



Ordine degli Ingegneri  
della Provincia  
di Roma



Materials and Structures Testing and Research

con il patrocinio di



Ministero  
delle Infrastrutture  
e dei Trasporti



**Laboratori per prove e controlli  
sui materiali da costruzione su  
strutture e costruzioni esistenti**

**7 settembre 2023**

Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma  
Piazza della Repubblica 59

L'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma  
unitamente alla Fondazione dell'Ordine degli

Ingegneri di Roma ed all'Associazione scientifico-culturale MASTER propone un convegno tecnico. Il Convegno è gratuito per gli iscritti all'Ordine degli Ingegneri di Roma in regola con le quote associative.

La partecipazione al convegno n. 3 CFP, certificabili per un massimo di n°9 crediti annuali, ai fini dell'aggiornamento delle competenze professionali (ex DPR 137/2012 e successivo regolamento approvato dal Ministero della Giustizia).

La frequenza è obbligatoria e i 3 CFP saranno riconosciuti solo con la partecipazione all'intera durata dell'evento.

L'iscrizione è obbligatoria sul sito della Fondazione dell'Ordine degli Ingegneri di Roma alla pagina:

<https://foir.it/formazione/>

L'attestato di partecipazione all'evento, che sarà conseguito previo controllo dell'accesso ed uscita nonché della partecipazione a tutta la durata dell'evento anche attraverso l'effettuazione di domande e/o sondaggi, potrà essere scaricato dagli Ingegneri dalla piattaforma [www.mying.it](http://www.mying.it) nei giorni successivi allo svolgimento dell'evento medesimo e dovrà essere custodito dal discente ai sensi dell'art. 10 del Regolamento per l'Aggiornamento delle Competenze Professionali.

La Commissione strutture tipologiche in collaborazione con la Commissione Monitoraggio e Controllo strutturale istituite presso l'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma, unitamente alla Fondazione dell'Ordine degli Ingegneri di Roma e all'Associazione scientifico-culturale MASTER, il 7 settembre 2023 propone un convegno gratuito sui Laboratori per prove e controlli sui materiali e strutture e costruzione esistenti.

*Il convegno si pone l'obiettivo di trattare i requisiti, le procedure di gestione delle attività sperimentali ed i*

*settori di certificazione dei Laboratori per prove e controlli sui materiali e strutture e costruzione esistenti autorizzati dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ai sensi Circolare 03 dicembre 2019, n.633/STC.*

#### **Programma**

**Ore 14.15 - 14.30**

Registrazione dei partecipanti

**Ore 14.30 - 15.00**

Saluti istituzionali ed introduzione ai lavori

*Ing. Massimo Cerri  
Presidente dell'Ordine degli Ingegneri  
della Provincia di Roma*

*Ing. Massimo Sessa (invitato)  
Presidente del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici*

*Ing. Emanuele Renzi  
Direttore Generale per la sicurezza  
delle Infrastrutture stradali e autostradali,  
ANSFISA - Agenzia Nazionale per la Sicurezza delle  
Ferrovie e le Infrastrutture Stradali e Autostradali*

*Ing. Pietro Baratonio  
Presidente della Seconda Sezione del Consiglio  
Superiore dei Lavori Pubblici e Componente  
Comitato Speciale PNRR*

*Ing. Alessandro Pentimalli (invitato)  
Responsabile Divisione Tecnica 1  
del Servizio Tecnico Centrale  
Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici*

*Ing. Stefania Arangio  
Consigliere Tesoriere Ordine degli Ingegneri Roma*

*Dott. Stefano Bufarini  
Presidente Associazione MASTER*

**Ore 15.00 - 15.10**

Ambiti normativi inerenti l'istituzione dei Laboratori per prove e controlli sui materiali e strutture e costruzione esistenti.

*Avv. Salvatore Menditto*

*Professore a.c. di Legislazione delle Opere Pubbliche e Diritto Amministrativo presso l'Università Politecnica delle Marche, libero professionista*

**Ore 15.10 - 15.20**

I Laboratori di prova ufficiali ed autorizzati dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti: aspetti comuni, ambiti e peculiarità specifiche.

*Ing. Vincenzo Domenico Venturi*  
*Direttore tecnico di Sidercem Srl*  
*Istituto di Ricerca e Sperimentazione sui Materiali da Costruzione*

**Ore 15.20 - 15.30**

La Circolare 03 dicembre 2019, n.633/STC: requisiti e settori di certificazione dei Laboratori per prove e controlli sui materiali e strutture e costruzione esistenti.

*Ing. Giuseppe D'Aria*  
*libero professionista*

**Ore 15.30 - 15.40**

Certificazione del personale tecnico addetto alle prove non distruttive nel campo dell'ingegneria civile.

*Ing. Santo Mineo*  
*Direttore tecnico della Cimento Srl - diagnostica strutturale, libero professionista*

**Ore 15.40 - 15.50**

Il ruolo delle indagini strutturali nella verifica della sicurezza delle costruzioni esistenti.

*Ing. Stefania Arangio*  
*libero professionista*

*Tesoriere Ordine Ingegneri Provincia di Roma*

**Ore 15.50 - 16.00**

Le prove dinamiche sulle costruzioni ed infrastrutture.

*Ing. Giuseppe Di Iorio*  
*Direttore del Laboratorio DI.GEO Srl*

**Ore 16.00 - 16.10**

Prove di rilascio tensionale.

*Ing. Salvatore Perno*  
*Professore di Tecnica delle Costruzioni presso l'Università di Roma "La Sapienza"*

**Ore 16.10 - 16.20**

La conoscenza e digitalizzazione dei beni dello Stato ai fini della prevenzione e sicurezza delle costruzioni.

*Ing. Massimo Babudri*  
*Direttore Servizi al Patrimonio*  
*Agenzia del Demanio*

**Ore 16.20 - 16.30**

L'accreditamento: valorizzazione della certificazione delle competenze.

*Ing. Francesca Valerio*  
*Referente settore Building & Infrastructure e*  
*Funzionario Tecnico Dipartimento Certificazione e*  
*Ispezione ACCREDIA*

**Ore 16.30 - 16.40**

Il processo di trasformazione in norma UNI della Prassi di Riferimento UNI/PdR 56 sul personale tecnico addetto alle prove non distruttive nel campo

dell'ingegneria civile: la risposta UNI ai bisogni del mercato.

*Arch. Marco De Gregorio*  
*Technical Project Manager*  
*Divisione Innovazione UNI*

**Ore 16.40 - 16.50**

L'accreditamento degli organismi di ispezione ai sensi della UNI CEI EN ISO/IEC 17020.

*Dott. Gianluca Qualano*  
*Direttore tecnico GQ Services Srl*

**Ore 16.50 - 17.15**

La formazione degli operatori addetti all'esecuzione delle prove non distruttive ed alla digitalizzazione delle opere civili ed infrastrutture

*Dott. Stefano Bufarini*  
*Presidente Associazione MASTER*

*Ing. Paolo Sattamino*  
*Partner - General Manager Technical, Harpaceas*

**Ore 17.15 - 18.00**

Domande e dibattito finale

## **Il ruolo delle indagini strutturali nella verifica della sicurezza delle costruzioni esistenti**

**Ing. Stefania Arangio**

Consigliere Tesoriere Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma

## Inquadramento

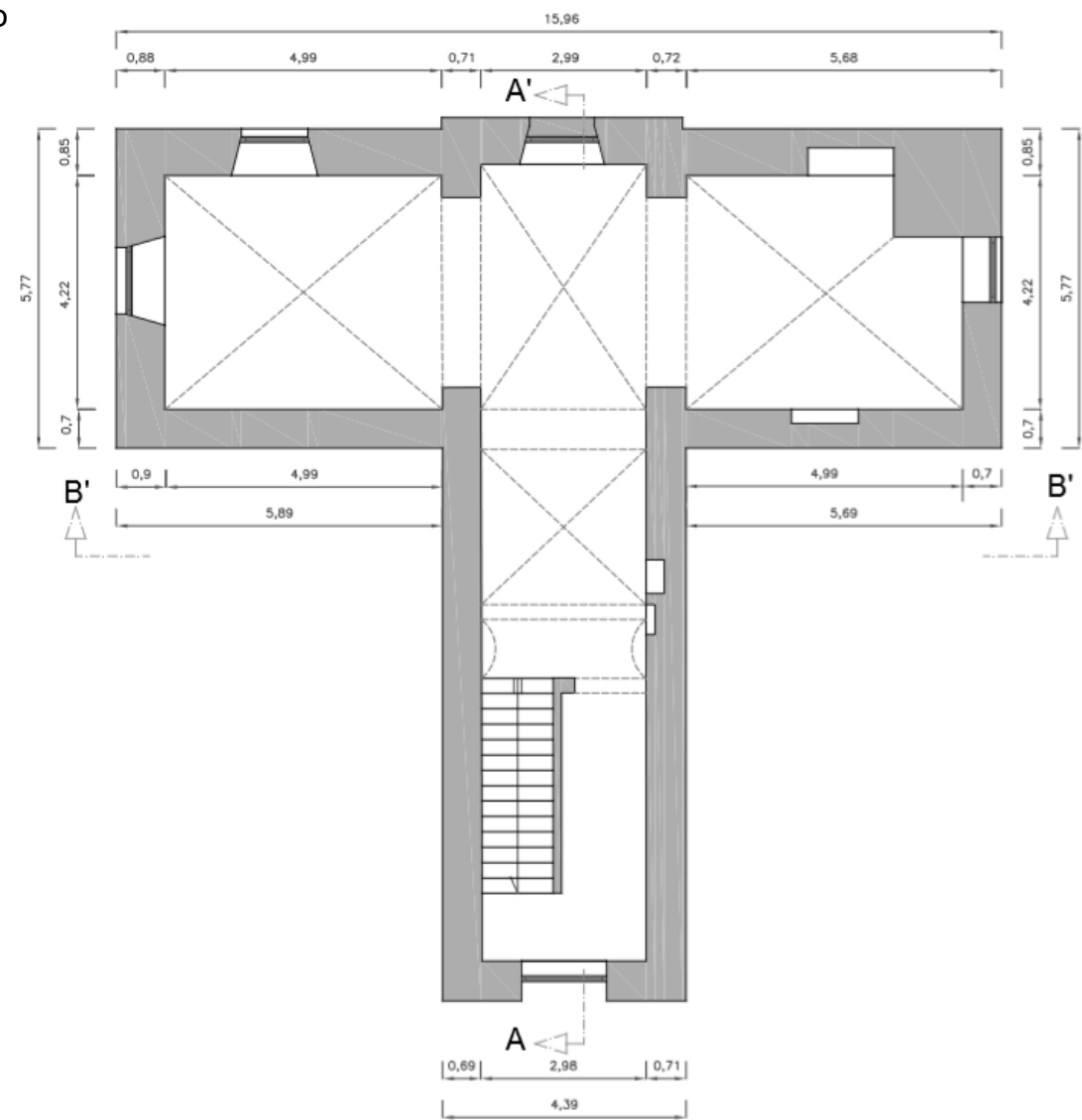








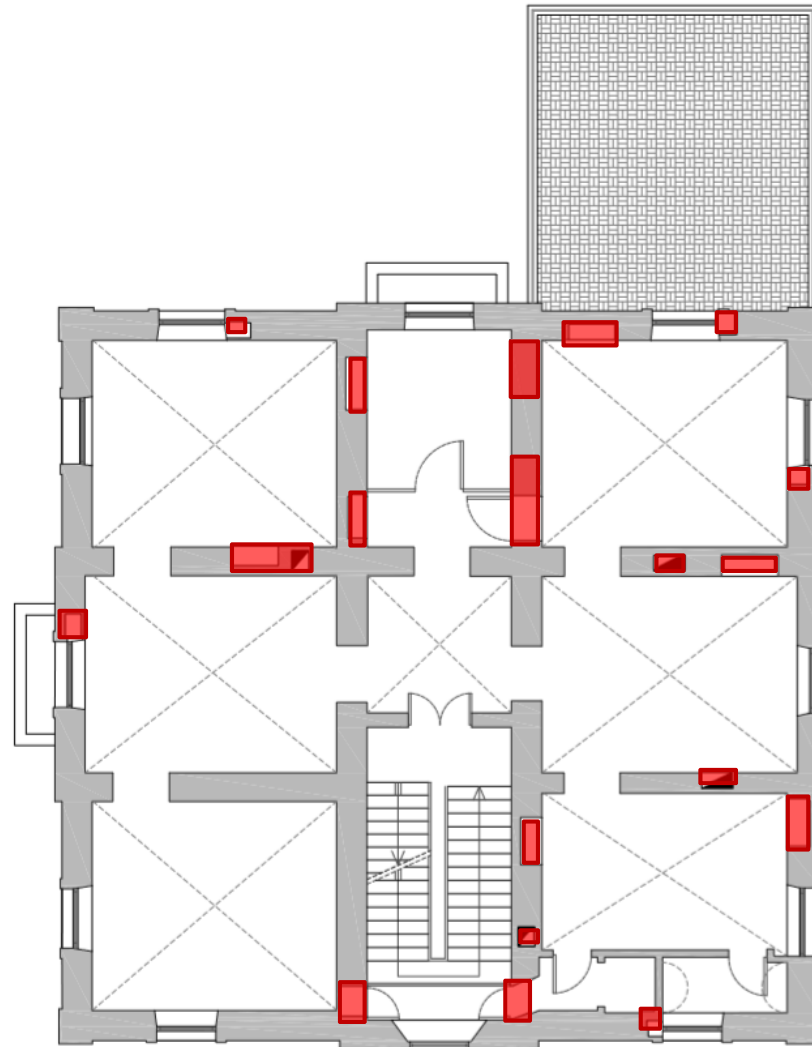
Piano interrato



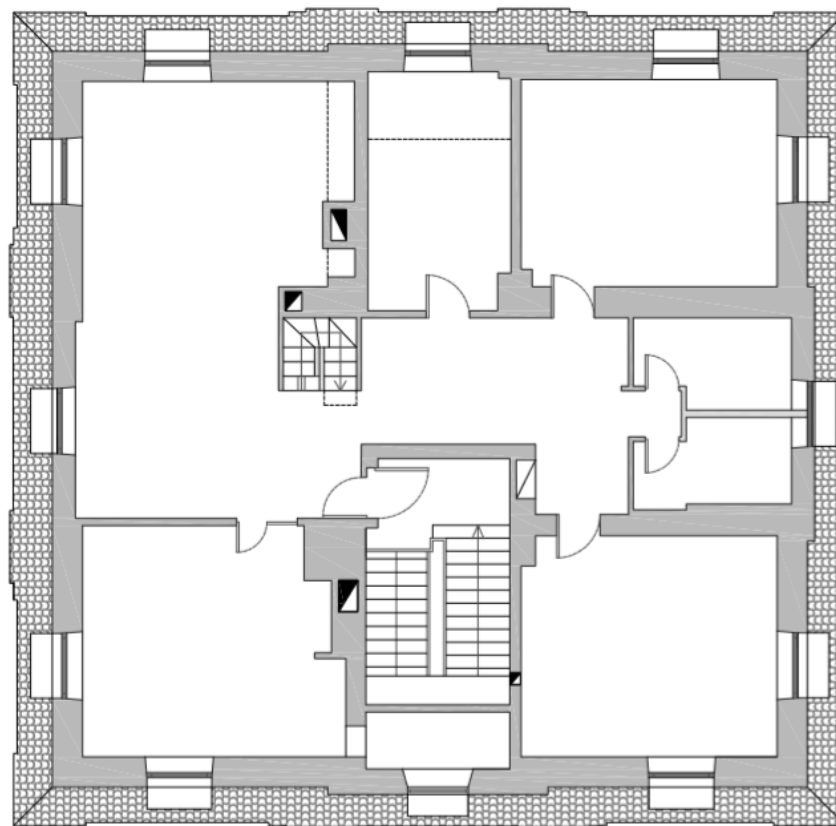
Piano terra

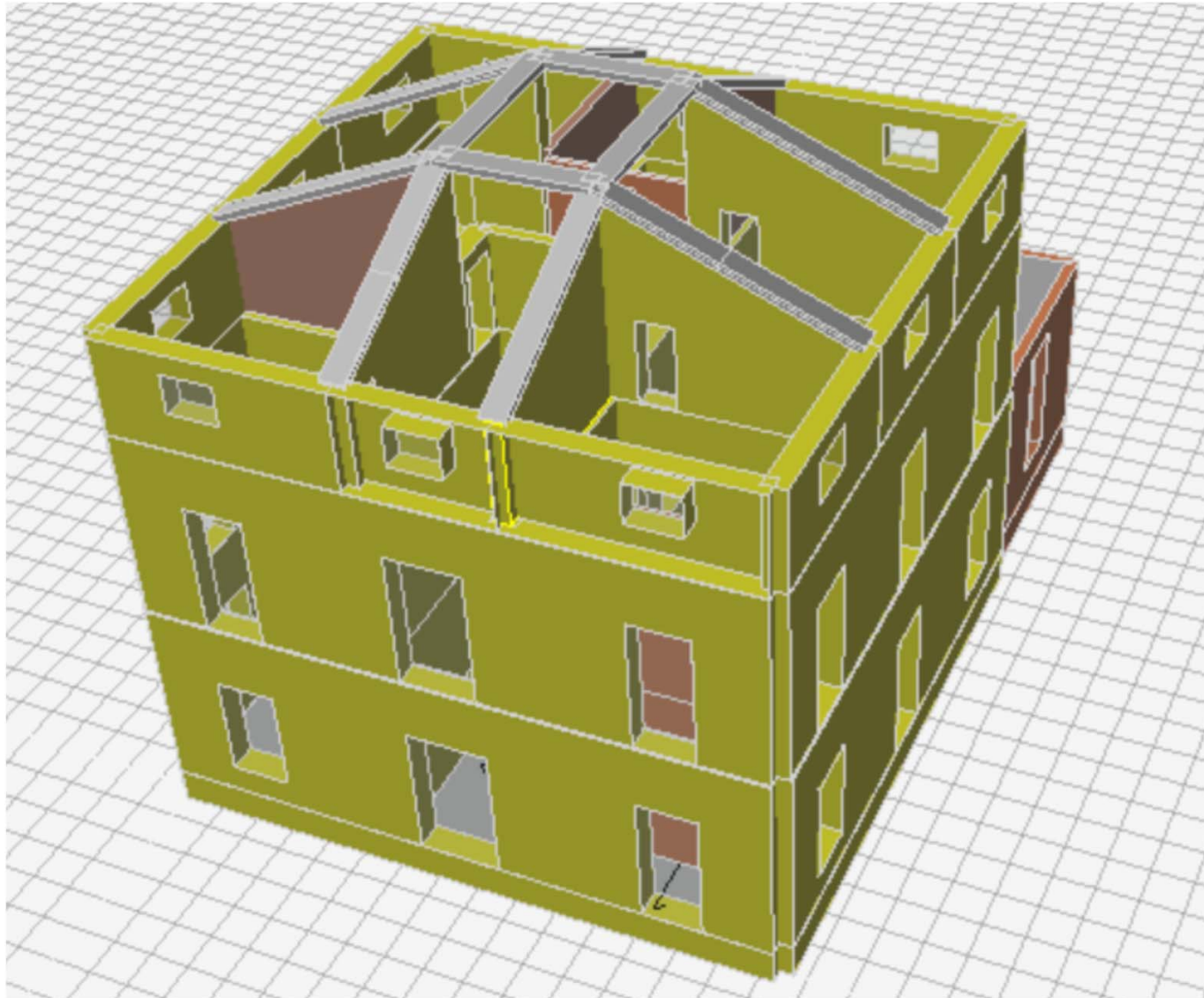


Piano primo



## Piano secondo

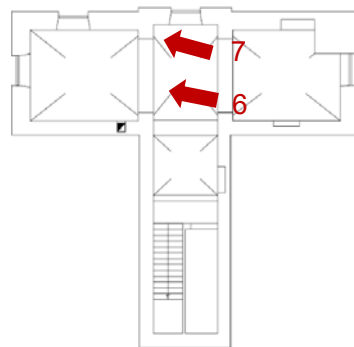




Danneggiamento:  
Spinta di archi non contrastati



6



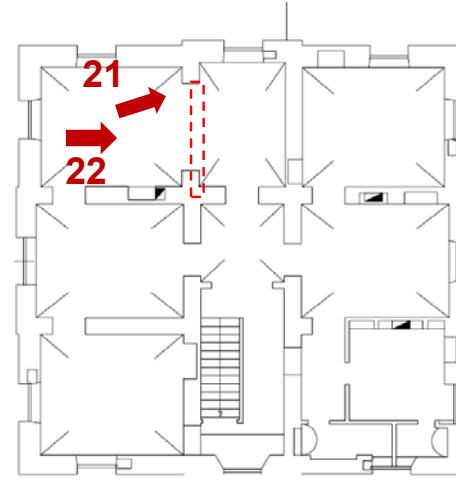
7



13



21



22

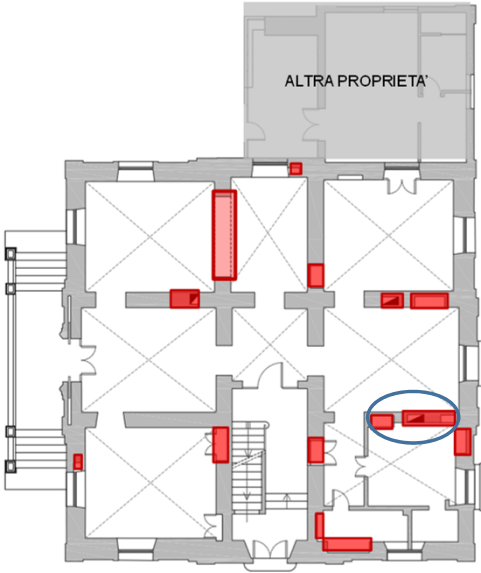






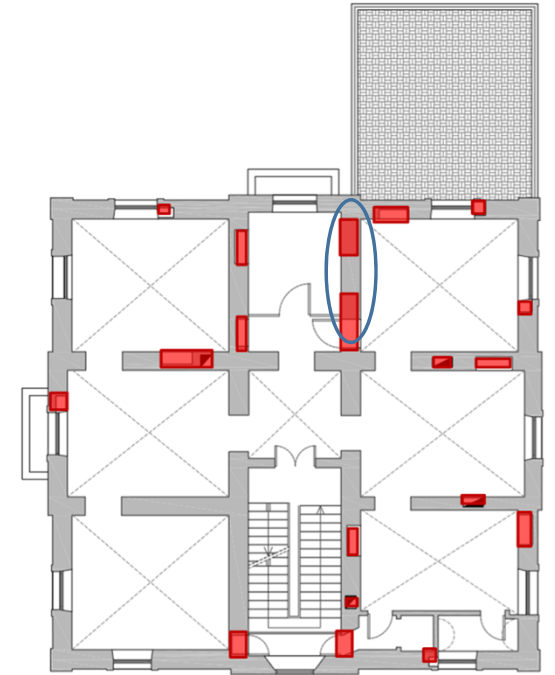


Piano terra





Piano primo



Danneggiamento:  
Volte con spinte non contrastate



Danneggiamento:  
Volte con spinte non contrastate





Piano primo

Danneggiamento:  
Volte con spinte non contrastate

Pareti non ammortate

Piano primo





Piano primo

Danneggiamento:  
Volte con spinte non contrastate

Pareti non ammortate

Piano primo (saggio)





Piano primo

Cattiva qualità della tessitura muraria

Pareti non ammassate

Piano primo

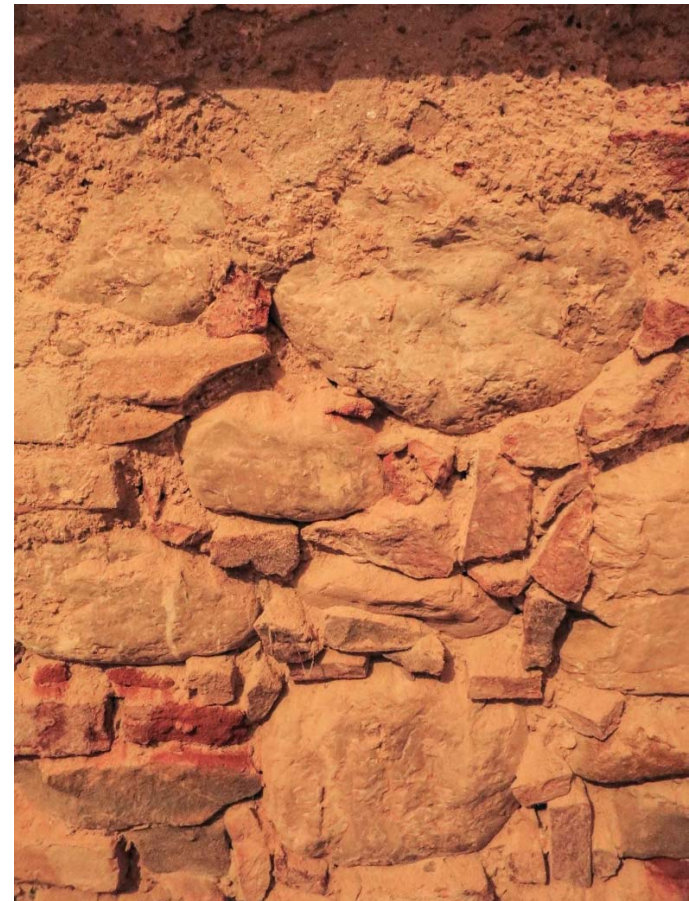


## Cattiva qualità della tessitura muraria

Fotografia 2 – Interrato

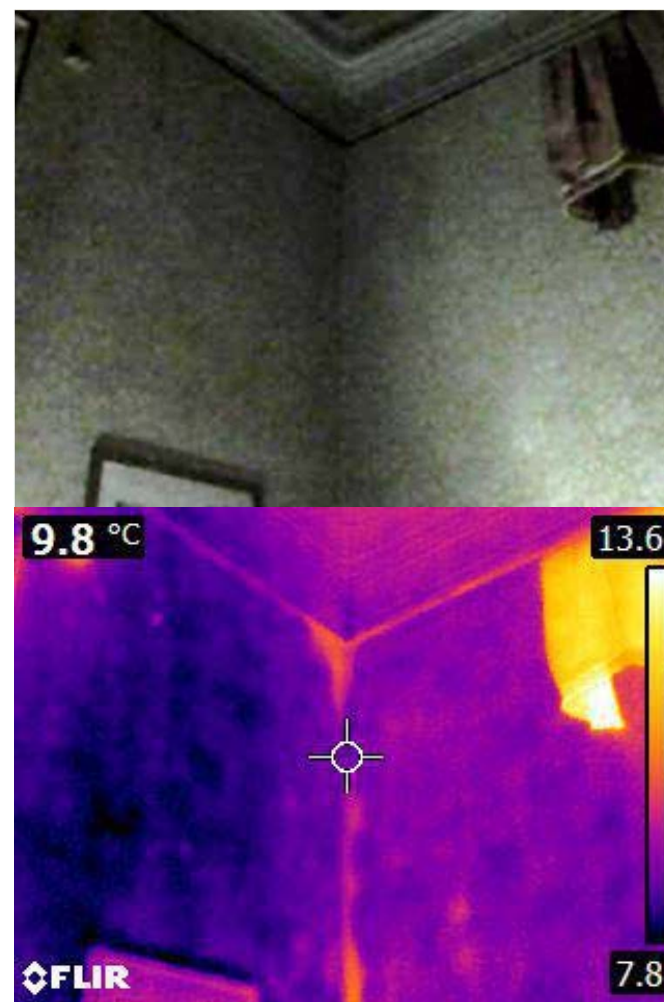


Fotografia 3 – Interrato





Fotografia 6 – Piano terra



Fotografia 7 – Piano terra

Cattiva qualità della tessitura muraria



Fotografia 17 – Piano primo

Fotografia 18 – Piano primo



## Cattiva qualità della tessitura muraria



Fotografia 4 – Piano terra

Fotografia 5 – Piano terra

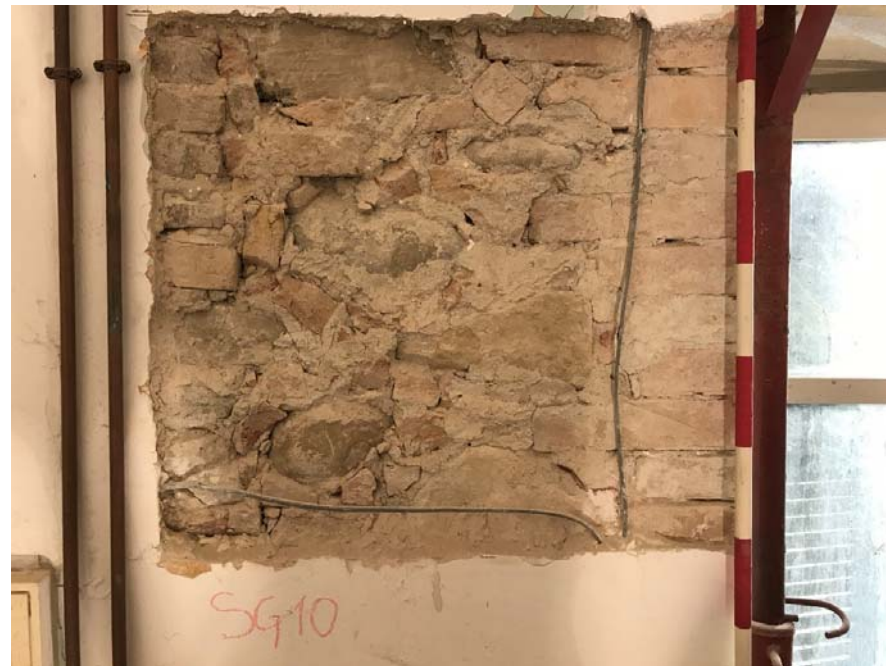


Cattiva qualità della tessitura muraria



Fotografia 9 – Piano terra

Fotografia 8 – Piano terra

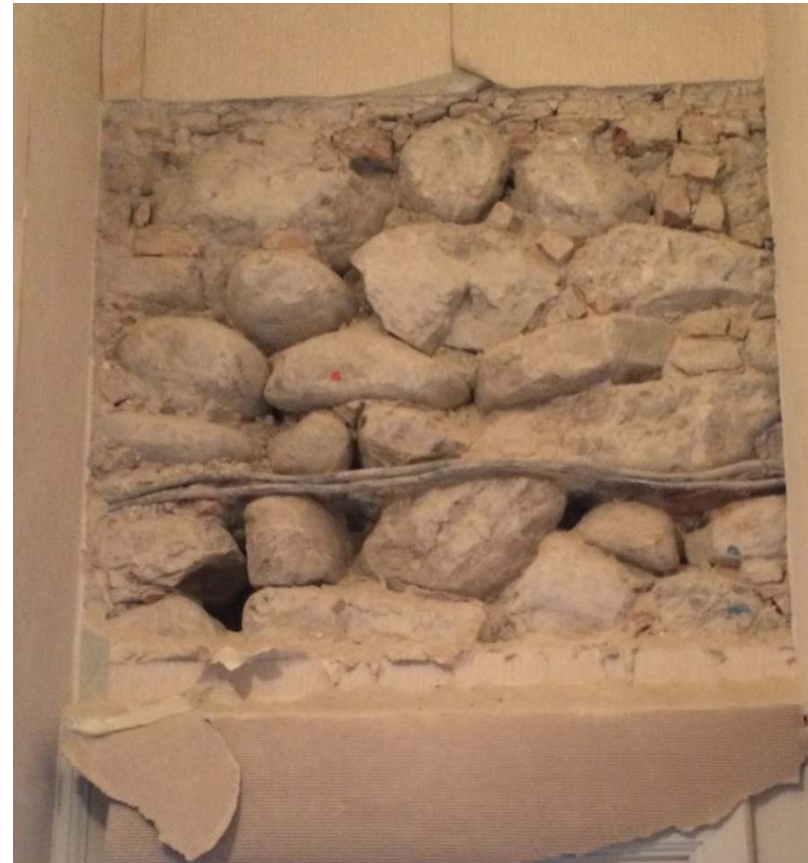




Fotografia 17 – Piano primo

Cattiva qualità della tessitura muraria

Fotografia 23 – Piano primo



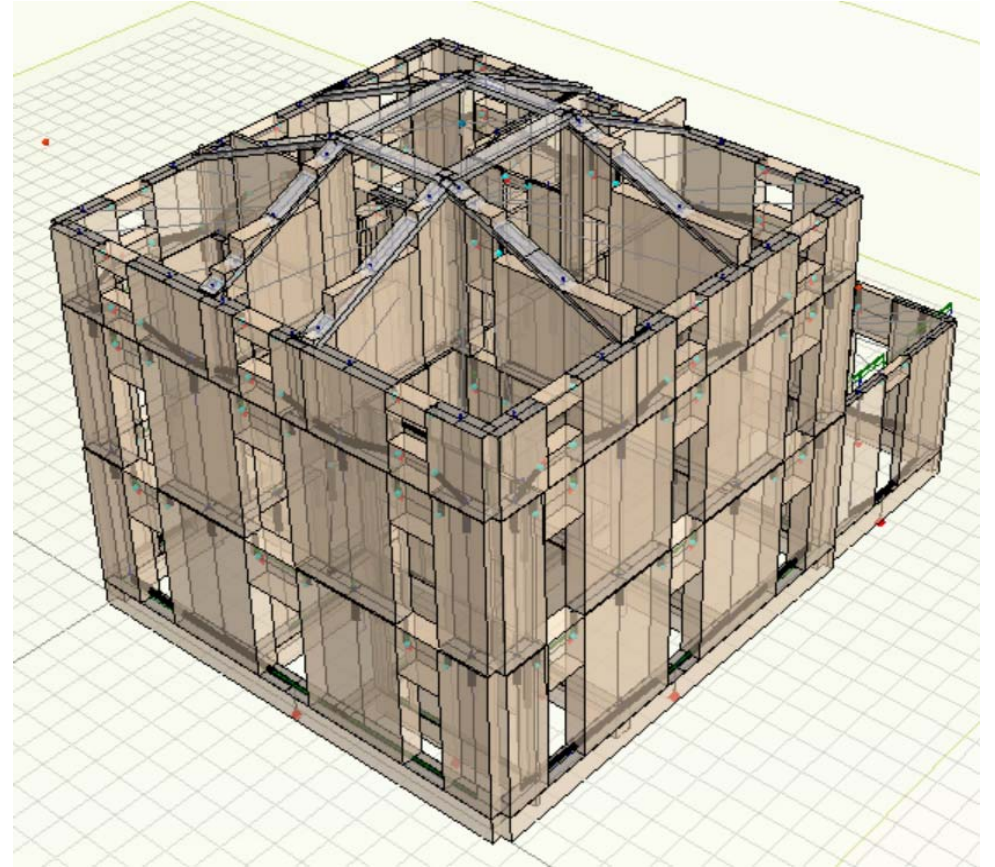
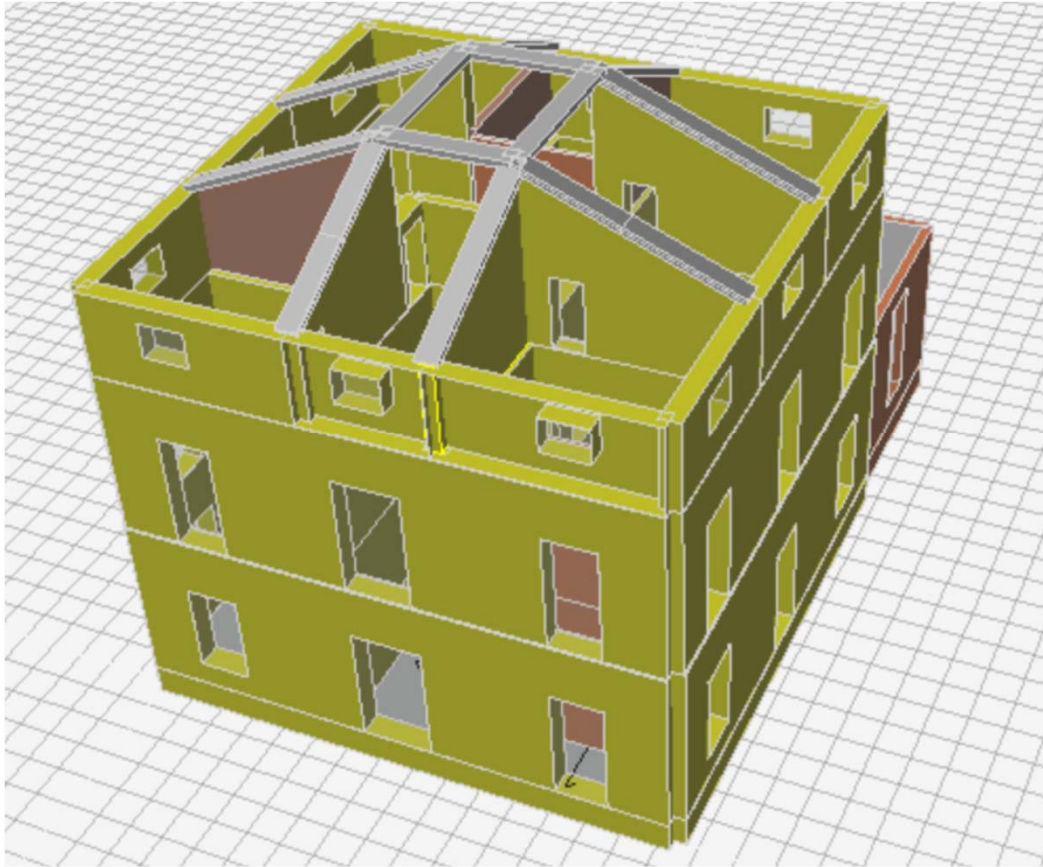


Tabella CSA.2.1 - Valori di riferimento dei parametri meccanici (minimi e massimi) e peso specifico medio per diverse tipologie di muratura, riferiti alle seguenti condizioni: malta di caratteristiche scarse, assenza di ricorsi (listature), paramenti semplicemente accostati o mal collegati, muratura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

Tipologia di muratura	$f_m$ (N/cm <sup>2</sup> )	$\tau_0$ (N/cm <sup>2</sup> )	E (N/mm <sup>2</sup> )	G (N/mm <sup>2</sup> )	w (kN/m <sup>3</sup> )
	Min-max	min-max	min-max	min-max	
Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)	100 180	2,0 3,2	690 1050	230 350	19
Muratura a conci sbozzati, con paramento di limitato spessore e nucleo interno	200 300	3,5 5,1	1020 1440	340 480	20
Muratura in pietre a spacco con buona tessitura	260 380	5,6 7,4	1500 1980	500 600	NTC 2008
Muratura a conci di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.)	140 240	2,8 4,2	900 1260	300 400	
Muratura a blocchi lapidei squadriati	600 800	9,0 12,0	2400 3200	780 940	22
Muratura in mattoni pieni e malta di calce	240 400	6,0 9,2	1200 1800	400 600	18
Muratura in mattoni semipieni con malta cementizia (es.: doppio UNI foratura ≤ 40%)	500 800	24 32	3500 5600	875 1400	15
Muratura in blocchi laterizi semipieni (perc. foratura < 45%)	400 600	30,0 40,0	3600 5400	1080 1620	12
Muratura in blocchi laterizi semipieni, con giunti verticali a secco (perc. foratura < 45%)	300 400	10,0 13,0	2700 3600	810 1080	11
Muratura in blocchi di calcestruzzo o argilla espansa (perc. foratura tra 45% e 65%)	150 200	9,5 12,5	1200 1600	300 400	12
Muratura in blocchi di calcestruzzo semipieni (foratura < 45%)	300	18,0	2400	600 800	14

Tabella C8.5.I -Valori di riferimento dei parametri meccanici della muratura, da usarsi nei criteri di resistenza di seguito specificati (comportamento a tempi brevi), e peso specifico medio per diverse tipologie di muratura. I valori si riferiscono a:  $f$  = resistenza media a compressione,  $\tau_0$  = resistenza media a taglio in assenza di tensioni normali (con riferimento alla formula riportata, a proposito dei modelli di capacità, nel §C8.7.1.3),  $f_{v0}$  = resistenza media a taglio in assenza di tensioni normali (con riferimento alla formula riportata, a proposito dei modelli di capacità, nel §C8.7.1.3), E = valore medio del modulo di elasticità normale, G = valore medio del modulo di elasticità tangenziale, w = peso specifico medio.

Tipologia di muratura	f (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_0$ (N/mm <sup>2</sup> )	$f_{v0}$ (N/mm <sup>2</sup> )	E (N/mm <sup>2</sup> )	G (N/mm <sup>2</sup> )	w (kN/m <sup>3</sup> )
	min-max	min-max		min-max	min-max	
Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)	1,0-2,0	0,018-0,032	- -	690-1050	230-350	19
Muratura a conci sbozzati, con paramenti di spessore disomogeneo (*)	2,0	0,035-0,051	- -	1020-1440	340-480	20
Muratura in pietre a spacco con buona tessitura	2,6-3,8	0,056-0,074	- -	1500-1980	500 600	NTC 2018
Muratura irregolare di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.)	1,4-2,2	0,028-0,042	- -	900-1260	300 400	
Muratura a conci regolari di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.) (**)	2,0-3,2	0,04-0,08	0,10-0,19	1200-1620	400	
Muratura a blocchi lapidei squadriati	5,8-8,2	0,09-0,12	0,18-0,28	2400-3300	800-1100	22
Muratura in mattoni pieni e malta di calce (***)	2,6-4,3	0,05-0,13	0,13-0,27	1200-1800	400-600	18
Muratura in mattoni semipieni con malta cementizia (es.: doppio UNI foratura ≤40%)	5,0-8,0	0,08-0,17	0,20-0,36	3500-5600	875-1400	15

(\*) Nella muratura a conci sbozzati i valori di resistenza tabellati si possono incrementare se si riscontra la sistematica presenza di zeppe profonde in pietra che migliorano i contatti e aumentano l'ammorsamento tra gli elementi lapidei; in assenza di valutazioni più precise, si utilizzi un coefficiente pari a 1,2.

(\*\*) Data la varietà litologica della pietra tenera, il peso specifico è molto variabile ma può essere facilmente stimato con prove dirette. Nel caso di muratura a conci regolari di pietra tenera, in presenza di una caratterizzazione diretta della resistenza a compressione degli elementi costituenti, la resistenza a compressione  $f_{pu}$  può essere valutata attraverso le indicazioni del § 11.10 delle NTC.

(\*\*\*) Nella muratura a mattoni pieni è opportuno ridurre i valori tabellati nel caso di giunti con spessore superiore a 13 mm; in assenza di valutazioni più precise, si utilizzi un coefficiente riduttivo pari a 0,7 per le resistenze e 0,8 per i moduli elastici.

NTC  
2008

Per i diversi livelli di conoscenza, per ogni tipologia muraria, i valori medi dei parametri meccanici possono essere definiti come segue:

- LC1

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

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

- LC2

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

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

NTC  
2018

LC1: -Resistenze: i valori minimi degli intervalli riportati in Tabella C8.5.I.

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

LC2: - Resistenze: i valori medi degli intervalli riportati in Tabella C8.5.I

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

LC3: -I valori delle resistenze e dei moduli elastici riportati in Tabella C.8.5.I individuano una distribuzione a-priori che può essere aggiornata sulla base dei risultati delle misure eseguite in sito. Considerato il generico parametro  $X$ , una stima dei parametri  $\mu'$  e  $\sigma'$  della distribuzione a-priori può essere dedotta dai valori minimo e massimo in tabella, con le formule seguenti:

$$\mu' = \frac{1}{2}(X_{\min} + X_{\max}) \quad [C8.5.4.1]$$

$$\sigma' = \frac{1}{2}(X_{\max} - X_{\min}) \quad [C8.5.4.2]$$

Eseguito un numero  $n$  di prove dirette, l'aggiornamento del valore medio può essere effettuato come segue:

$$\mu'' = \frac{n\bar{X} + \kappa\mu'}{n + \kappa} \quad [C8.5.4.3]$$

dove  $\bar{X}$  è la media delle  $n$  prove dirette e  $\kappa$  è un coefficiente che tiene conto del rapporto tra la dispersione (varianza) della stima effettuata attraverso le prove (combinazione tra incertezza della misurazione sperimentale e dispersione dei parametri meccanici nell'ambito dell'edificio che si sta analizzando) e la varianza  $\sigma'^2$  della distribuzione a-priori.



LC1  
LC2

E = valore medio = 870 MPa

## Analisi dinamica lineare della costruzione

### Modi di vibrare della struttura

	f [Hz]	T [s]	X [%]	Y [%]	Z [%]
10	0,88	1,142	0,02	0,00	0,03
11	1,28	0,779	0,00	0,00	0,00
12	1,31	0,760	57,01	0,20	0,01
13	1,39	0,721	0,03	0,00	0,00
14	1,47	0,678	0,00	23,34	0,01
15	1,50	0,668	0,06	0,07	0,01
16	1,51	0,662	0,90	0,48	0,03
17	1,56	0,640	3,26	18,10	0,00
18	1,65	0,607	0,70	12,84	0,00
19	1,67	0,598	0,55	0,06	0,00
20	1,76	0,567	0,00	0,00	0,00
21	1,83	0,547	0,16	2,93	0,03
22	1,88	0,531	0,01	4,21	0,06
23	1,94	0,515	0,55	0,18	0,00
24	1,97	0,507	0,00	0,00	0,00

E = valore medio = 870 MPa

???

Periodi propri molto elevati

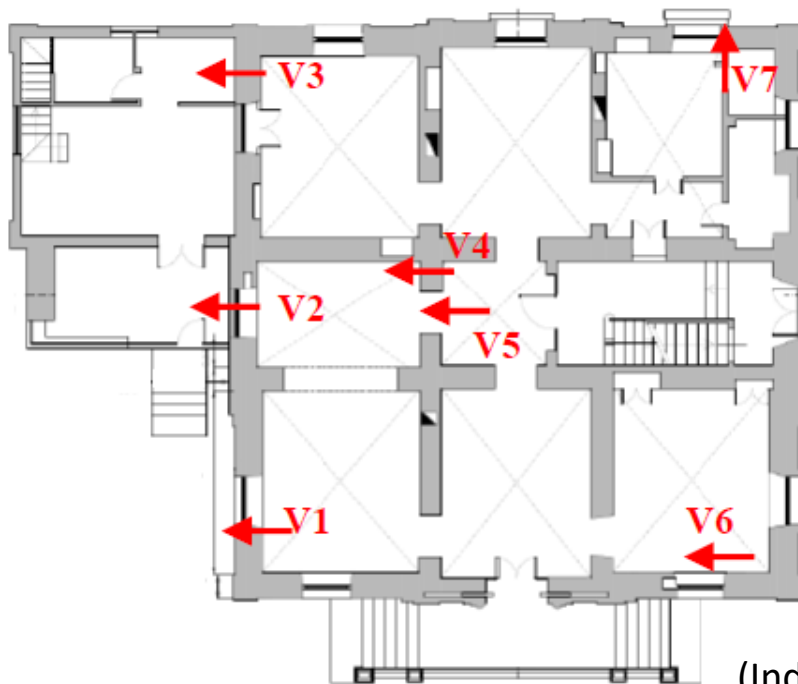


E' necessario indagare sugli **input** del modello

## Analisi modale operativa

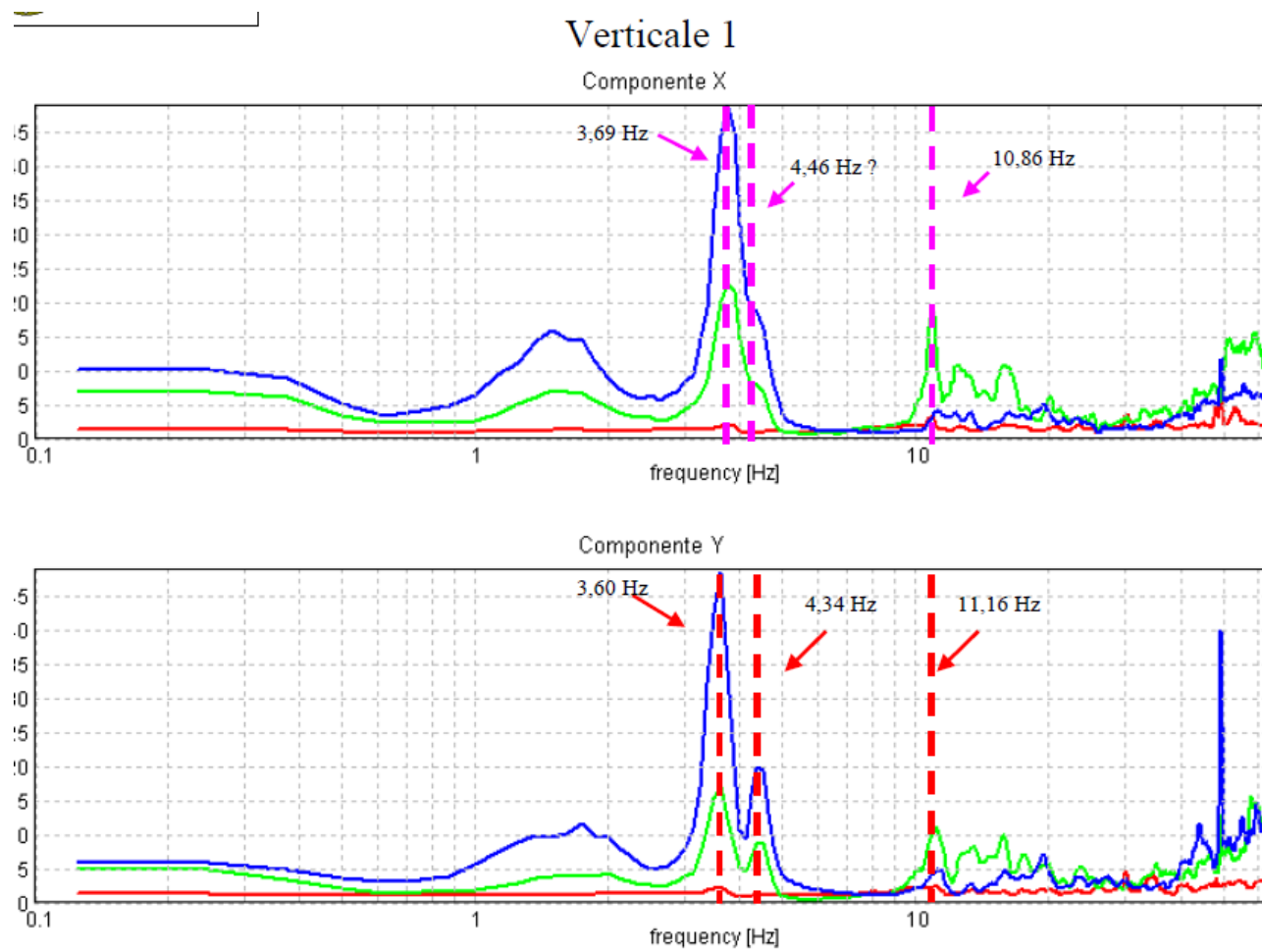
Viene effettuata una campagna di misure di microtremore ambientale, con la tecnica SSR (Standard Spectral Ratio) all'interno del manufatto, avente come obiettivo quello di ottenerne la **caratterizzazione dinamica**, estraendo attraverso il rumore ambientale significative informazioni sulle condizioni strutturali, e **verificare se esistano eventuali fenomeni di risonanza con il terreno su cui è edificato**.

Il rumore sismico ambientale è una sorgente di eccitazione per la risonanza sia del sottosuolo sia delle strutture e mediante l'utilizzo di opportune tecniche d'indagine è possibile ottenere informazioni sui sistemi risonanti da esso sollecitati.



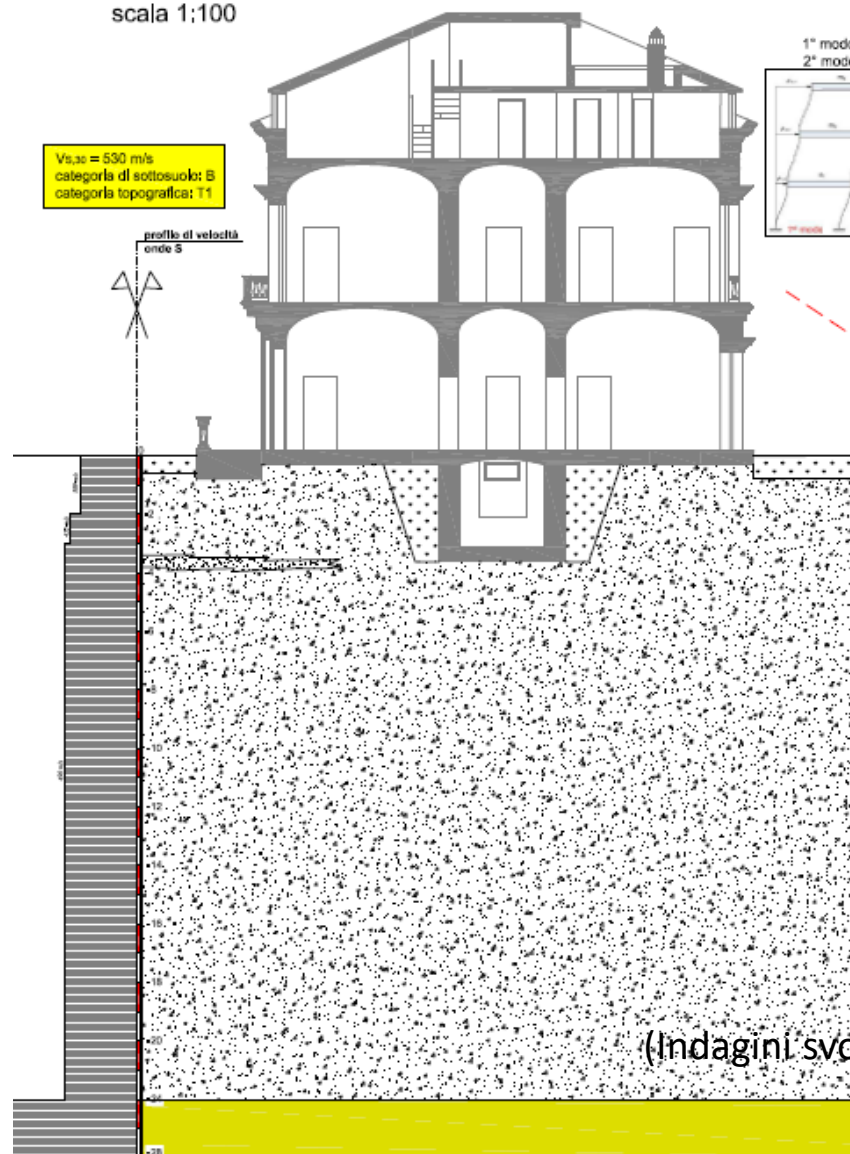
(Indagini svolte dal dott. geol. Di Francesco)



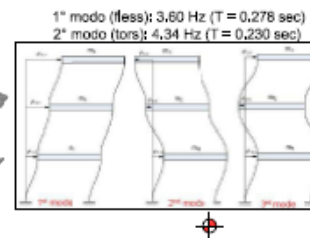


(Indagini svolte dal dott. geol. Di Francesco)

scala 1:100



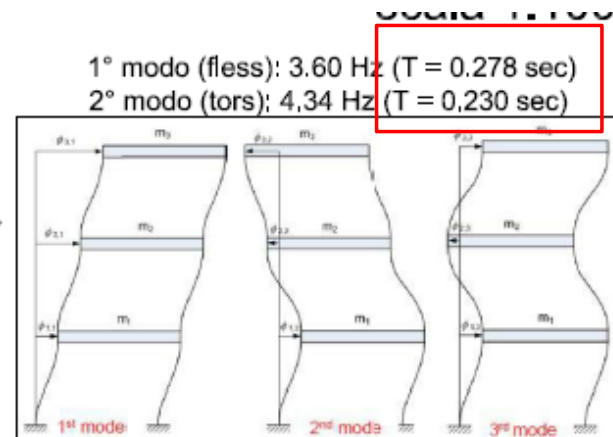
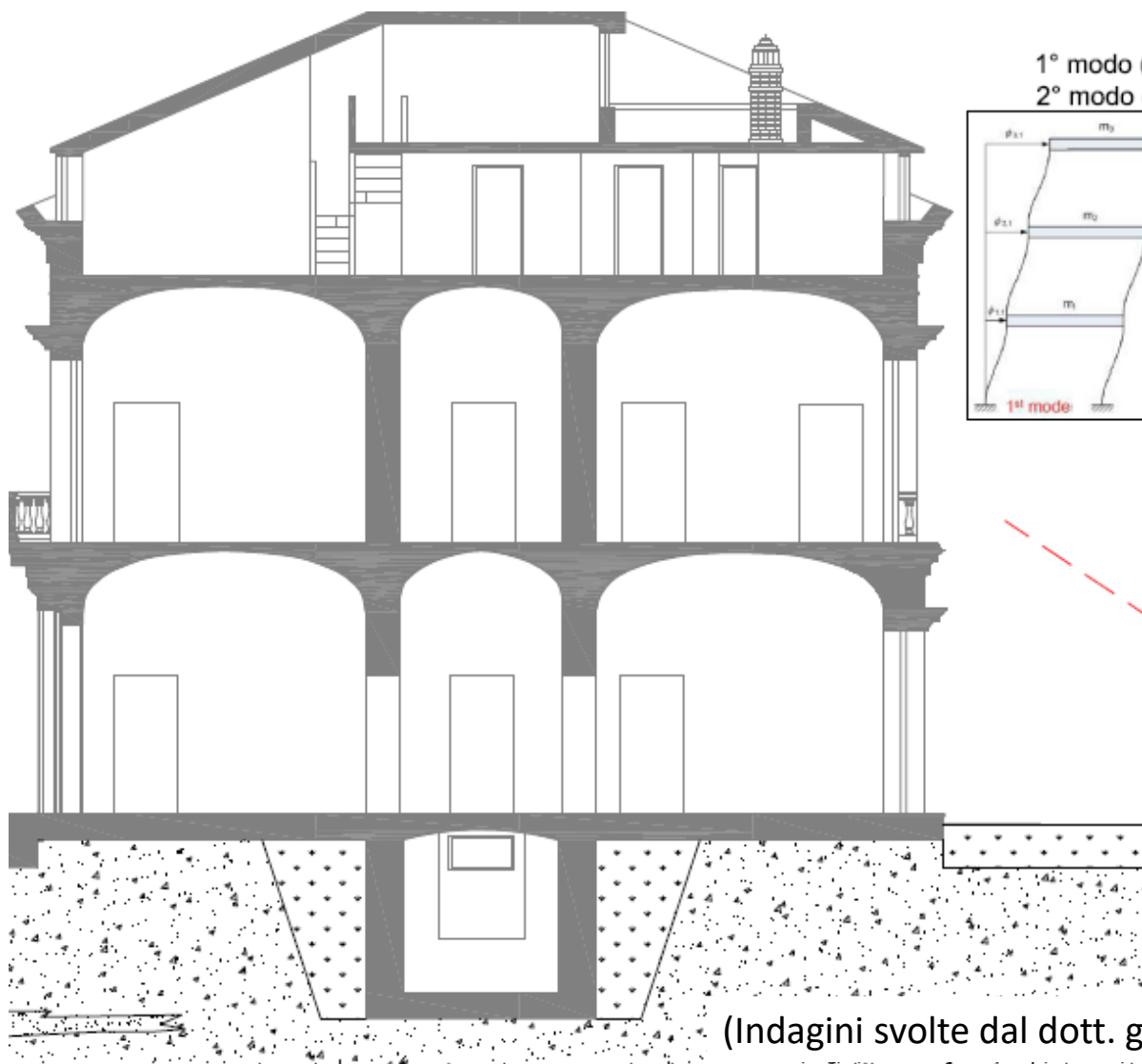
scala 1:100



1° modo:  $T=0,278$  s  
2° modo;  $T =0,23$  s

Tensi standard sublimasi		Tensi standard sublimasi - plasma		Tensi standard sublimasi - plasma	
a	37°	a	34°	a	37°
b	5 MPa	b	5 MPa	b	15 MPa
c		c		c	600 MPa
d		d		d	
Test	18.5 MPa/mc	Test	18.0 MPa/mc	Test	22 MPa/mc
e		e		e	
f		f		f	
g		g		g	
h	0.20	h	0.20	h	0.20
i	20 MPa	i	26 MPa	i	70.000 MPa

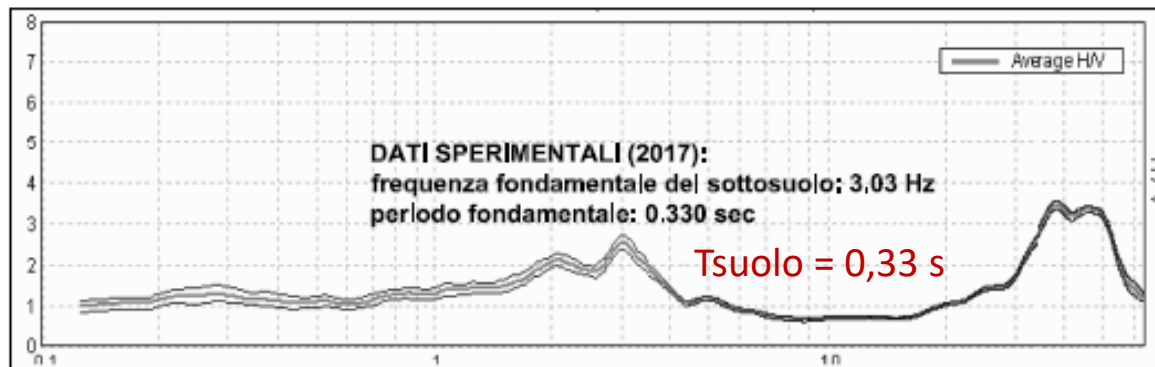
(Indagini svolte dal dott. geol. Di Francesco)



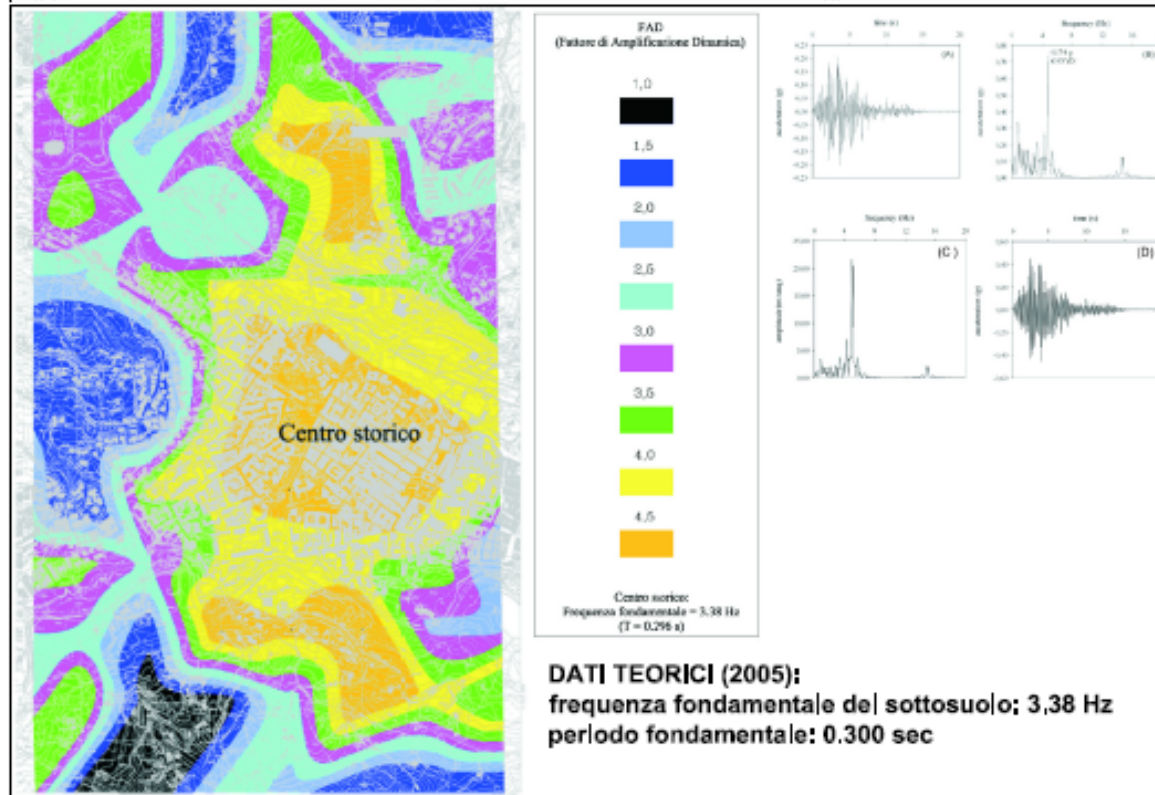
T1 = 0,278 s

(Indagini svolte dal dott. geol. Di Francesco)

# ANALISI DELLA RISPOSTA SISMICA LOCALE

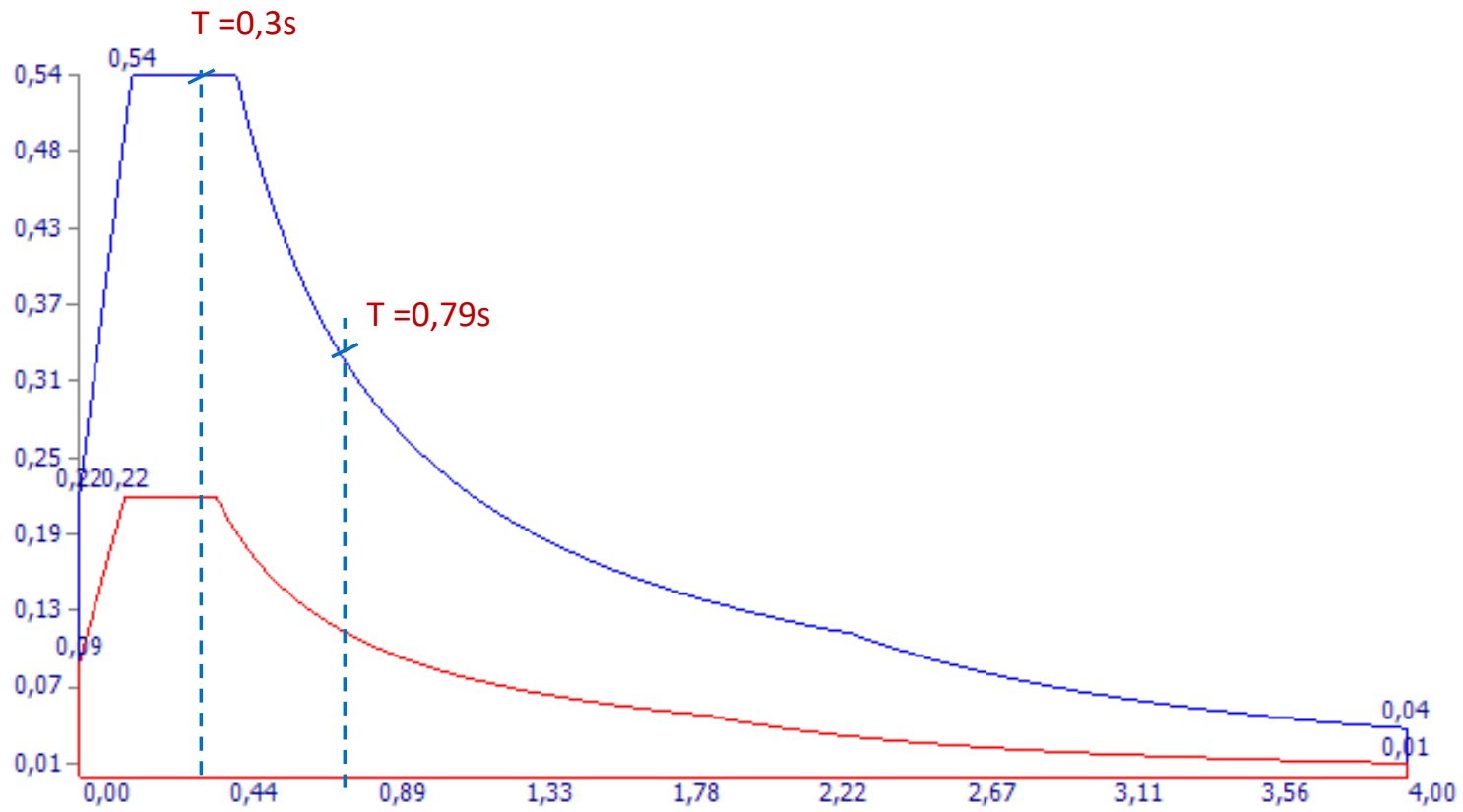


!!!! Possibilità di fenomeni di risonanza

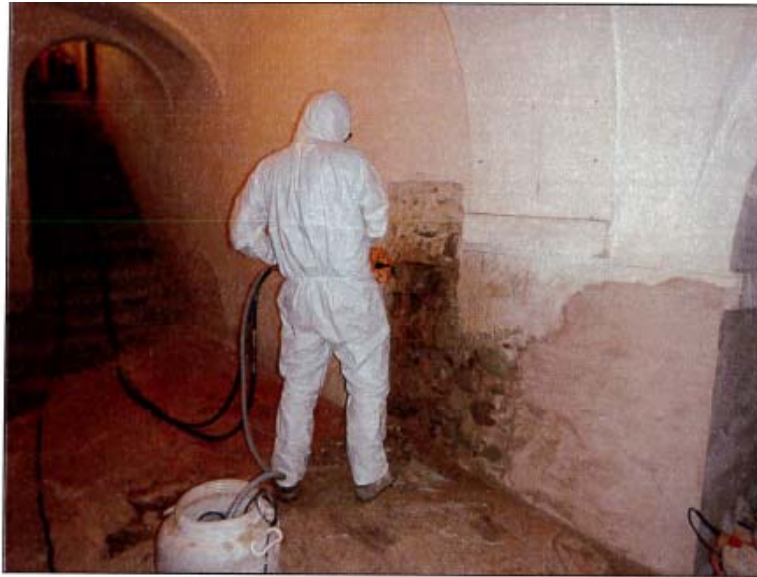


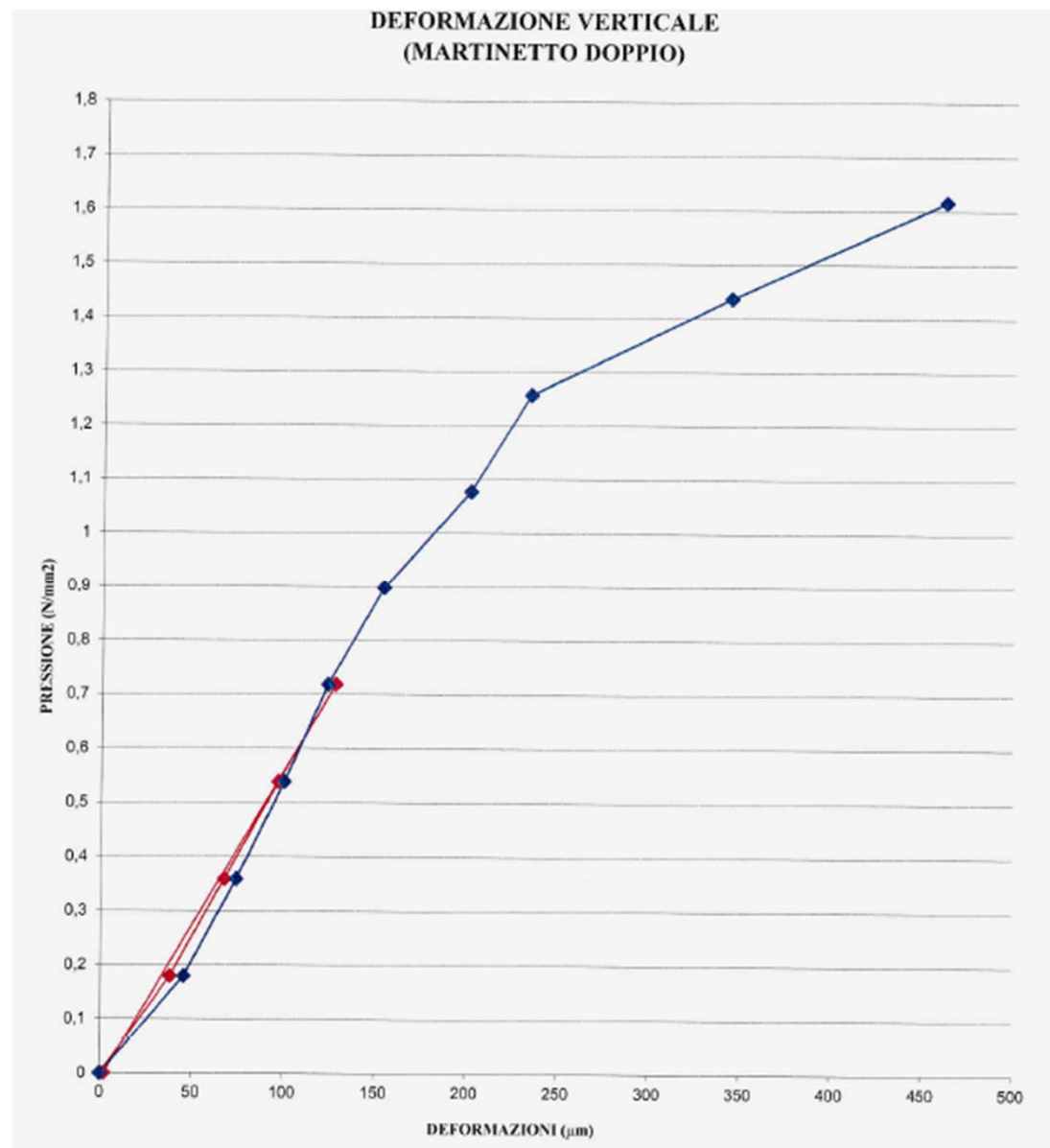
(Indagini svolte dal dott. geol. Di Francesco)

## Riflessioni sul periodo proprio e l'input sismico



Martinetto piatto doppio





E martinetto1 = 2028 Mpa

E NTC = 870 MPa

# DEFORMAZIONE VERTICALE (MARTINETTO DOPPIO)

Press. Bar	S N/mm <sup>2</sup>	Spost. 1-4 µm	Spost. 2-5 µm	Spost. 3-6 µm	Media Spost. µm
0	0,00	0	0	0	0
2	0,18	30	51	33	38
4	0,36	54	82	66	67
0	0,00	0	4	2	2
2	0,18	35	54	48	46
4	0,36	55	94	73	74
6	0,54	73	130	97	100
8	0,72	83	172	115	123
10	0,90	103	210	148	154
12	1,08	146	260	197	201
14	1,26	191	262	248	234
16	1,44	266	442	322	343
18	1,62	386	572	426	461

$$S = \text{Press.} \cdot K_m \cdot K_a$$

Press. = Pressione in Bar rilevata al manometro

K<sub>m</sub> = Costante dipendente dal martinetto utilizzato = 0,91

K<sub>a</sub> = Rapporto tra l'area del martinetto A<sub>m</sub> e l'area del taglio A<sub>t</sub> = 1

Modulo di deformabilità (*) (E = D <sub>p</sub> /D <sub>e</sub> ) N/mm <sup>2</sup> 2028,6
---

Tensione massima di prova (s) N/mm <sup>2</sup> 1,62
---

(\*) Modulo elastico calcolato nell'intervallo di carico 0,36 N/mm<sup>2</sup> - 0,72 N/mm<sup>2</sup> del 2° ciclo di carico

---

Modi di vibrare della struttura con il valore di E fornito dai martinetti

	T [Hz]	I [s]	X [o/n]	Y [o/n]	Z [o/n]
19	2,52	0,39	0,00	0,00	0,12
20	3,16	0,31	0,02	0,01	0,08
21	3,20	0,31	0,97	0,00	0,00
22	3,34	0,29	61,0	0,01	0,00
23	3,49	0,28	0,02	62,4	0,00
24	3,65	0,27	0,00	0,05	0,07
25	4,08	0,24	0,01	0,08	0,00
26	4,53	0,22	0,01	0,00	0,01
27	4,70	0,21	0,27	0,03	0,00
28	4,83	0,20	0,07	0,01	0,00
29	4,98	0,20	0,02	0,00	0,00
30	5,08	0,19	0,00	0,01	0,00
31	5,24	0,19	0,00	0,20	0,00
32	5,49	0,18	0,00	0,00	0,00
33	5,66	0,17	0,00	0,00	0,00

!!! ATT!!

Per utilizzare il valore sperimentale del modulo elastico è necessario arrivare a un livello di conoscenza LC3

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

o Resistenze: media dei risultati delle prove

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

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

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

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

- LC3 – caso c), nel caso sia disponibile un valore sperimentale di resistenza

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

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

NTC  
2008

LC1: -Resistenze: i valori minimi degli intervalli riportati in Tabella C8.5.I.

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

LC2: - Resistenze: i valori medi degli intervalli riportati in Tabella C8.5.I

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

LC3: -I valori delle resistenze e dei moduli elastici riportati in Tabella C.8.5.I individuano una distribuzione a-priori che può essere aggiornata sulla base dei risultati delle misure eseguite in sito. Considerato il generico parametro  $X$ , una stima dei parametri  $\mu'$  e  $\sigma'$  della distribuzione a-priori può essere dedotta dai valori minimo e massimo in tabella, con le formule seguenti:

$$\mu' = \frac{1}{2}(X_{\min} + X_{\max}) \quad [C8.5.4.1]$$

$$\sigma' = \frac{1}{2}(X_{\max} - X_{\min}) \quad [C8.5.4.2]$$

Eseguito un numero  $n$  di prove dirette, l'aggiornamento del valore medio può essere effettuato come segue:

$$\mu'' = \frac{n\bar{X} + \kappa\mu'}{n + \kappa} \quad [C8.5.4.3]$$

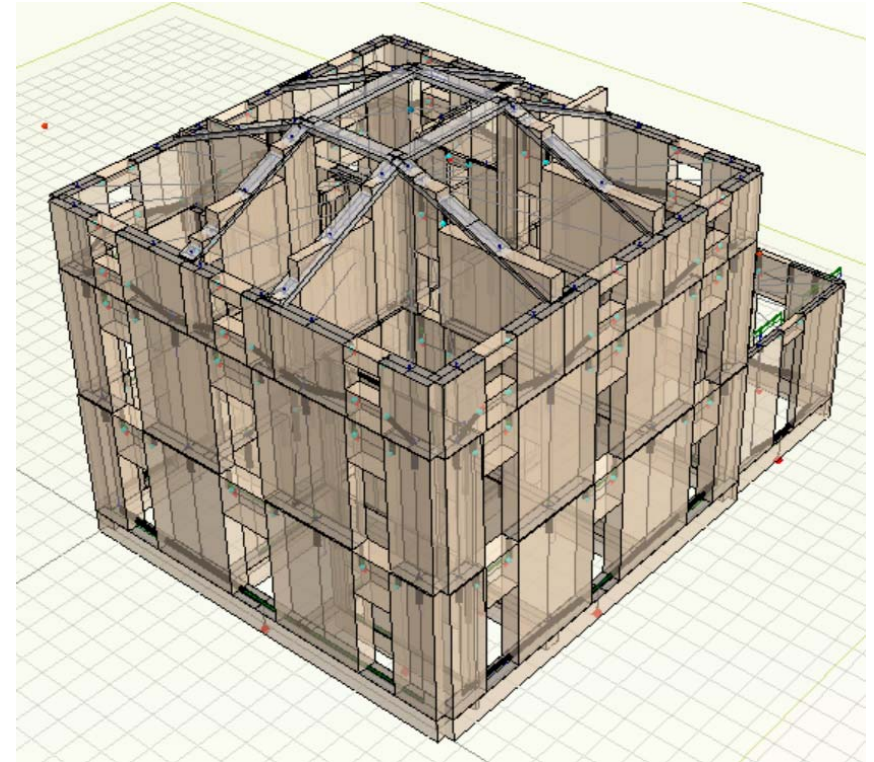
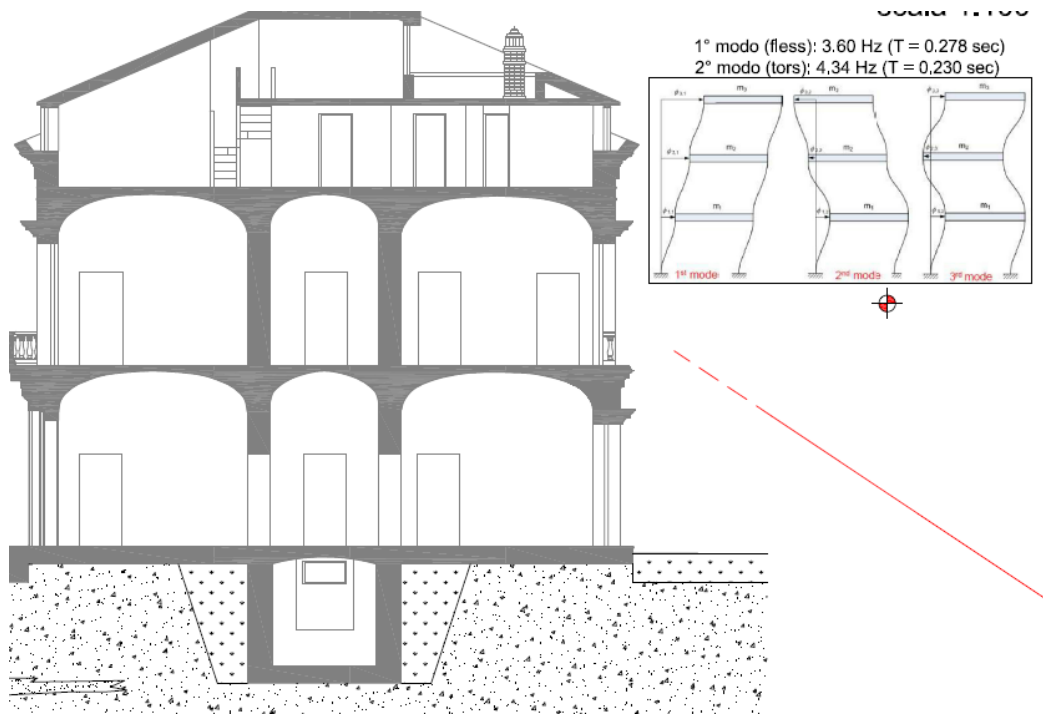
dove  $\bar{X}$  è la media delle  $n$  prove dirette e  $\kappa$  è un coefficiente che tiene conto del rapporto tra la dispersione (varianza) della stima effettuata attraverso le prove (combinazione tra incertezza della misurazione sperimentale e dispersione dei parametri meccanici nell'ambito dell'edificio che si sta analizzando) e la varianza  $\sigma'^2$  della distribuzione a-priori.

NTC  
2018

## Conclusioni

---

- Le strutture esistenti in muratura presentano caratteristiche peculiari e spesso è complesso determinare caratteristiche meccaniche dei materiali che siano effettivamente rappresentative del comportamento della costruzione
- L'analisi modale operativa permette di individuare le **forme modali e le frequenze principali delle strutture** (e delle infrastrutture) e permette anche di comprendere eventuali fenomeni di risonanza
- I parametri meccanici possono essere variati al fine di **ottimizzare i modelli di calcolo** (ed evitare errori di modellazione)
- Le evidenze sperimentali possono suggerire **indagini in sito aggiuntive**



[stefaniaarango@gmail.com](mailto:stefaniaarango@gmail.com)

[s.arango@ording.roma.it](mailto:s.arango@ording.roma.it)