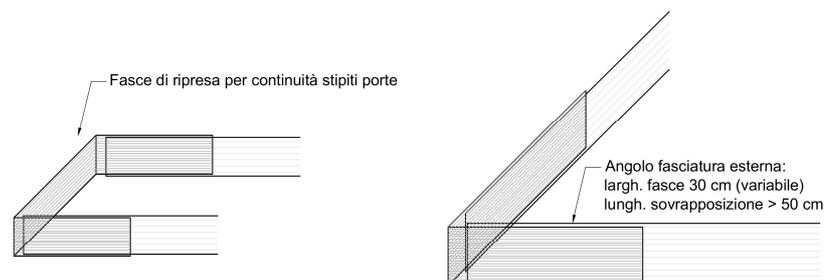
## RETICOLO FASCE DI FIBRA DI ACCIAIO

### CONNETTORI IN FASCE DI FIBRA DI ACCIAIO

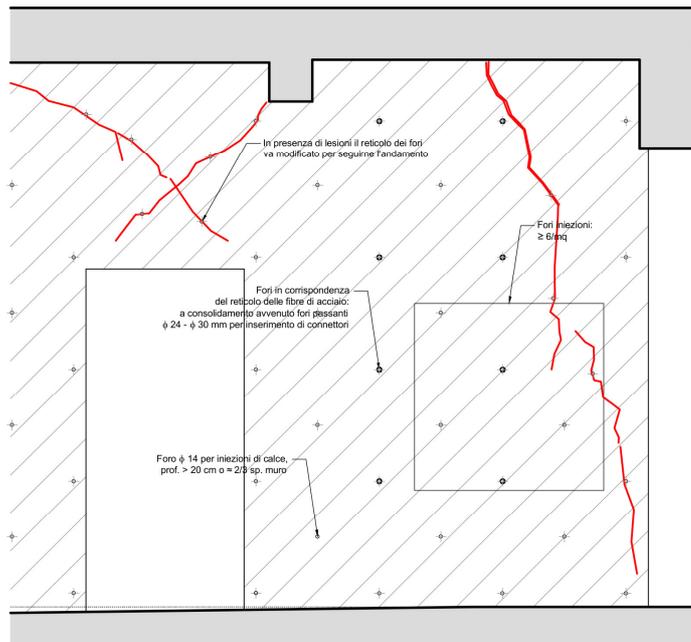
Le dimensioni dei connettori debbono essere valutate in fase di esecuzione lavori in base alla larghezza delle fasce che debbono collegare ed allo spessore dei muri,



### FASCE DI FIBRA DI ACCIAIO

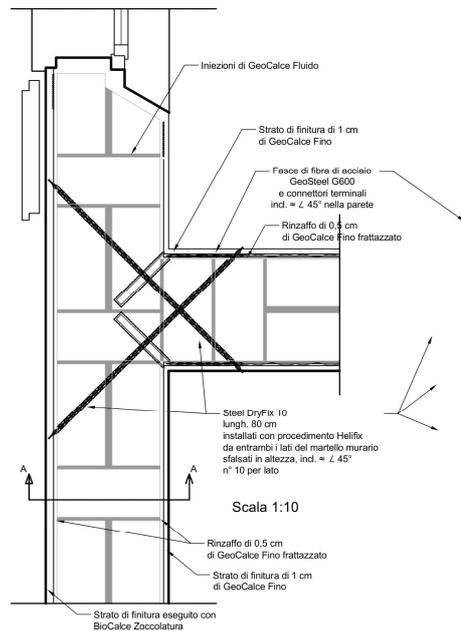


# RETICOLO PER LE INIEZIONI

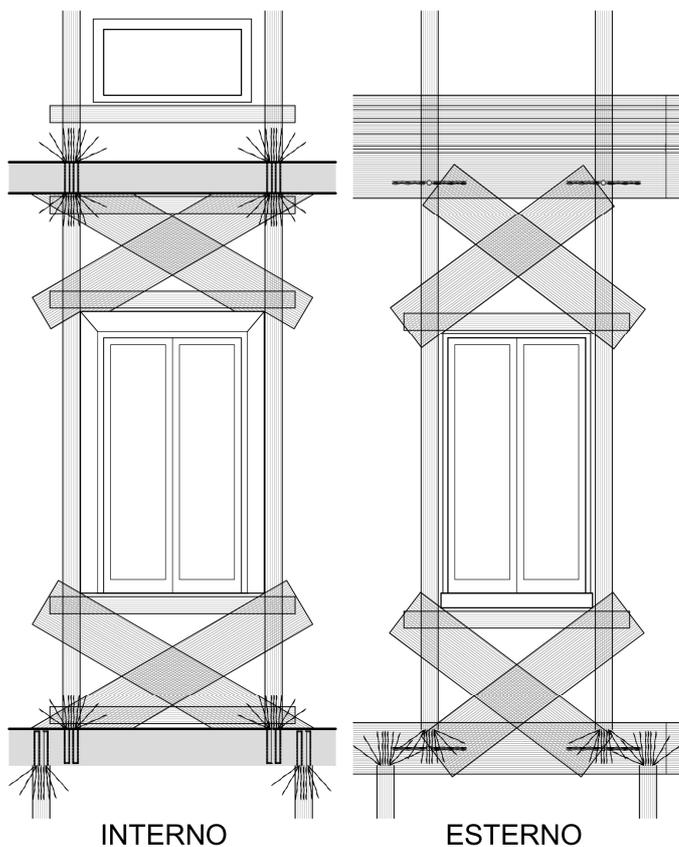


- Rinzaffo con GeoCalce Fino per uno spessore di 5 mm eseguita anche a spruzzo e frattazzata per saturazione di giunti tra i corsi dei mattoni.

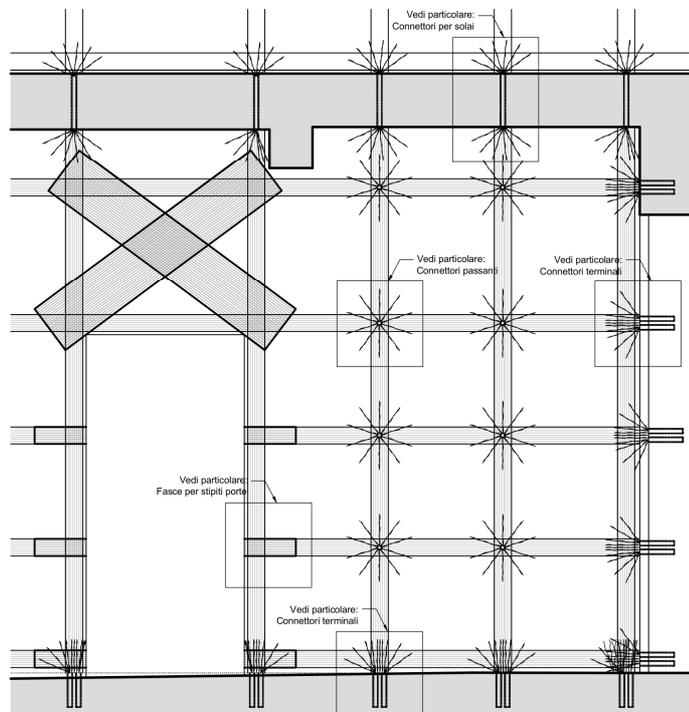
# CUCITURE DEI MARTELLI MURARI



# FINESTRE



# PORTE



LEGENDA: INTERVENTI

	Iniezioni di malta, stilatura dei giunti e cucii e scuci
	Intervento con betoncino armato
	Rinforzi con fasce di tessuto in fibra di acciaio galvanizzato - fasce altezza 10 cm - tipo GeoSteel G600
	Rinforzi con fasce di tessuto in fibra di acciaio galvanizzato - fasce altezza 15 cm - tipo GeoSteel G600
	Rinforzi con fasce di tessuto in fibra di acciaio galvanizzato - fasce altezza 30 cm - tipo GeoSteel G600
	Rinforzi con fasce di tessuto in fibra di acciaio galvanizzato - fasce altezza 30x2 cm (2 fasce sovrapposte) - tipo GeoSteel G600
	Rinforzi con fasce di tessuto in fibra di acciaio galvanizzato - fasce altezza 30+15 cm (2 fasce sovrapposte) - tipo GeoSteel G600
	Rinforzi con fasce di tessuto in fibra di acciaio galvanizzato - fasce altezza 30 cm - tipo GeoSteel G2000
	Rinforzi con fasce di tessuto in fibra di acciaio galvanizzato - fasce altezza 75 cm - tipo GeoSteel G200
	Connettori in fasce di tessuto in fibra di acciaio galvanizzato - Passanti - fasce larghezza 10cm arrotolate su se stesse
	Connettori in fasce di tessuto in fibra di acciaio galvanizzato - Finali
	Cucitura martello maschio murario
	Rinforzo archi con barre elicoidali
	Tiranti metallici opere di consolidamento
	Tipologia di solaio
	Solaio infinitamente rigido con connettori metallici
	Demolizione e ricostruzione tramezzi

Particolare A: vela con campana

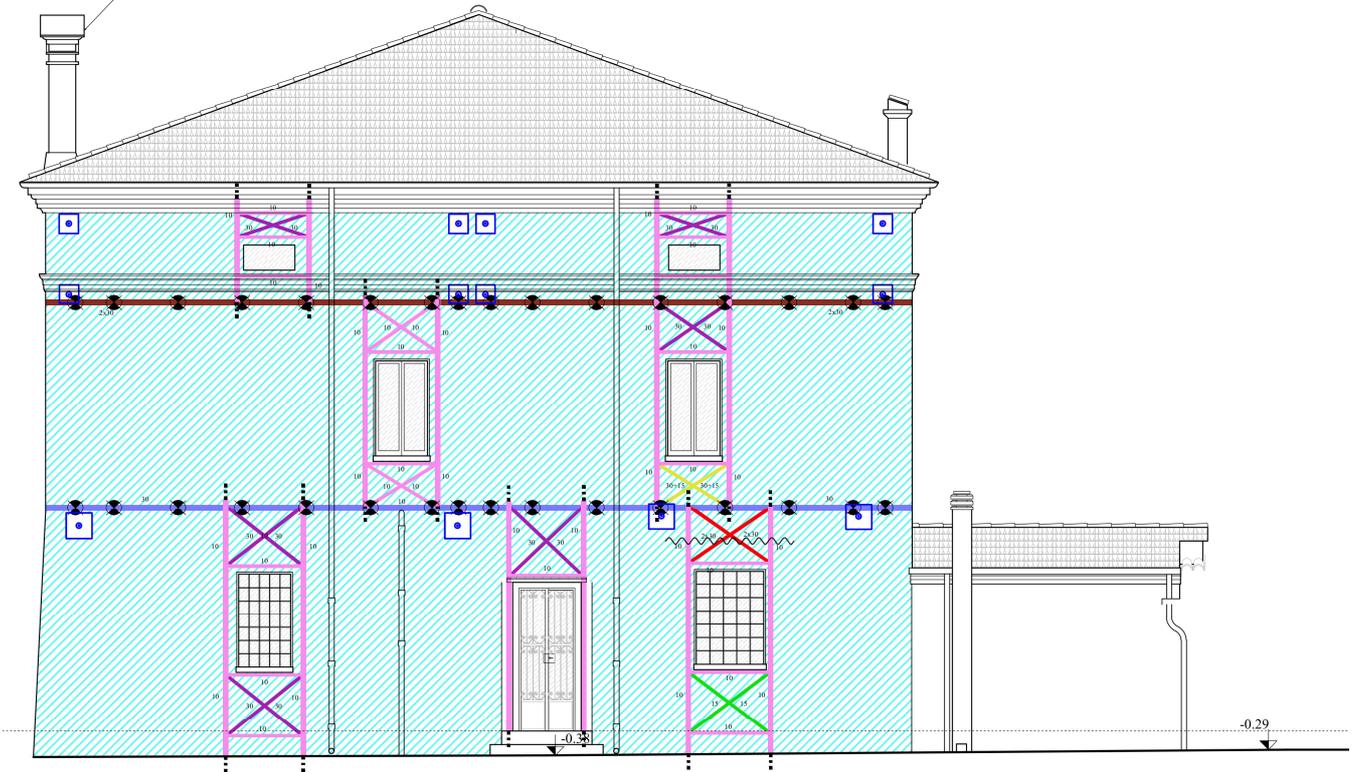


PROSPETTO SUD



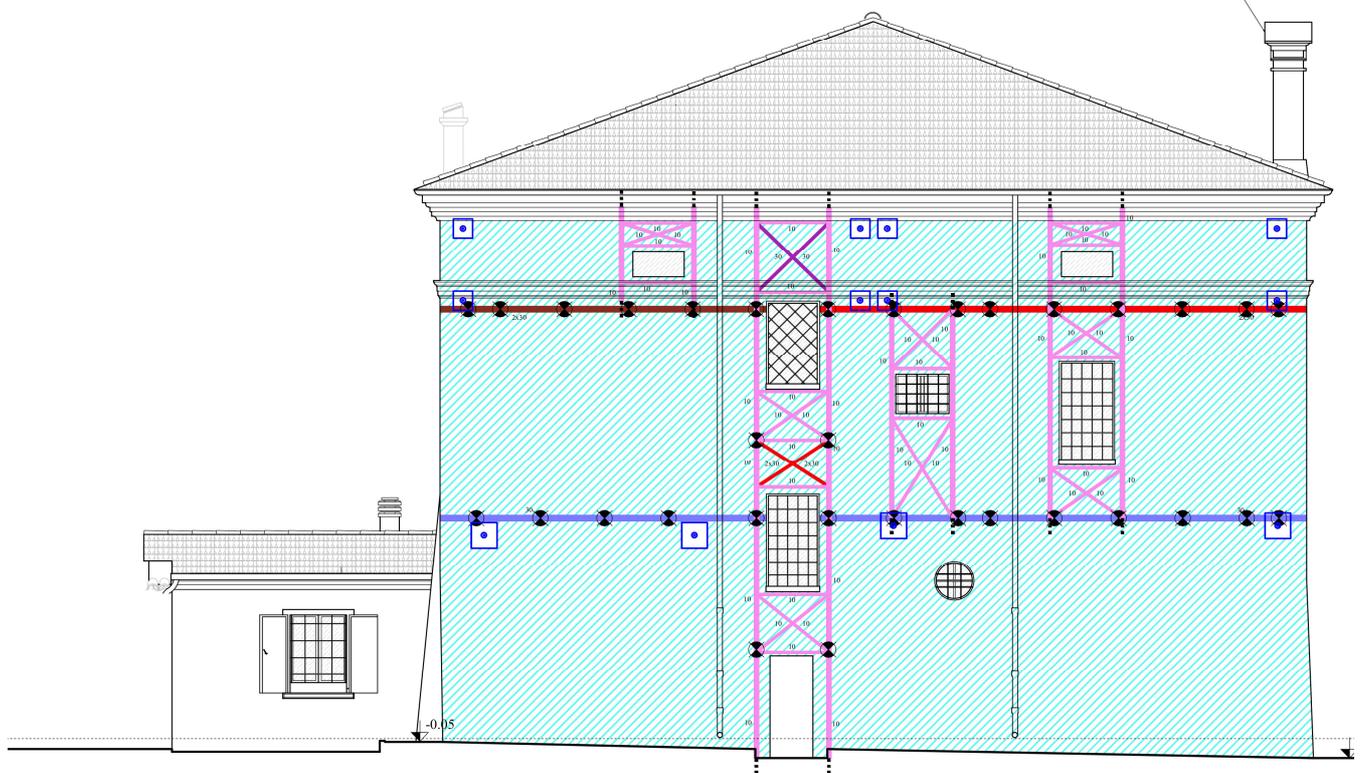
PROSPETTO NORD

Particolare A: vela con campana



PROSPETTO EST

Particolare A: vela con campana



PROSPETTO OVEST

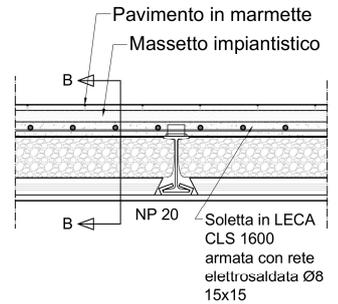
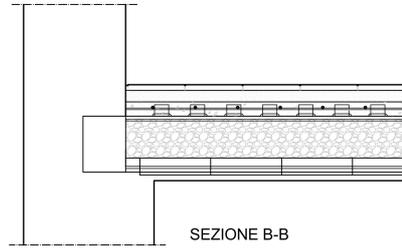
# INTERVENTI SUI SOLAI

## INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO

S1



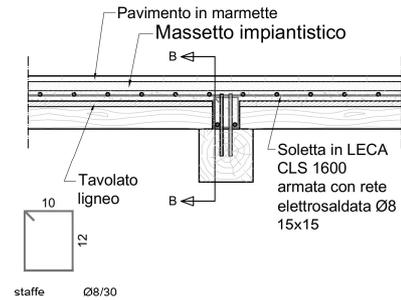
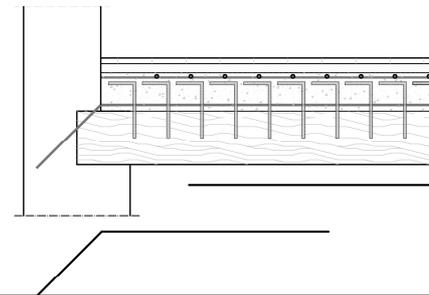
**CONNETTORI** Scatolari in acciaio di dimensioni 60x50x40 mm saldati all'estradosso dell'ala superiore delle putrelle esistenti  
Zona di appoggio (1/3 lunghezza trave): passo 13 cm  
Zona centrale (2/3 lunghezza trave): passo 33 cm



S2

**CONNETTORI** Connettori Ø 12, in foro Ø 16 resinato  
Lunghezza complessiva connettore circa 38 cm  
Profondità d'infissione 12 cm, lunghezza tratto orizzontale di ancoraggio 12 cm  
Zona di appoggio (1/3 lunghezza trave): 2Ø12 passo 14 cm  
Zona centrale (2/3 lunghezza trave): 1Ø12 passo 23 cm

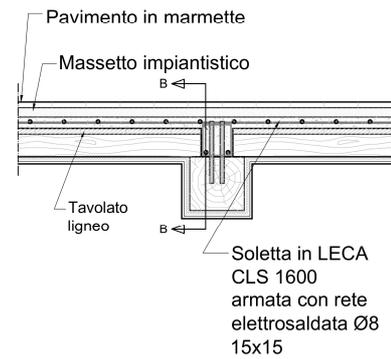
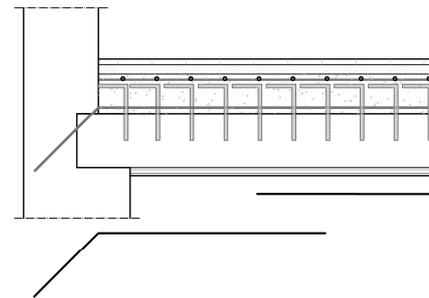
**ARMATURA** **ARMATURA LONGITUDINALE AGGIUNTIVA** 2Ø14  
**ARMATURA TRASVERSALE AGGIUNTIVA**  
Staffe a 2 bracci Ø8 passo 30cm



S3

**CONNETTORI** Connettori Ø 16, in foro Ø 20 resinato  
Profondità d'infissione 12 cm, lunghezza tratto orizzontale di ancoraggio 16 cm  
Zona di appoggio (1/3 lunghezza trave): 2Ø16 passo 15 cm  
Zona centrale (2/3 lunghezza trave): 1Ø16 passo 28 cm

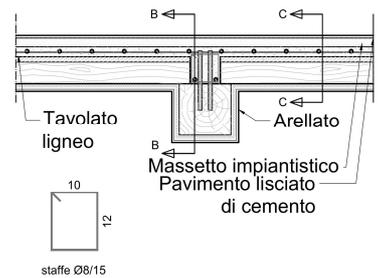
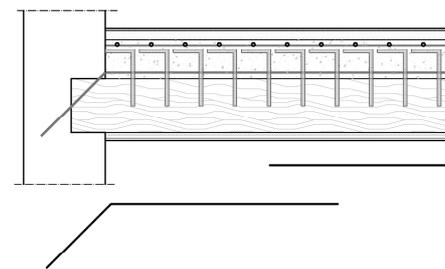
**ARMATURA** **ARMATURA LONGITUDINALE AGGIUNTIVA** 2Ø16  
**ARMATURA TRASVERSALE AGGIUNTIVA**  
Staffe a 2 bracci Ø8 passo 15cm



S4

**CONNETTORI** Connettori Ø 16, in foro Ø 20 resinato  
Lunghezza complessiva connettore circa 38 cm  
Profondità d'infissione 12 cm, lunghezza tratto orizzontale di ancoraggio 12 cm  
Zona di appoggio (1/3 lunghezza trave): 2Ø16 passo 15 cm  
Zona centrale (2/3 lunghezza trave): 1Ø16 passo 28 cm

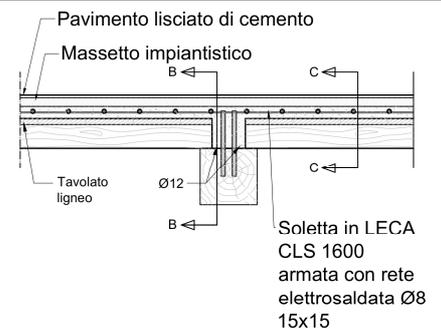
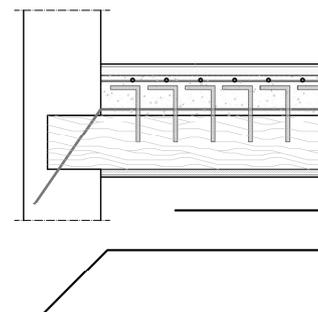
**ARMATURA** **ARMATURA LONGITUDINALE AGGIUNTIVA** 2Ø16  
**ARMATURA TRASVERSALE AGGIUNTIVA**  
Staffe a 2 bracci Ø8 passo 15cm



S4\*

**CONNETTORI** Connettori Ø 12, in foro Ø 16 resinato  
Lunghezza complessiva connettore circa 38 cm  
Profondità d'infissione 12 cm, lunghezza tratto orizzontale di ancoraggio 12 cm  
Zona di appoggio (1/3 lunghezza trave): 2Ø12 passo 18 cm  
Zona centrale (2/3 lunghezza trave): 1Ø12 passo 28 cm

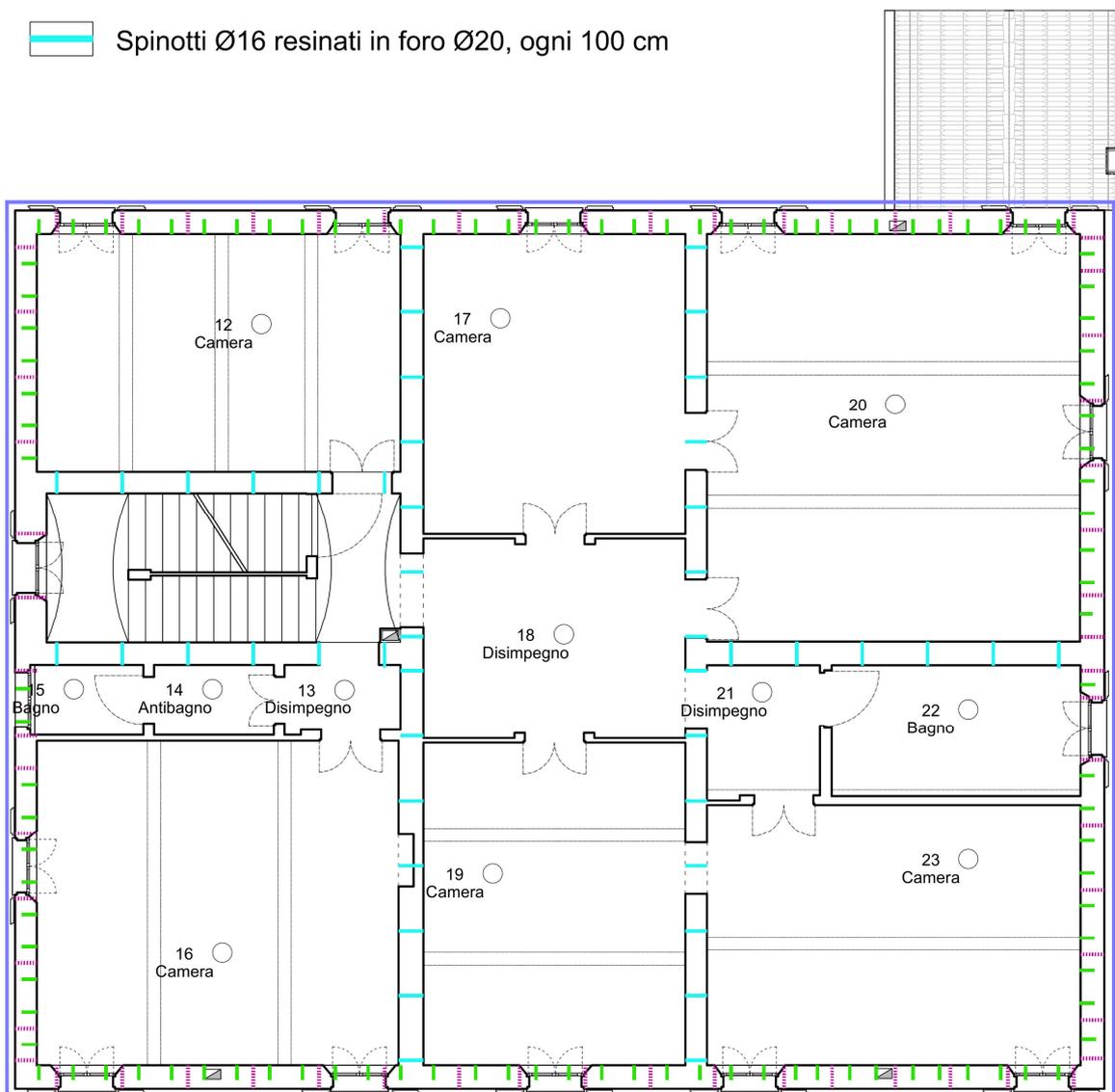
**ARMATURA** **ARMATURA LONGITUDINALE AGGIUNTIVA** 2Ø12



# INTERVENTI SUI SOLAI

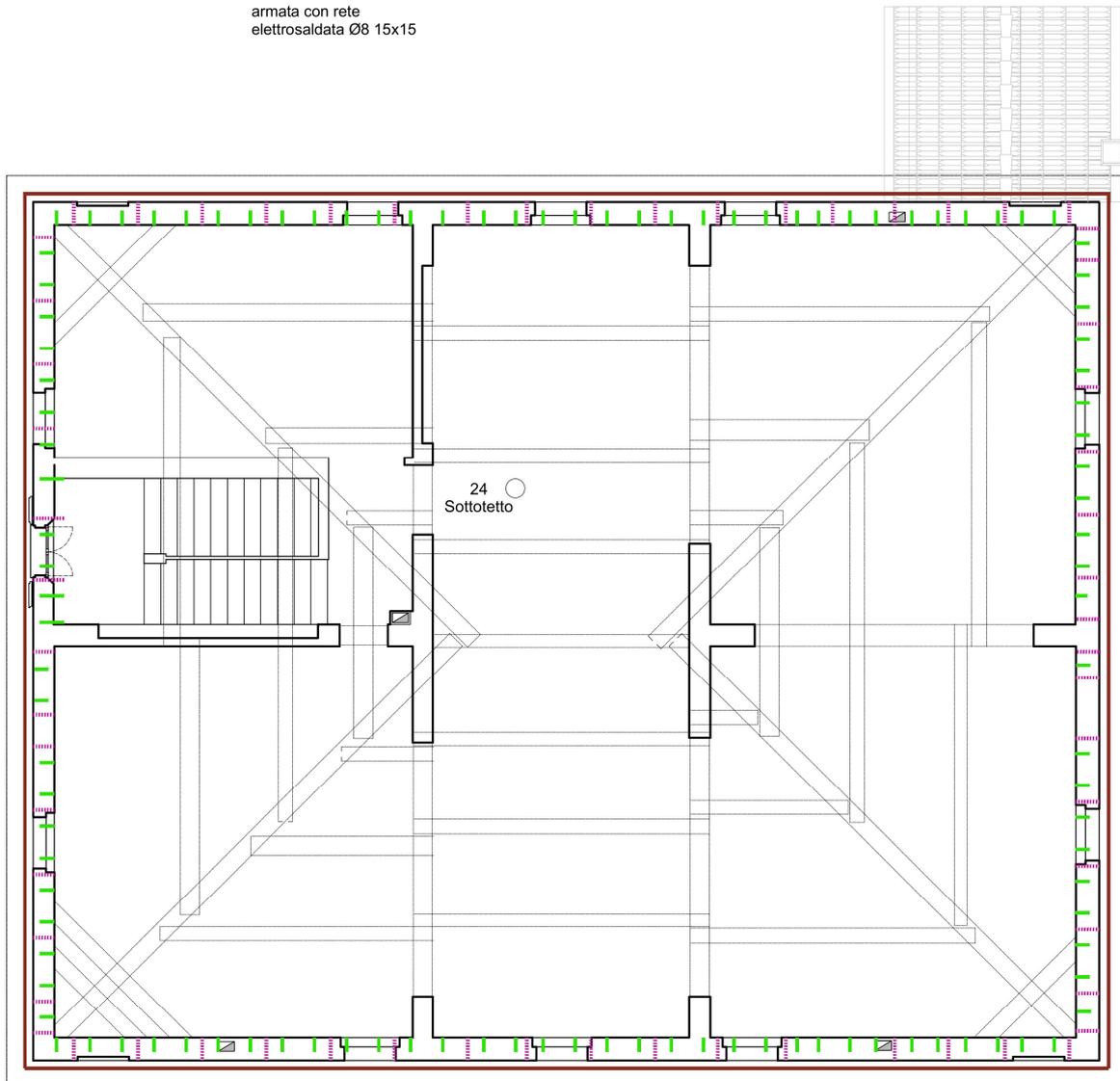
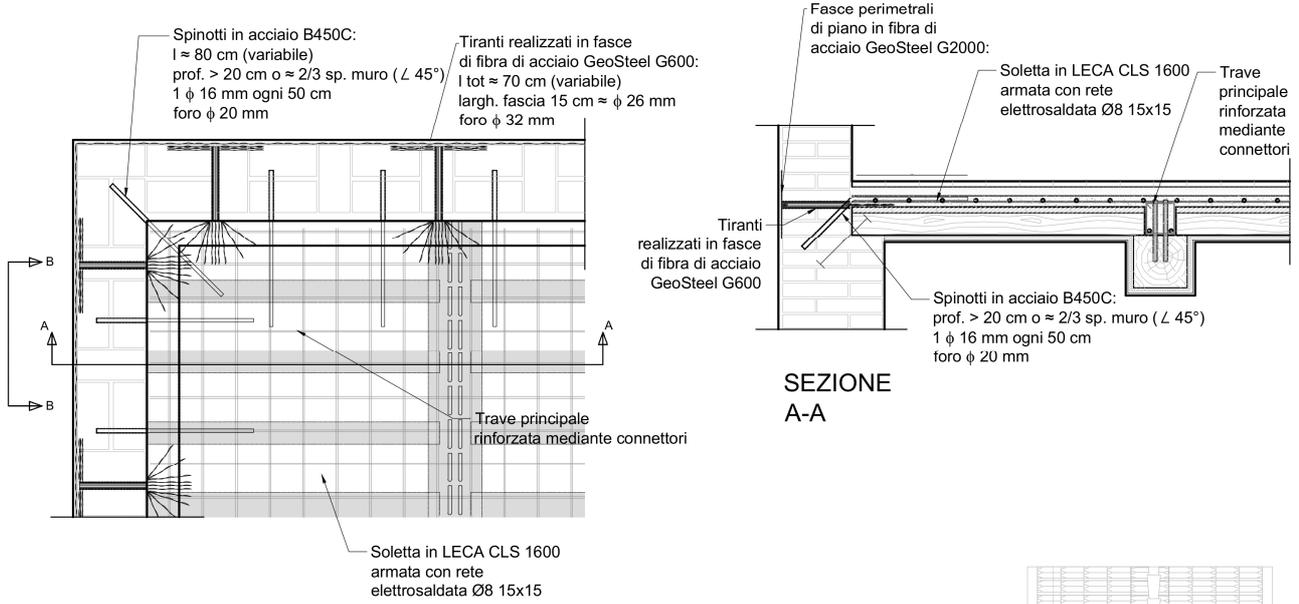
## COLLEGAMENTO SOLAI - PARETI

-  Rinforzi con fasce di tessuto in fibra di acciaio galvanizzato - fasce altezza 30 cm - tipo GeoSteel G2000
-  Rinforzi con fasce di tessuto in fibra di acciaio galvanizzato - fasce altezza 75 cm - tipo GeoSteel G2000
-  Connettori in fasce di tessuto in fibra di acciaio galvanizzato - Passanti - fasce larghezza 10cm arrotolate su se stesse
-  Spinotti Ø16 resinati in foro Ø20, ogni 50 cm
-  Spinotti Ø16 resinati in foro Ø20, ogni 100 cm



PIANTA PIANO PRIMO

# TIRANTI E SPINOTTI SOLAI



**PIANTA SOTTOTETTO**

# Bibliografia

## Note

- (1) ALESSANDRO BALLARINI, Storia e archeologia del territorio mantovano tra VII e XI sec., Tesi di laurea.
- (2) EUGENIO CAMERLENGHI, Lineamenti di geografia e storia del paesaggio agrario mantovano, Tre Lune, collana Mantovarchitettura, Mantova, 2003.
- (3) [www.mantovafortezza.it](http://www.mantovafortezza.it)
- (4) Misurare la terra: centuriazione e coloni nel mondo romano; il caso mantovano, a cura della Regione Lombardia, Panini, Modena: Panini, 1984.
- (5) ELENA MUTTI GHISI, La centuriazione triumvirale dell'agro mantovano, Cavriana Cavriana, 1981.
- (6) DINO NICCOLINI, La corte rurale nel mantovano, Silvana, Milano, 1984,
- (7) MATERIALE DEL CORSO DI ARCHITETTURA TECNICA E TIPOLOGIE EDILIZIE  
Dispense del corso del Prof. Adolfo Cesare Dell'Acqua  
Dispense del corso del Prof. Ing. Andrea Guidotti.
- (8) E.SERENI, Città e campagna nell' Italia preromana .
- (9) MAURA SAVINI, La fondazione architettonica della campagna, L'artiere, Bentivoglio 1999.
- (10) CHIARA CASTELLINI "Lettura di soluzioni costruttive nell'edilizia storica e adeguamento normativo per l'intervento progettuale", Tesi di Laurea.
- (11) [www.dicat.unige.it/costruzioni\\_in\\_zona\\_sismica](http://www.dicat.unige.it/costruzioni_in_zona_sismica)
- (12) [vvfcaselle.altervista.org/dispensa/cap\\_3](http://vvfcaselle.altervista.org/dispensa/cap_3)
- (13) [www.mariellazoppi.eu](http://www.mariellazoppi.eu)
- (14) G.C.BELCHINI Definizione di Modelli per l'analisi strutturale degli edifici in muratura. Analisi dei meccanismi locali di collasso, Milano, 1999.
- (15) Vulnerabilità sismica edifici in muratura, Regione Toscana.
- (16) G.MENDITTO Fessurazioni nelle strutture, Dario Flaccovio Editore, Palermo, 2010.
- (17) G:GANGI, M.CARABONI, A.DE MARIA Analisi Strutturali per il recupero anti-sismico, Tipografia del genio civile, Roma, 2010.
- (18) DOMENICO LIBERATORE, Edifici con struttura in muratura, Milano, 2004.
- (19) Analisi strutture in muratura. Volume 1, Software per ingegneria Civile, San Miniato, Edizione, 2011.
- (20) MARGHERITA MONARI, Tipi Edilizi Storici nei comuni dell'Alta Valle del Reno;

Tecniche di intervento mirate al consolidamento strutturale, Tesi di Laurea.

(21) N.TUBI,M.P.SILVA,F.DITRI, Gli Edifici in Pietra, Sistemi Editoriali Editori, Napoli, 2009.

(22) Fibrenet, compositing engineering. Consolidamenti per l'edilizia.

- L. TROGU ROHRICH, *Quaderni. Le tecniche di costruzione nei trattati di architettura*, Edizioni, Monfalcone (Go) 1999
- N. TUBI, *La realizzazione di murature in laterizio*, ANDIL Sezione murature, Roma 1981
- Associazione degli industriali della provincia di Mantova, *Palazzi e ville del contado mantovano*, Vallecchi, 1966
- CARLO PEROGALLI, MARIA GRAZIA, SANDRI, *Ville delle Province di Cremona e Mantova*, Edizioni Sisar, Milano, 1973.
- A. ACOCELLA, *L'architettura del mattone faccia a vista*, Edizioni Laterconsult, Roma 1990
- C. BLASI - A. BORRI - S. DI PASQUALE - P. MALESANI - G. NIGRO - A. PARDUCCI - G.
- A. BOERI, *Tecnologie per il Recupero degli edifici rurali. Esperienze in Emilia Romagna*, Minerva Edizioni, Bologna 2001
- L. CALECA - A. DE VECCHI, *Tecnologie di consolidamento delle strutture murarie*, Dario Flaccovio Editore, Palermo 1987
- G. CANGI, *Manuale del recupero strutturale e antisismico*, DEI Tipografia del Genio Civile, Roma 2005
- G. CANGI - M. CARABONI - A. DE MARIA, *Analisi strutturale per il recupero antisismico. Calcolo dei cinematicismi per edifici in muratura secondo le NTC*, DEI Tipografia del Genio Civile, Roma 2010
- A. CASALINI, *Consolidamento strutturale di un complesso rurale*, Edizioni Novostudio, Cesena (FC) 1999
- A. C. DELL'ACQUA - V. DEGLI ESPOSTI - A. FERRANTE - G. MOCHI, *Paesaggio costruito: qualità ambientale e criteri d'intervento*, Alinea Editrice, Firenze 2008
- G. COCCOLINI, *L'arte muraria italiana. I costruttori gli Ingegneri e gli Architetti*, Re Enzo Editrice, Bologna 2002
- F. CUCCO - T. PANZECA - M. SALERNO - S. TERRAVECCHIA, *Strutture in muratura. Le catene nel consolidamento*, Grafill, Palermo 2007
- G. CIGNI, *Il consolidamento murario*, Edizioni Kappa, Roma 1978
- G. FIENGO (a cura di) - L. GUERRIERO, *Atlante delle tecniche costruttive tradizionali*, Arte Tipografica Editrice, Napoli 2008
- M. GESTALDI - P. PEDEFERRI, *Introduzione ai materiali per architettura*, Utet Libreria, Novara 2005
- F. GIOVANETTI (a cura di), *Manuale del recupero di Città di Castello*, DEI Tipografia del Genio, Civile, Roma 1992
- GULLI, *Recupero Edilizio in ambito sismico*, EdicomEdizioni, Monfalcone (Gorizia) 2002
- TAMPONE - F. GUERRIERI (a cura di), *Manuale per la riabilitazione e la ricostruzione postsismica degli edifici. Regione dell'Umbria*, DEI Tipografia del Genio Civile, Roma 1999

- A. W. HENDRY, *Statica delle strutture in muratura di mattoni*, Pàtron Editore, Bologna 1986
- R. LIONE, *Il legno: dalla materia prima al materiale da costruzione*, Marsili Editore, Orvieto 1996
- M. MARIANI, *Consolidamento delle strutture lignee con l'acciaio*, DEI Tipografia del Genio Civile, Roma 2004
- S. MASTRODICASA, *Dissesti statici delle strutture edilizie*, Hoepli, Milano 1983

## **SITOGRAFIA**

- [www.dicat.unige.it/costruzioni\\_in\\_zona\\_sismica](http://www.dicat.unige.it/costruzioni_in_zona_sismica) data ultima consultazione: Giugno 2013
- [www.turismo.mantova.it/](http://www.turismo.mantova.it/) data ultima consultazione: Giugno 2013
- [vvfcaselle.altervista.org/dispensa/cap\\_3](http://vvfcaselle.altervista.org/dispensa/cap_3) data ultima consultazione: Giugno 2013
- [www.mariellazoppi.eu](http://www.mariellazoppi.eu) data ultima consultazione: Settembre 2013
- [www.mantovafortezza.it](http://www.mantovafortezza.it) data ultima consultazione: Maggio 2013
- [www.lombardiabeniculturali.it](http://www.lombardiabeniculturali.it) data ultima consultazione: Ottobre 2013
- <http://www.fibrenet.it/>, data ultima consultazione: Maggio 2013
- <http://www.lustrola.it/>, data ultima consultazione: Maggio 2013
- <http://www.mapei.it/>, data ultima consultazione: Maggio 2013

## **NORMATIVA ITALIANA E SUA APPLICAZIONE**

- *Norme Tecniche per le Costruzioni*, DM 14 gennaio 2008 – Supplemento ordinario della GU del 4 febbraio 2008
- Istruzioni per l'applicazione delle “Nuove norme tecniche per le costruzioni” di cui al DM 14 gennaio 2008. Circolare del 2 febbraio 2009, n. 617 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti approvata dal Consiglio Superiore di Lavori Pubblici, Supplemento Ordinario n. 27 alla GU del 26 febbraio 2009 n. 47
- Linee guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle norme tecniche ed all'applicazione dell'Ordinanza 3274/2003 e smi (emanate in ottemperanza all'art. 3 dell'Ordinanza P.C.M. 3431/05)