



PROGETTO

Riparazione dei danni e miglioramento sismico del Palazzo Ducale (da Varano), danneggiato dagli eventi sismici del 24 agosto 2016 e successivi

UBICAZIONE

Piazza Cavour - 62032 - Camerino (MC) - Marche - Italia

COMMITTENTE:

UNICAM Università degli Studi di Camerino

Piazza Cavour 19/f 62032 Camerino MC

P.I.: 00291660439

C.F.: 81001910439



Responsabile Unico del Procedimento:

Ing. Gian Luca Marucci

Coordinamento Progetto:

Prof. Ing. Graziano Leoni

Supporto al R.U.P. per:

Indagini strutturali:

Prof. Ing. Alessandro Zona

Ing. Michele Morici

Evolvea s.r.l. - Gruppo Filippetti

Indagini geologiche:

Geol. Marcello Maccari

Analisi storica:

Prof. Arch. Gaia Remiddi

Analisi conoscitiva delle componenti materico-costruttive:

Prof. Arch. Enrica Petrucci

Dott. Graziella Roselli

Arch. Diana Lapucci

Progettazione opere di restauro architettonico:

Prof. Arch. Enrica Petrucci

Progettazione opere strutturali:

Seitec Seismotechnologies srl

Prof. Ing. Luigino Dezi

Ing. Alessandro Balducci

Progettazione opere impiantistiche:

ANTAS S.p.a.

Coordinamento della sicurezza in fase di progettazione:

Arch. Guido Martini

Collaboratori:

Ing. Lucia Barchetta

Ing. Leonardo Cipriani

Arch. Noemi Lapucci

Ing. Claudia Canuti

Geomore s.r.l.

TITOLO

Progetto Esecutivo Relazione indagini strutturali

S

ELABORATO:

0 0 1 .0

DISCIPLINA

RELAZIONI

REVISIONE	DATA:	OGGETTO:	REDATTO:	VERIFICATO:	APPROVATO:	SCALA:
rev_00	5/11/2021	EMISSIONE DEL PROGETTO				
rev_01	__/__/__					
rev_02	__/__/__					
rev_03	__/__/__					
rev_04	__/__/__					NOME FILE:

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 1 di 194

INDICE

1	PROGETTO DELLA CAMPAGNA SPERIMENTALE DI PROVE	3
1.1	Generalità	3
1.2	Riferimenti normativi.....	4
1.3	Obiettivi della campagna di prove sperimentali	4
1.4	Campagna di indagine	5
2	INDAGINI EFFETTUATE IN SITU	7
2.1	Indagini endoscopiche	7
2.1.1	Modalità di esecuzione della prova	7
2.1.2	Strumentazione	7
2.1.3	Risultati delle prove endoscopiche	7
2.2	Saggi localizzati	63
2.2.1	Scheda di rilievo tasche di sondaggio localizzate a livello degli orizzontamenti	63
2.2.2	Scheda di rilievo tasche di sondaggio localizzate sui paramenti murari.....	80
2.3	Martinetti piatti doppi	100
2.3.1	Modalità di esecuzione della prova	101
2.3.2	Strumentazione	101
2.3.3	Ubicazione prove.....	102
2.3.4	Risultati delle prove con martinetti piatti doppi.....	103
2.3.5	Interpretazione delle prove con martinetti piatti doppi.....	131
2.4.1	Risultati dello studio sedimentologico	144
2.4.2	Osservazioni di carattere sedimentologico.....	151
2.5	Indagini Ultrasoniche Colonnato Portico Varano	154

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 2 di 194

2.5.1	Strumentazione	154
2.5.2	Modalità di esecuzione	154
2.5.3	Risultati delle prove con ultrasuoni	156
2.6	Prove Equotip (EQ) sulle colonne del Portico da Varano	166
2.6.1	EQ test sulle colonne di arenaria costituenti le colonne del Palazzo Ducale.....	167
2.7	Prove di caratterizzazione meccanica dei banchi di arenaria affioranti al livello dell’Orto Botanico e definizione delle espressioni per la valutazione indiretta della resistenza	170
2.7.1	Correlazione della resistenza con V e I.....	173
2.9.1	Analisi composizione interna colonnato Portico Varano con indagine radiografica.....	175
2.10	Prove dinamiche verifica tiro catene Portico Varano	177
2.10.1	Descrizione della strumentazione utilizzata.....	177
2.10.2	Software per acquisizione dati accelerometrici e post-processing.....	179
2.10.3	Procedura di prova ed analisi dei dati	179
2.10.4	Risultati sperimentali.....	182
2.10.5	Valutazione del tiro sulle catene	193
Allegato A	Relazione della campagna di indagine con metodo radiografico	
Allegato B	Report prove di schiacciamento effettuate dal Laboratorio Prove, Materiali dell’Istituto Tecnico Antinori di Camerino e Matelica	

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 3 di 194

1 PROGETTO DELLA CAMPAGNA SPERIMENTALE DI PROVE

1.1 Generalità

La presente relazione riguarda le risultanze della campagna di indagini sperimentali a supporto della valutazione della vulnerabilità sismica dell'edificio Palazzo Ducale evidenziato in Figura 1-1. Il fabbricato è sito nel Comune di Camerino in via Del Bastione, 1 e planimetricamente si compone di più aggregati di forma pressoché rettangolare interconnessi tra loro.

Preliminarmente all'esecuzione del rilievo e al progetto della campagna di prove sperimentali, è stata condotta la ricerca presso gli archivi dell'ufficio tecnico dell'Università di Camerino e della Soprintendenza Archeologica belle Arti e Paesaggio delle Marche "Sabap Marche" degli elaborati progettuali così da riuscire a tracciare un percorso di tutti gli interventi sia a livello strutturale che funzionale intercorsi nei vari anni.

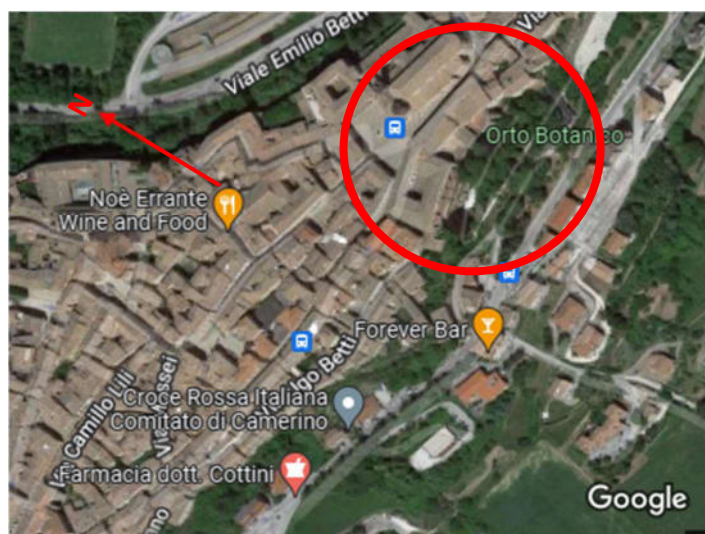


Figura 1-1 Vista aerea dell'edificio

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 4 di 194

1.2 Riferimenti normativi

Principali norme nazionali di riferimento per la campagna di indagini sperimentali:

- UNI EN 12504-4:2005 Prove sul calcestruzzo nelle strutture – parte 4 – Determinazione della velocità di propagazione degli impulsi ultrasonici;
- RILEM Recommendation TC 127 – MS MS.D.1 Measurement of mechanical pulse velocity for masonry, 2001;
- ASTM C597-09 Standard Test Methods for Pulse Velocity Through Concrete;
- Linee guida ReLUIS per modalità di indagine sulle strutture e sui terreni per i progetti di riparazione, miglioramento e ricostruzione di edifici inagibili;
- ASTM C1197-09 Standard test method for in situ measurement of masonry deformability properties using the flatjack method;
- RILEM recommendation TC76 LUM D3 del '91;
- UNI 10766:1999 Calcestruzzo indurito – Prove di compressione su provini ricavati da micro-carote per la stima delle resistenze cubiche locali del calcestruzzo in situ;
- UNI EN 12504-1:2002 Calcestruzzo nelle strutture – Carote – Prelievo, esame e prova di compressione;

Relativamente alle misure dinamiche effettuate sulle catene del Portico da Varano, per la procedura di prova e per il post processing delle misure ottenute si è fatto riferimento a quanto indicato e disponibile in letteratura scientifica, a partire dalle indicazioni contenute in D.J. EDWIN *Modal Testing: Theory, Practice and Application, second edition, Wiley*.

1.3 Obiettivi della campagna di prove sperimentali

La campagna di prove sperimentali in situ ed in laboratorio è stata estesa a tutta la costruzione, redigendo un piano di indagine orientato a restituire un quadro omogeneo di conoscenza del manufatto, prevedendo approfondimenti sulle porzioni più rilevanti ai fini della risposta sismica e tenendo conto delle informazioni fornite dai documenti di progetto.

Il programma è stato elaborato limitando le indagini invasive e distruttive, studiandone la loro localizzazione in modo da ridurre l'impatto generale sul bene. Il percorso di conoscenza ed il programma di prove che ne è scaturito, comprendono le seguenti fasi:

1. reperimento ed analisi accurata di tutta la documentazione storica disponibile così da tracciare un percorso logico delle modifiche e trasformazioni che ha subito il palazzo nel corso degli anni;
2. verifica dell'accuratezza dei rilievi architettonici disponibili;

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 5 di 194

- rilievo completo della geometria e delle sezioni del Portico da Varano tramite l'ausilio del laser scanner;
- rilievo accurato delle tipologie degli orizzontamenti di piano e delle strutture murarie di elevazione;
- analisi del quadro fessurativo presente a seguito dell'ultimo evento sismico di ottobre 2016
- serie di indagini diagnostiche distruttive e non distruttive sugli orizzontamenti, sui pannelli murari, sul colonnato del Portico Varano e sui campioni di materiale prelevati a livello dell'orto botanico;
- interpretazione dei dati sperimentali finalizzata alle analisi strutturali per lo studio della risposta sismica.

Le prove e gli approfondimenti di indagini descritti nel seguito sono stati condotti nei giorni 28-31/01/2022 e 1-7-8-14-15-16-18-21/02/2022.

1.4 Campagna di indagine

Le indagini effettuate comprendono:

- prove endoscopiche per la determinazione della stratigrafia dei solai e dei pannelli murari;
- rimozioni di intonaco concentrate in prossimità di lesioni e nelle intersezioni tra muri perimetrali e di spina così da valutare l'estensione e la gravità del quadro fessurativo, il grado di ammorzamento tra le pareti e la qualità della tessitura muraria;
- tasche di sondaggio all'estradosso e l'intradosso degli orizzontamenti di piano;
- prove con martinetti piatti in configurazione doppia così da valutare le caratteristiche di deformazione dei pannelli murari
- prove ultrasoniche sul colonnato del Portico da Varano per avere una valutazione qualitativa in merito all'omogeneità del materiale;
- indagini radiografiche delle colonne del Portico da Varano così da avere un quadro generale in merito alla posizione e stato di conservazione delle barre di armatura inserite all'interno delle stesse successivamente ad un intervento della Soprintendenza negli anni 70. Il campo prova è stato allestito ed eseguito dall'azienda EVOLVEA del Gruppo Filippetti e i risultati sono descritti nell'Allegato A in calce;
- prove a schiacciamento su campioni di arenaria prelevati al livello del sottostante orto botanico e riportate nell'Allegato C in calce;
- prove dinamiche ad impatto con martello strumentato sulle catene del Portico da Varano così da valutarne le proprietà dinamiche modali (frequenza, forma modale e smorzamento) e il tiro

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 6 di 194

L'ubicazione delle indagini è visibile dalle tavole grafiche allegate S 001.1 Piano Strada, S 001.2 Piano Ammezzato e S 001.3 Piano Nobile.

L'esecuzione delle prove sperimentali è stata affidata al Laboratorio di Diagnostica delle Costruzioni del Centro Laboratori Integrati Condivisi (CLIC) della Scuola di Architettura e Design, dell'Università degli Studi di Camerino. Lo schiacciamento dei provini cilindrici di arenaria è stato, invece, affidato al Laboratorio Prove, Materiali dell'Istituto Tecnico Antinori di Camerino e Matelica.

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 7 di 194

2 INDAGINI EFFETTUATE IN SITU

2.1 Indagini endoscopiche

Le tipologie costruttive sia degli orizzontamenti che delle pareti murarie sono state determinate mediante una serie di osservazioni endoscopiche utilizzando un boroscopio flessibile reso solidale ad un'asta rigida graduata di lunghezza uguale a 100 cm, con sistema d'illuminazione a lampada led integrata alla testina di visione.

2.1.1 Modalità di esecuzione della prova

Le fasi esecutive delle tomografie endoscopiche sono state le seguenti:

- perforazione con trapano munito di punta al widia di diametro uguale a 32 mm;
- lavaggio del foro allo scopo di eliminare i residui di polvere causati dalla perforazione;
- introduzione nel foro del boroscopio;
- registrazione della stratigrafia del tratto indagato, facendo riferimento alla distanza progressiva dal filo del paramento interno o esterno per le tamponature e dal piano di calpestio per gli impalcati.

2.1.2 Strumentazione

La strumentazione disponibile consiste in un endoscopio flessibile della Boviari reso solidale ad un'asta rigida graduata con sistema di illuminazione a lampada led integrata alla testina di visione.

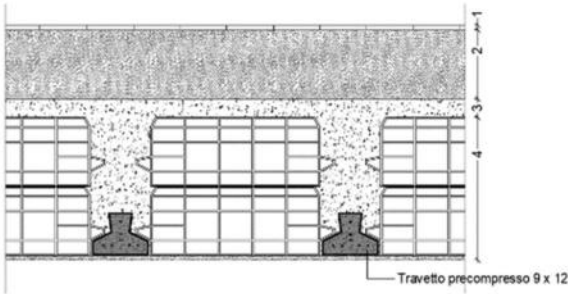
Sono state eseguite n. 19 endoscopie verticali a livello degli orizzontamenti sui solai del piano ammezzato e nobile e n. 45 endoscopie orizzontali sui paramenti murari di ogni elevazione, piano strada, ammezzato e nobile.

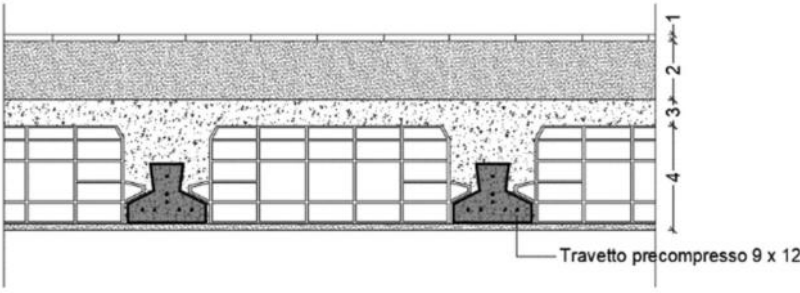
2.1.3 Risultati delle prove endoscopiche

I risultati delle endoscopie sono restituiti nelle successive "Schede di rilievo endoscopico", suddivise per ogni corpo e livello dal piano campagna indagato, nelle quali, per ciascuna indagine sono riportati gli scatti fotografici eseguiti a distanze ritenute significative dal bordo del foro per individuare compiutamente gli strati e gli elementi componenti ed una tabella in cui sono riportati gli elementi costitutivi dell'elemento indagato con i relativi spessori.

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 8 di 194

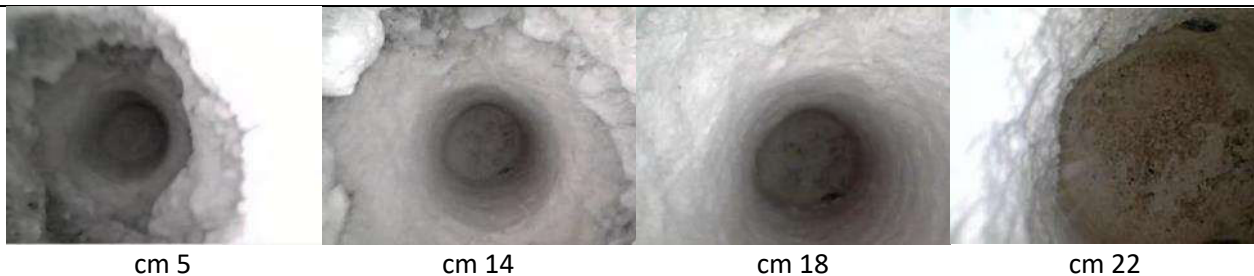
2.1.3.1 Indagini endoscopiche a livello degli orizzontamenti

localizzazione: PIANO NOBILE – Corpo A endoscopia ES – A01			
			
STRATIGRAFIA			
Tratto	Misura strato [cm]		Descrizione tratto indagato
	Parziale	Progressiva	
1	16	16	Pavimento + Massetto
2	4	20	Soletta
3	16	36	Laterizio (Pignatta)
4	16	52	Laterizio (Pignatta)
Note :			

localizzazione: PIANO NOBILE – Corpo A endoscopia ES – A02			
			
STRATIGRAFIA			
Tratto	Misura strato [cm]		Descrizione tratto indagato
	Parziale	Progressiva	
1	1,5	1,5	Pavimento
2	15,5	17	Massetto
3	4	21	Soletta
4	16	37	Laterizio (Pignatta)
Note :			

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 9 di 194

localizzazione: **PIANO NOBILE – Corpo A** endoscopia **ES – A03**



STRATIGRAFIA			
Tratto	Misura strato [cm]		Descrizione tratto indagato
	Parziale	Progressiva	
1	2	2	Pavimento
2	15	17	Massetto
3	4	24	Soletta
4	Impossibile proseguire con il perforo. Pervenuto cambio di consistenza.
Note :			

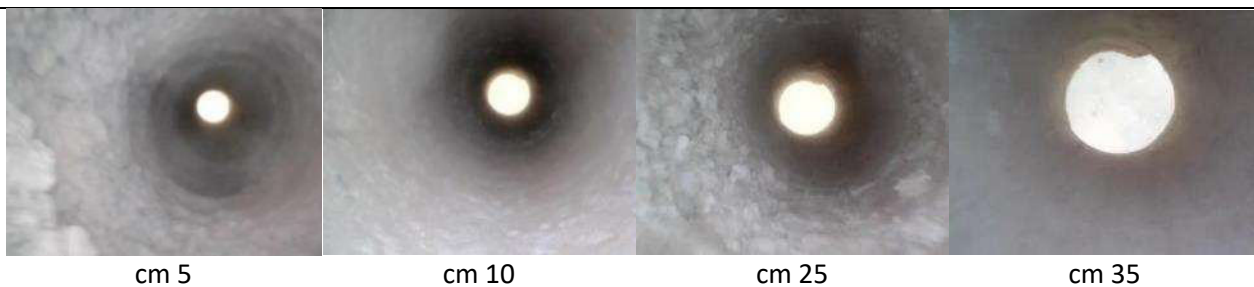
localizzazione: **PIANO NOBILE – Corpo A** endoscopia **ES – A04**



STRATIGRAFIA			
Tratto	Misura strato [cm]		Descrizione tratto indagato
	Parziale	Progressiva	
1	2	2	Pavimento
2	10	12	Massetto
3	16	28	Laterizio
4	0	28	Fibra di carbonio
5	17	45	Laterizio (mattoni, costolatura volta)
6	1	46	Intonaco
Note :			

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 10 di 194

localizzazione: **PIANO NOBILE – Corpo A** endoscopia **ES – A05**



cm 5

cm 10

cm 25

cm 35

STRATIGRAFIA

Tratto	Misura strato [cm]		Descrizione tratto indagato
	Parziale	Progressiva	
1	2	2	Pavimento
2	12	14	Massetto
3	14	28	Riempimento alleggerito
4	12	40	Mattone

Note :

localizzazione: **PIANO NOBILE – Corpo A** endoscopia **ES -A06**



cm 0

cm 10

cm 20

cm 35

STRATIGRAFIA

Tratto	Misura strato [cm]		Descrizione tratto indagato
	Parziale	Progressiva	
1	15	15	Pavimento + Massetto
2	17	32	Riempimento alleggerito
3	12	44	Mattoni
4	2	46	Intonaco

Note :

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 11 di 194

localizzazione: **PIANO NOBILE – Corpo A** endoscopia **ES – A07**



cm 5



cm 15



cm 20



cm 25

STRATIGRAFIA

Tratto	Misura strato [cm]		Descrizione tratto indagato
	Parziale	Progressiva	
1	10	10	Pavimento + Massetto
2	8	18	Soletta
3	12	30	Mattone

Note :

localizzazione: **PIANO NOBILE – Corpo A** endoscopia **ES – A08**



cm 5



cm 15



cm 25



cm 70

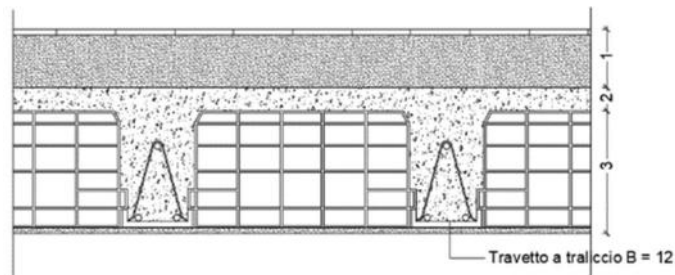
STRATIGRAFIA

Tratto	Misura strato [cm]		Descrizione tratto indagato
	Parziale	Progressiva	
1	10	10	Pavimento + Massetto
2	10	20	Soletta
3	60	80	Riempimento alleggerito
4	(volta in mattoni)

Note :

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 12 di 194

localizzazione: **PIANO NOBILE – Corpo A** endoscopia **ES – A09**

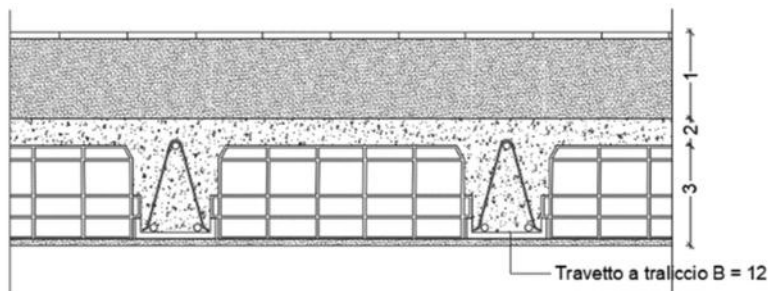


STRATIGRAFIA

Tratto	Misura strato [cm]		Descrizione tratto indagato
	Parziale	Progressiva	
1	10	10	Pavimento + Massetto
2	5	15	Soletta
3	19	34	Laterizio (Pignatta)

Note :

localizzazione: **PIANO NOBILE – Corpo A** endoscopia **ES – A10**



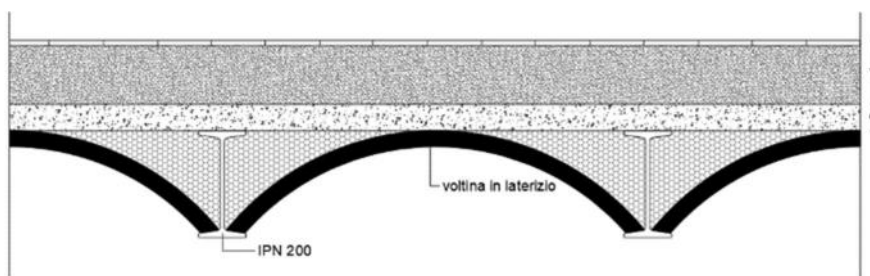
STRATIGRAFIA

Tratto	Misura strato [cm]		Descrizione tratto indagato
	Parziale	Progressiva	
1	10	10	Pavimento + Massetto
2	4	14	Soletta
3	16	30	Pignatta

Note :

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 13 di 194

localizzazione: **PIANO NOBILE – Corpo A** endoscopia **ES – A14**

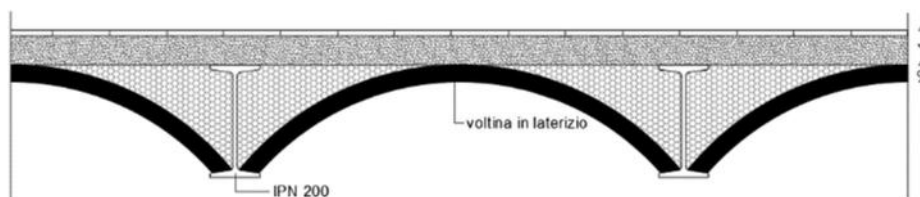


STRATIGRAFIA

Tratto	Misura strato [cm]		Descrizione tratto indagato
	Parziale	Progressiva	
1	12	12	Pavimento + Massetto
2	7	19	Soletta
3	11,5	30,5	voltina in laterizio

Note :

localizzazione: **PIANO NOBILE – Corpo A** endoscopia **ES – A15**



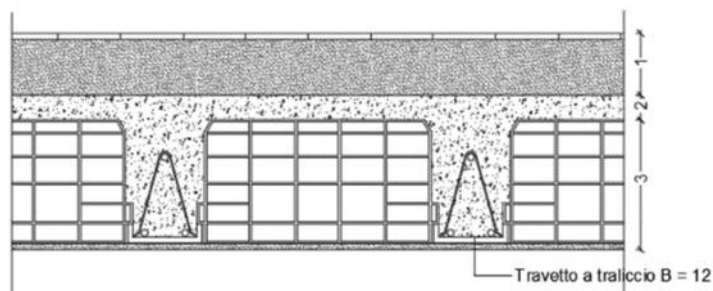
STRATIGRAFIA

Tratto	Misura strato [cm]		Descrizione tratto indagato
	Parziale	Progressiva	
1	13	13	Pavimento + Massetto
2	5	18	Voltina

Note :

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 14 di 194

localizzazione: **PIANO AMMEZZATO – Corpo A** endoscopia **ES – A11**

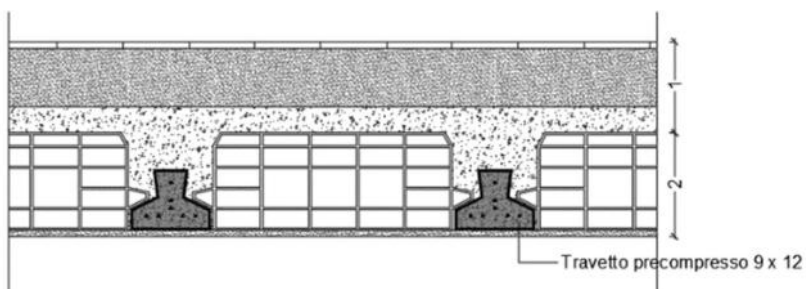


STRATIGRAFIA

Tratto	Misura strato [cm]		Descrizione tratto indagato
	Parziale	Progressiva	
1	10	10	Pavimento + Massetto
2	2	12	Rete elettrosaldata
3	12	24	Laterizio
4			controsoffitto in cartongesso

Note :

localizzazione: **PIANO NOBILE – Corpo A** endoscopia **ES – A12**



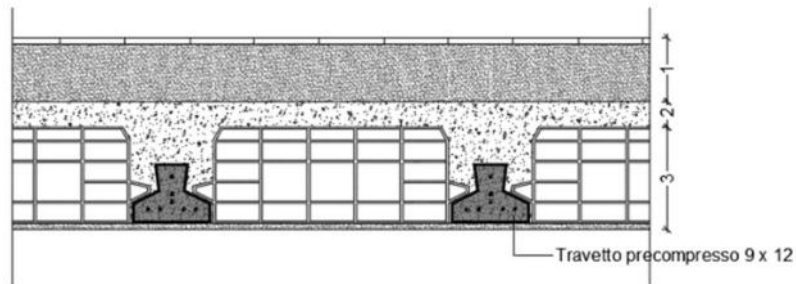
STRATIGRAFIA

Tratto	Misura strato [cm]		Descrizione tratto indagato
	Parziale	Progressiva	
1	10	10	Pavimento + Massetto
2	15	30	Laterizio (Pignatta)

Note :

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 15 di 194

localizzazione: **PIANO AMMEZZATO – Corpo A** endoscopia **ES – A13**

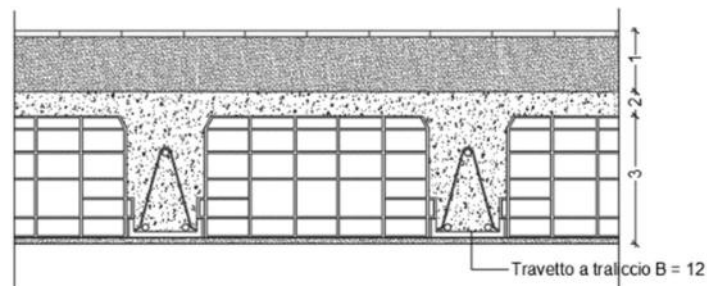


STRATIGRAFIA

Tratto	Misura strato [cm]		Descrizione tratto indagato
	Parziale	Progressiva	
1	10	10	Pavimento + Massetto
2	4	14	Soletta
3	16	30	Pignatta

Note :

localizzazione: **PIANO AMMEZZATO – Corpo A** endoscopia **ES – A16**



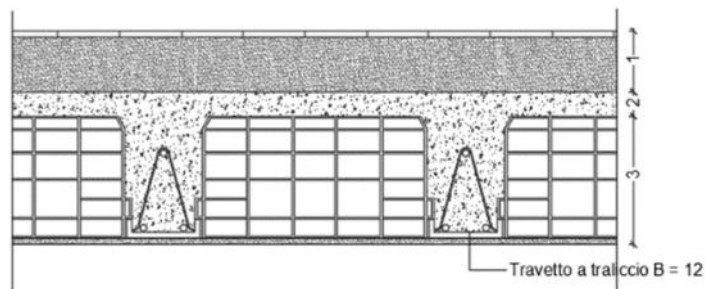
STRATIGRAFIA

Tratto	Misura strato [cm]		Descrizione tratto indagato
	Parziale	Progressiva	
1	8	8	Pavimento + Massetto
2	7	15	Soletta (Ferro a 12 cm)
3	13	28	Pignatta
4			vuoto (volta in camorcanna)

Note :

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 16 di 194

localizzazione: **PIANO AMMEZZATO – Corpo A** endoscopia **ES – A17**

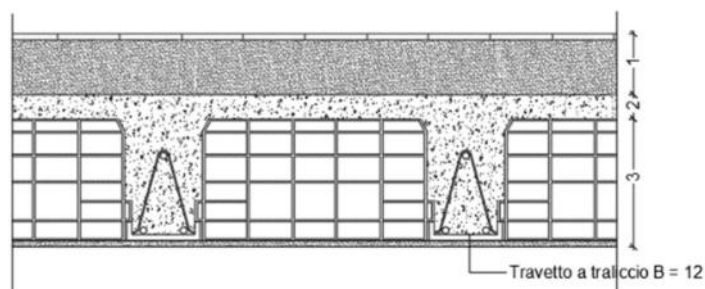


STRATIGRAFIA

Tratto	Misura strato [cm]		Descrizione tratto indagato
	Parziale	Progressiva	
1	13	13	Pavimento + Massetto
2	4	17	Soletta
3	15	32	Pignatta

Note :

localizzazione: **PIANO AMMEZZATO – Corpo A** endoscopia **ES – A18**



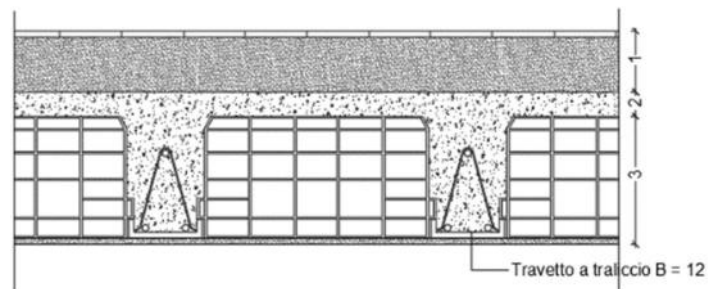
STRATIGRAFIA

Tratto	Misura strato [cm]		Descrizione tratto indagato
	Parziale	Progressiva	
1	8	8	Pavimento + Massetto
2	4	12	Soletta
3	20	32	Pignatta

Note :

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 17 di 194

localizzazione: **PIANO AMMEZZATO – Corpo A** endoscopia **ES – A19**



STRATIGRAFIA

Tratto	Misura strato [cm]		Descrizione tratto indagato
	Parziale	Progressiva	
1	8	8	Pavimento + Massetto
2	4	12	Soletta
3	12	24	Pignatta
4	vuoto – camorcanna scala

Note :

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 18 di 194

2.1.3.2 Indagini endoscopiche sui paramenti murari

Per la localizzazione dei vari saggi endoscopici volti a valutare la stratigrafia delle varie tipologie murarie costituenti il Palazzo da Varano, si rimanda agli elaborati di progetto allegati S 001.1 Piano Strada, S 001.2 Piano Ammezzato e S 001.3 Piano Nobile.

localizzazione: **PIANO STRADA – Corpo A** endoscopia **E – A 12**

spessore paramento murario da rilievo 128 cm

Profondità di sondaggio

1 2 3 4

da 63 a 72 cm

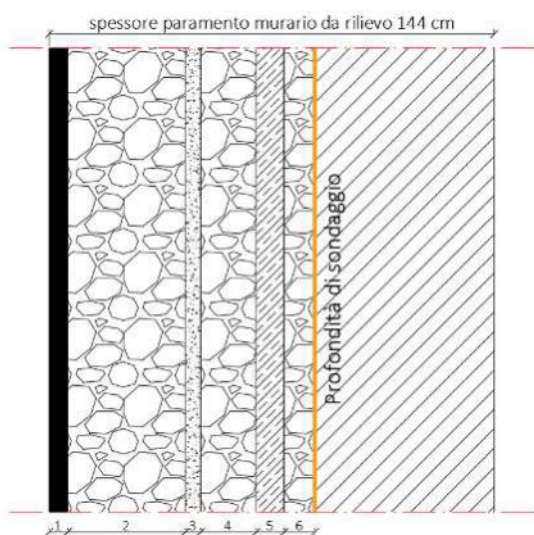
STRATIGRAFIA

Tratto	Misura strato [cm]		Descrizione tratto indagato
	Parziale	Progressiva	
1	6	6	intonaco
2	57	63	paramento con blocchi in arenaria
3	9	72	discontinuità
4	5	77	paramento con blocchi in arenaria

Note : nel tratto 3 tra 63 e 72 cm si osserva una zona di discontinuità dove si intravedono degli elementi lapidei di diversa pezzatura e scarsamente coesi tra loro (zona di transizione tra il paramento interno e quello esterno)

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 19 di 194

localizzazione: **PIANO STRADA – Corpo A endoscopia E – A 13**



da 61 a 70 cm

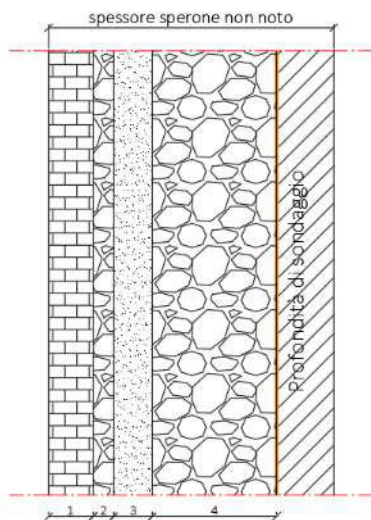
STRATIGRAFIA

Tratto	Misura strato [cm]		Descrizione tratto indagato
	Parziale	Progressiva	
1			intoncao
2	38	38	blocchi in arenaria
3	5	43	giunto di malta
4	18	61	blocco in arenaria
5	9	70	discontinuità
6	10	80	blocchi in arenaria

Note : nel tratto 5 tra 61 e 70 cm si osserva una zona di discontinuità composta sempre da elementi lapidei accostati tra loro ma di diversa pezzatura

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 20 di 194

localizzazione: **PIANO STRADA – Corpo A** endoscopia **E – A 14**



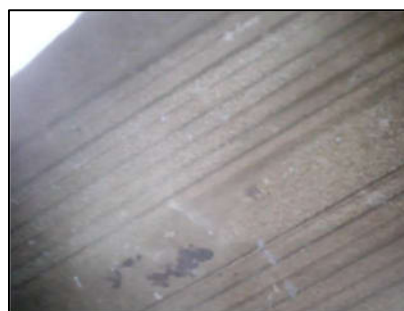
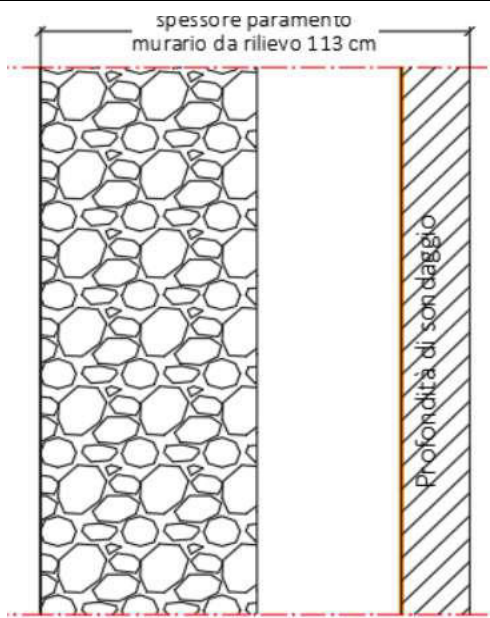
da 22 a 35 cm

STRATIGRAFIA

Tratto	Misura strato [cm]		Descrizione tratto indagato
	Parziale	Progressiva	
1	15	15	mattone in laterio pieno
2	7	22	elemento lapideo (presumibilmente arenaria)
	13	35	materiale di risulta poco consistente
3	42	77	elemento lapideo (presumibilmente arenaria)

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 21 di 194

localizzazione: **PIANO STRADA – Corpo A** endoscopia **E – A 15**



A 95 cm (fine foro)

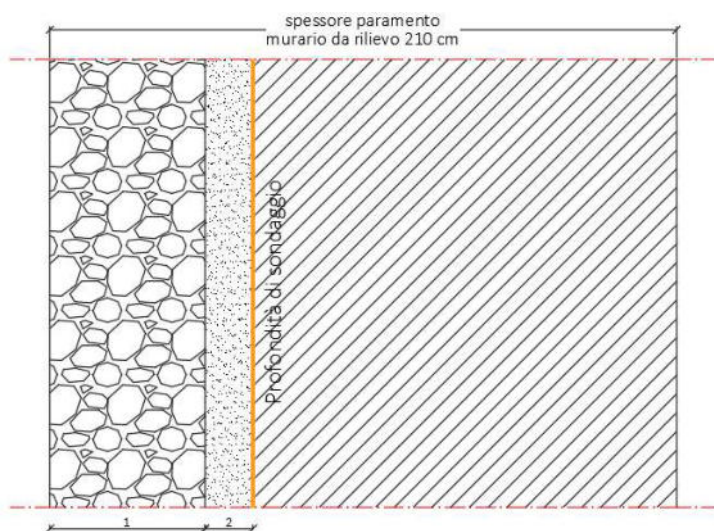
STRATIGRAFIA

Tratto	Misura strato [cm]		Descrizione tratto indagato
	Parziale	Progressiva	
1	57	57	blocchi in arenaria
2	38	95	intercapedine

Note : alla profondità di sondaggio, 95 cm, si osserva un laterizio forato (presumibilmente da 8 cm di spessore) che suggerisce la presenza di una fodera esterna

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 22 di 194

localizzazione: **PIANO STRADA – Corpo A** endoscopia **E – A 16**



da 52 a 68 cm

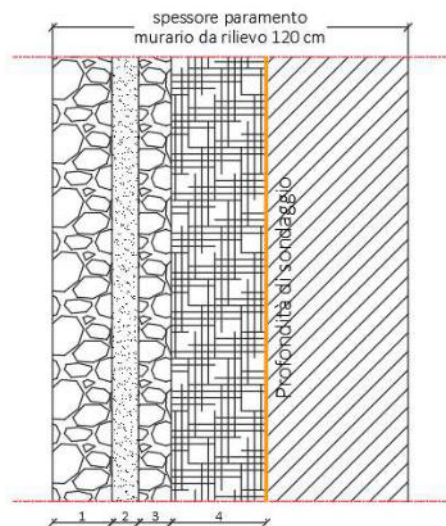
STRATIGRAFIA

Tratto	Misura strato [cm]		Descrizione tratto indagato
	Parziale	Progressiva	
1	17	52	blocco in arenaria
2	17	68	blocco in arenaria

Note :

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 23 di 194

localizzazione: **PIANO STRADA – Corpo B** endoscopia **E – B 10**



da 20 a 29 cm



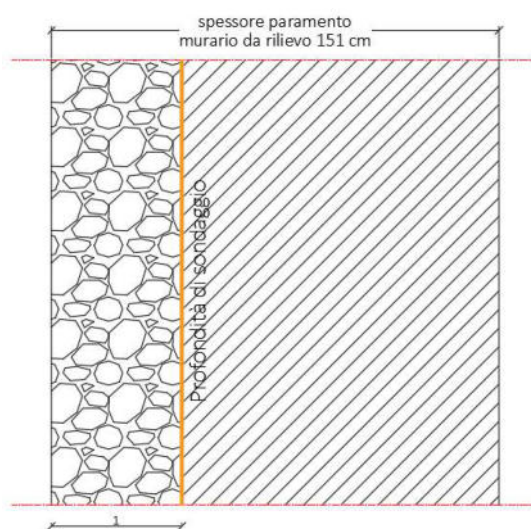
da 40 a 72 cm

STRATIGRAFIA

Tratto	Misura strato [cm]		Descrizione tratto indagato
	Parziale	Progressiva	
1	20	20	blocco in arenaria
2	9	29	vuoto/discontinuità (forse rappresentata dal giunto di malta tra i due blocchi in arenaria)
3	11	40	blocco in arenaria
4	32	72	sacco con materiale grossolano
Note :			

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 24 di 194

localizzazione: **PIANO STRADA – Corpo B endoscopia E – B 13**

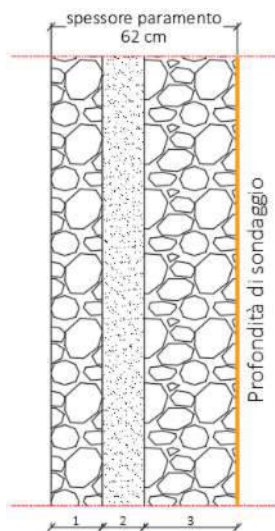


STRATIGRAFIA

Tratto	Misura strato [cm]		Descrizione tratto indagato
	Parziale	Progressiva	
1	44	44	blocco in arenaria
Note : su questo paramento murario è stata eseguita la prova distruttiva con martinetti piatti doppi (prova n.3)			

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 25 di 194

localizzazione: **PIANO STRADA – Corpo C endoscopia E – C 13**



da 17 a 31 cm

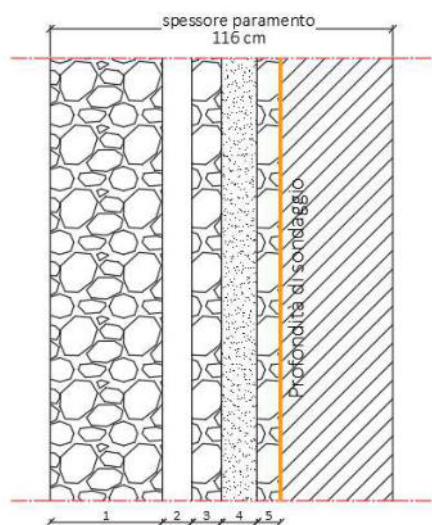
STRATIGRAFIA

Tratto	Misura strato [cm]		Descrizione tratto indagato
	Parziale	Progressiva	
1	0	17	blocco in arenaria
2	14	31	materiale di riempimento
3	31	62	blocco in arenaria

Note : è stato oltrepassato il paramento esterno nonostante che stando alle misure del rilievo disponibile l'elemento murario in questione dovrebbe avere uno spessore di 112 cm

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 26 di 194

localizzazione: **PIANO STRADA – Corpo C** endoscopia **E – C 14**



da 48 a 58 cm



da 58 a 70 cm

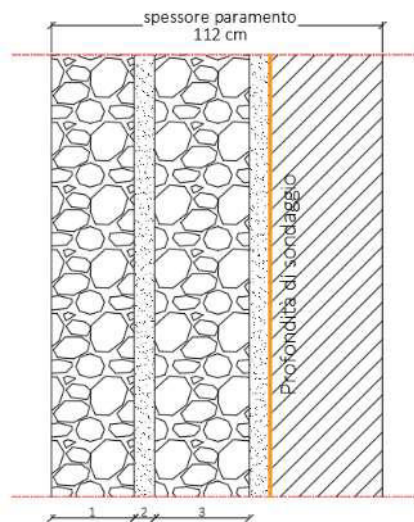
STRATIGRAFIA

Tratto	Misura strato [cm]		Descrizione tratto indagato
	Parziale	Progressiva	
1	38	38	blocchi in arenaria
2	10	48	intercapedine
3	10	58	elemento lapideo (presumibilmente in arenaria)
4	12	70	riempimento con materiale poco consistente
5	8	78	elemento lapideo (presumibilmente in arenaria)

Note : è stato oltrepassato il paramento esterno nonostante che stando alle misure del rilievo disponibile l'elemento murario in questione dovrebbe avere uno spessore di 112 cm

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 27 di 194

localizzazione: **PIANO STRADA – Corpo C endoscopia E – C 15**



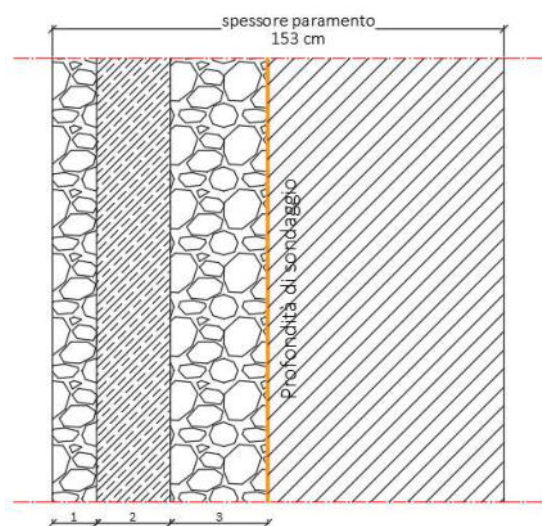
STRATIGRAFIA

Tratto	Misura strato [cm]		Descrizione tratto indagato
	Parziale	Progressiva	
1	28	28	blocco in arenaria
2	7	35	giunto con materiale poco consistente
3	32	67	blocco in arenaria
4	7	74	giunto con materiale poco consistente

Note : l'elemento murario è costituito da una successione di elementi lapidei in arenaria aventi una consistenza che tende a diminuire procedendo verso l'interno

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 28 di 194

localizzazione: **PIANO STRADA – Corpo C endoscopia E – C 16**



da 15 a 27 cm



da 34 a 40 cm

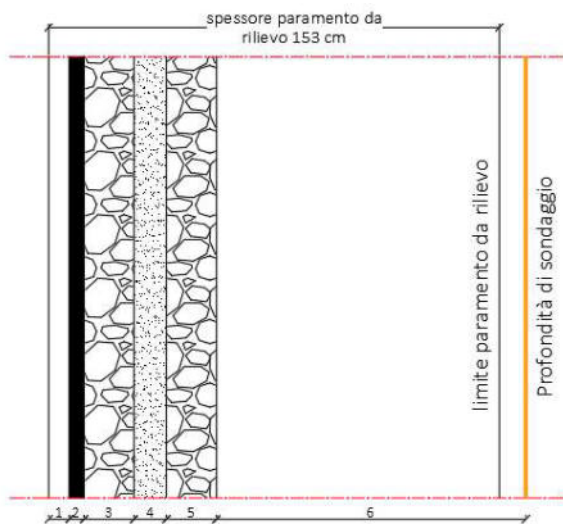
STRATIGRAFIA

Tratto	Misura strato [cm]		Descrizione tratto indagato
	Parziale	Progressiva	
1	15	15	blocco in arenaria
2	12	40	materiale di risulta grossolano
3	7	73	blocco in arenaria

Note : tra 15 e 40 cm si osserva elementi lapidei sciolti e una discontinuità a 40 cm che indicano la presenza di uno spessore importante di materiale di risulta grossolano

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 29 di 194

localizzazione: **PIANO AMMEZZATO – Corpo A** endoscopia **E – A 07**



da 29 a 40 cm

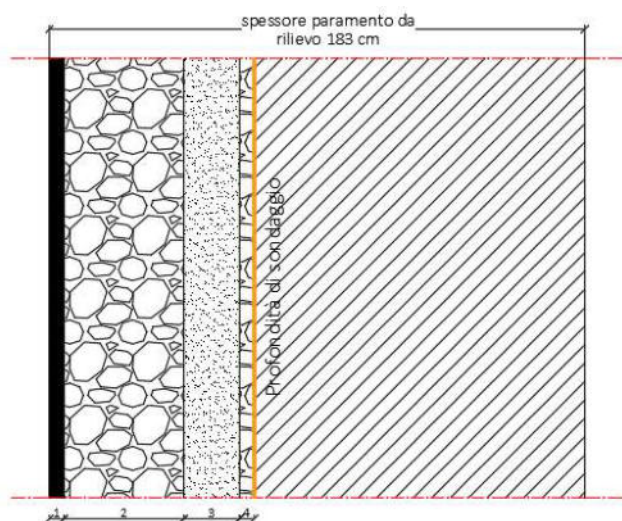
STRATIGRAFIA

Tratto	Misura strato [cm]		Descrizione tratto indagato
	Parziale	Progressiva	
1	7	7	controparete in cartongesso
2	5	12	intocano
3	17	29	blocco in arenaria
4	11	40	riempimento poco consistente
5	17	57	blocco in arenaria
6	105	162	intercapedine

Note : alla profondità di sondaggio, si intravede una parete in muratura che dovrebbe essere il paramento esterno. Ma la profondità di sondaggio è profondamente in disaccordo con quando ottenuto dal rilievo

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 30 di 194

localizzazione: **PIANO AMMEZZATO – Corpo A** endoscopia **E – A 08**



da 46 a 65 cm

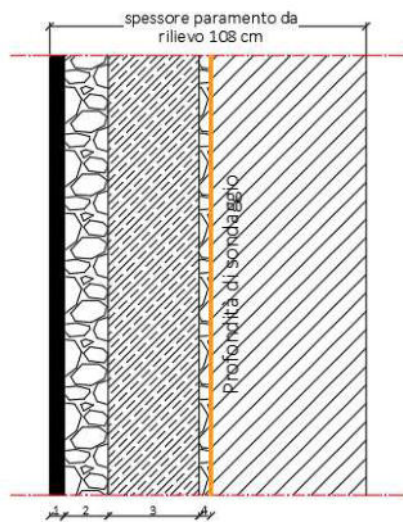
STRATIGRAFIA

Tratto	Misura strato [cm]		Descrizione tratto indagato
	Parziale	Progressiva	
1	5	5	intonaco
2	41	46	paramento con blocchi in arenaria
3	19	65	riempimento poco consistente
4	10	75	blocco in arenaria

Note : superato il primo paramento, prima di arrivare al quello esterno sembra intercorsi uno strato di riempimento con materiale poco consistente.

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 31 di 194

localizzazione: **PIANO AMMEZZATO – Corpo A** endoscopia **E – A 09**



da 20 a 51 cm

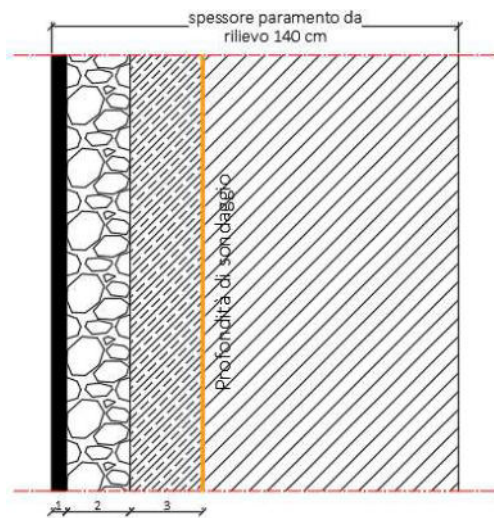
STRATIGRAFIA

Tratto	Misura strato [cm]		Descrizione tratto indagato
	Parziale	Progressiva	
1	5	5	intocato
2	15	20	blocco in arenaria
3	31	51	materiale di risulta con materiale grossolano sciolto
4	4	55	blocco in arenaria

Note :

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 32 di 194

localizzazione: **PIANO AMMEZZATO – Corpo A** endoscopia **E – A 10**



da 27 a 52 cm

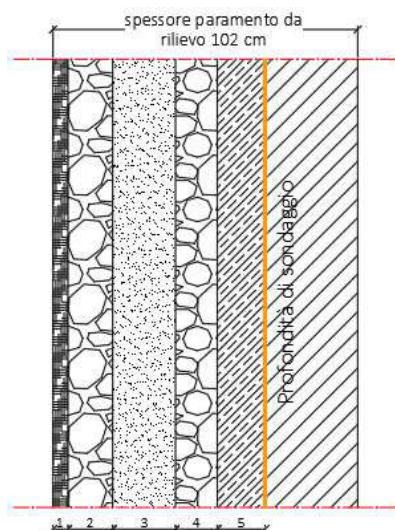
STRATIGRAFIA

Tratto	Misura strato [cm]		Descrizione tratto indagato
	Parziale	Progressiva	
1	5	5	Intonaco
2	22	27	Blocco in arenaria
3	47	52	materiale di risulta con materiale grossolano sciolto

Note :

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 33 di 194

localizzazione: **PIANO AMMEZZATO – Corpo A** endoscopia **E – A 11**



da 20 a 41 cm



da 55 a 71 cm

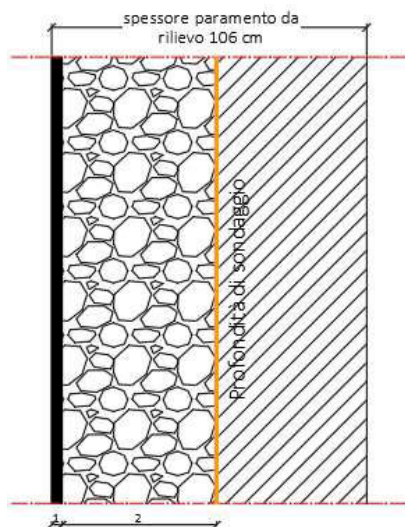
STRATIGRAFIA

Tratto	Misura strato [cm]		Descrizione tratto indagato
	Parziale	Progressiva	
1	5	5	Controparete con forato da 4.5 cm
2	15	20	blocco in arenaria
3	21	41	riempimento con materiale poco consistente
4	14	55	blocco in arenaria
5	16	71	materiale di risulta con materiale grossolano

Note :

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 34 di 194

localizzazione: **PIANO AMMEZZATO – Corpo B** endoscopia **E – B 08**



a 25 cm



a 40 cm

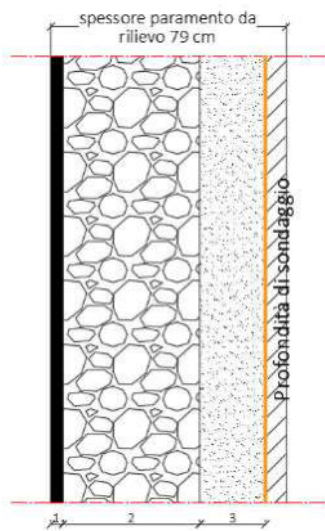
STRATIGRAFIA

Tratto	Misura strato [cm]		Descrizione tratto indagato
	Parziale	Progressiva	
1	3.5	3.5	intonaco
2	52	55.5	paramento con blocchi in arenaria

Note :

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 35 di 194

localizzazione: **PIANO AMMEZZATO – Corpo B** endoscopia **E – B 09**



a 31 cm



a 42 cm



a 50 cm



a 53 cm

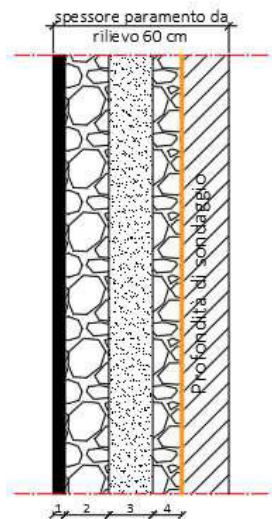
STRATIGRAFIA

Tratto	Misura strato [cm]	Descrizione tratto indagato	
	Parziale	Progressiva	
1	4	4	intonaco
2	49	53	paramento con blocchi in arenaria
3	22	68	riempimento poco consistente con materiale di risulta.

Note :

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 36 di 194

localizzazione: **PIANO AMMEZZATO – Corpo B** endoscopia **E – B 11**



a 19 cm



da 19 a 34 cm



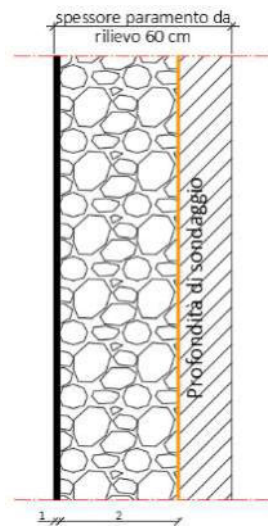
a 34 cm

STRATIGRAFIA

Tratto	Misura strato [cm]	Descrizione tratto indagato	
	Parziale	Progressiva	
1	4	4	intonaco
2	15	19	paramento a 1 testa con blocco in arenaria
3	15	34	riempimento poco consistente con materiale di risulta.
4	10	44	inizio secondo paramento sempre con bocchi in arenaria
Note :			

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 37 di 194

localizzazione: **PIANO AMMEZZATO – Corpo B endoscopia E – B 12**

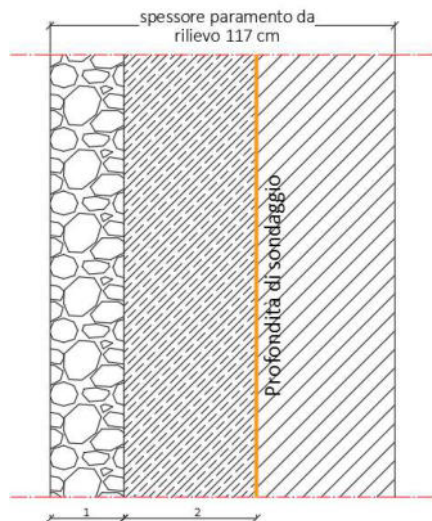


STRATIGRAFIA

Tratto	Misura strato [cm]	Descrizione tratto indagato	
	Parziale	Progressiva	
1	2	2	intonaco
2	40	42	paramento con blocchi in arenaria
Note :			

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 38 di 194

localizzazione: **PIANO AMMEZZATO – Corpo C endoscopia E – C 05**



a 25 cm



a 45 cm



a 60 cm

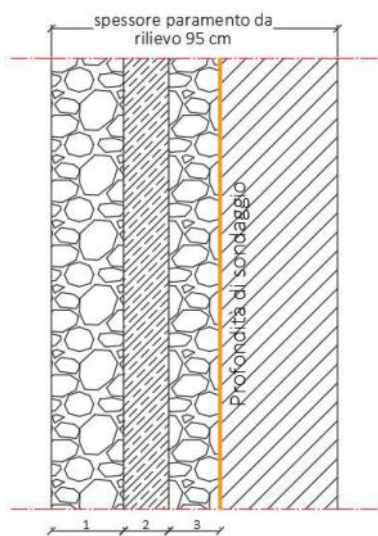
STRATIGRAFIA

Tratto	Misura strato [cm]		Descrizione tratto indagato
	Parziale	Progressiva	
1	25	25	paramento con blocchi in arenaria
2	45	70	riempimento con materiale di risulta.

Note : da 25 cm fino alla profondità indagata, si osserva una successione di elementi lapidei di diverse dimensioni e aventi una disposizione caotica, questo suggerisce la presenza di uno strato di riempimento costituito da materiale di risulta.

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 39 di 194

localizzazione: **PIANO AMMEZZATO – Corpo C endoscopia E – C 06**



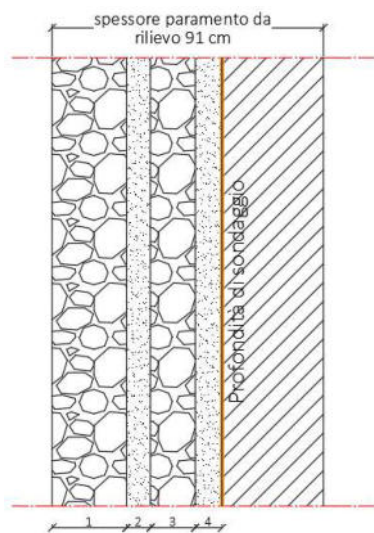
da 24 a 39 cm

STRATIGRAFIA

Tratto	Misura strato [cm]		Descrizione tratto indagato
	Parziale	Progressiva	
1	24	24	blocco in arenaria
2	15	39	riempimento con materiale di risulta.
3	17	56	blocco in arenaria
Note :			

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 40 di 194

localizzazione: **PIANO AMMEZZATO – Corpo C endoscopia E – C 07**



da 25 a 33 cm



da 48 a 57 cm



da 33 a 48 cm

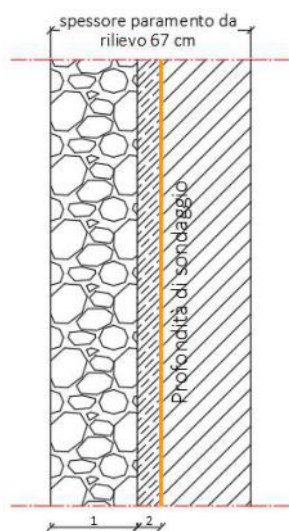
STRATIGRAFIA

Tratto	Misura strato [cm]		Descrizione tratto indagato
	Parziale	Progressiva	
1	25	25	blocco arenaria
2	8	33	riempimento con materiale di risulta
3	15	48	blocco in arenaria
	9	57	riempimento con materiale di risulta

Note :

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 41 di 194

localizzazione: **PIANO AMMEZZATO – Corpo C endoscopia E – C 08**



a 29 cm

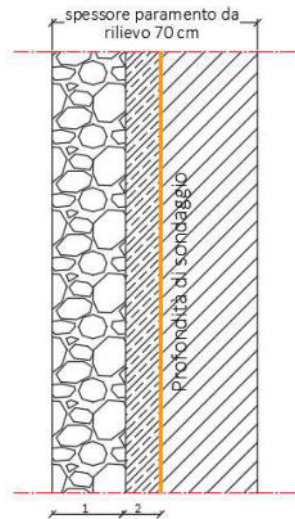
STRATIGRAFIA

Tratto	Misura strato [cm]		Descrizione tratto indagato
	Parziale	Progressiva	
1	29	29	blocco in arenaria
2	8	37	sacco con materiale di risulta non coeso

Note :

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 42 di 194

localizzazione: **PIANO AMMEZZATO – Corpo C** endoscopia **E – C 09**



a 25 cm



a 27 cm

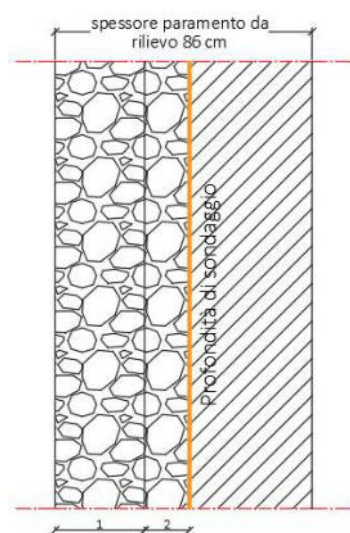
STRATIGRAFIA

Tratto	Misura strato [cm]		Descrizione tratto indagato
	Parziale	Progressiva	
1	25	25	blocco in arenaria
2	12	37	elementi lapidei (probabilmente in arenaria) non regolari.

Note : nel nucleo del pannello murario indagato, appena superato il primo paramento con blocchi in arenaria squadrati disposti a 1 testa, sembra trovarsi una situazione caratterizzata sempre da elementi lapidei in arenaria non regolari prima di arrivare al paramento esterno.

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 43 di 194

localizzazione: **PIANO AMMEZZATO – Corpo C** endoscopia E – C 10



da 30 a 45 cm

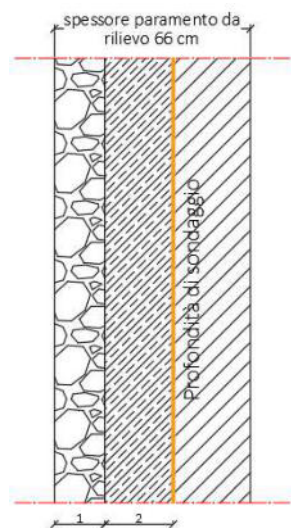
STRATIGRAFIA

Tratto	Misura strato [cm]		Descrizione tratto indagato
	Parziale	Progressiva	
1	0	30	blocchi in arenaria
2	5	45	elementi lapidei (probabilmente in arenaria) non regolari consistenti

Note :

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 44 di 194

localizzazione: **PIANO AMMEZZATO – Corpo C endoscopia E – C 11**



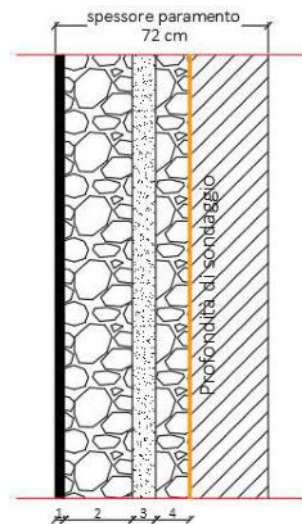
a 17 cm

STRATIGRAFIA

Tratto	Misura strato [cm]		Descrizione tratto indagato
	Parziale	Progressiva	
1	17	17	paramento con blocchi in arenaria a 1 testa
2	23	40	sacco con materiale di risulta non coeso
Note :			

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 45 di 194

localizzazione: **PIANO NOBILE – Corpo A endoscopia E – A01**



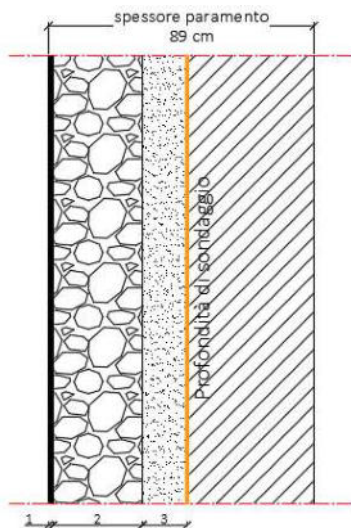
STRATIGRAFIA

Tratto	Misura strato [cm]		Descrizione tratto indagato
	Parziale	Progressiva	
1	3	3	intonaco
2	23	26	paramento con blocchi in arenaria a 1 testa
3	8	34	riempimento con materiale di risulta avente consistenza simile al paramento interno
4	14.5	48.5	paramento con blocchi in arenaria

Note :

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 46 di 194

localizzazione: **PIANO NOBILE – Corpo A endoscopia E – A02**



a 31.5 cm



da 40 cm

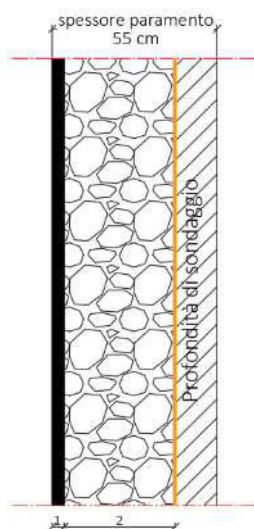
STRATIGRAFIA

Tratto	Misura strato [cm]		Descrizione tratto indagato
	Parziale	Progressiva	
1	1.5	1.5	intonaco
2	13.5	31.5	paramento con blocchi in arenari a 1 testa
	15	46.5	riempimento con materiale poco consistente.

Note : all'interfaccia tra paramento interno e riempimento, sembra essere presente uno strato di materiale di risulta grossolano

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 47 di 194

localizzazione: **PIANO NOBILE – Corpo A endoscopia E – A03**

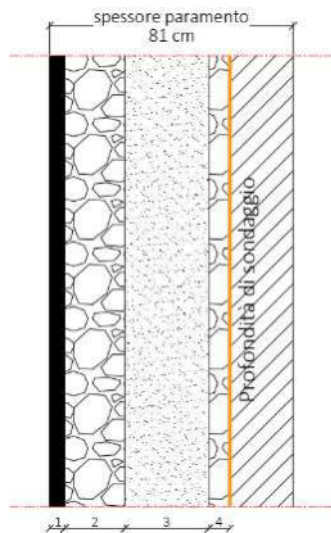


STRATIGRAFIA

Tratto	Misura strato [cm]		Descrizione tratto indagato
	Parziale	Progressiva	
1	4	4	intonaco
2	37	41	paramento con blocchi in arenaria a 2 teste
Note :			

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 48 di 194

localizzazione: **PIANO NOBILE – Corpo A endoscopia E – A04**



da 25 a 53 cm

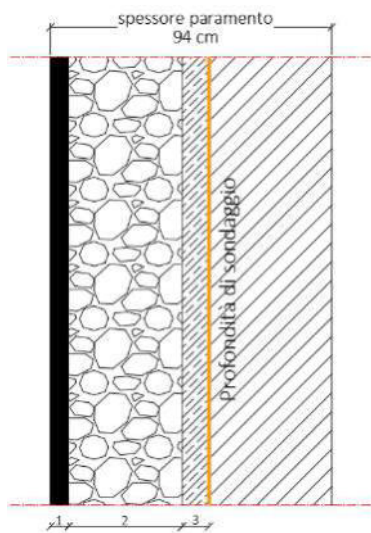
STRATIGRAFIA

Tratto	Misura strato [cm]		Descrizione tratto indagato
	Parziale	Progressiva	
1	5	5	intonaco
2	20	25	paramento a 1 testa con blocchi in arenaria
3	28	53	materiale di risulta con elementi lapidei in arenaria
4	7	60	paramento con blocchi in arenaria

Note :

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 49 di 194

localizzazione: **PIANO NOBILE – Corpo A endoscopia E – A05**



a 40 cm

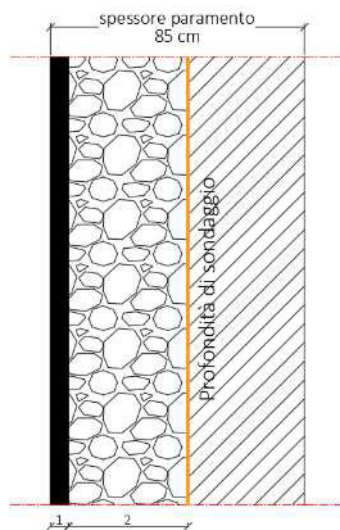
STRATIGRAFIA

Tratto	Misura strato [cm]		Descrizione tratto indagato
	Parziale	Progressiva	
1	6	6	intonaco
2	23	38	paramento con blocchi in arenaria
3	9	47	materiale di risulta poco consistente con elementi lapidei

Note :

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 50 di 194

localizzazione: **PIANO NOBILE – Corpo A** endoscopia **E – A06**

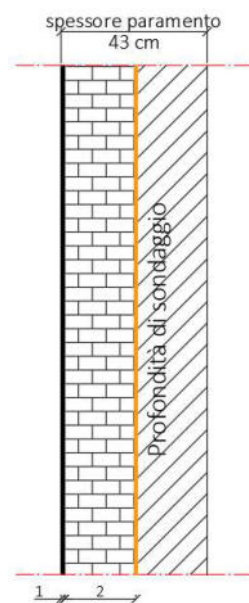


STRATIGRAFIA

Tratto	Misura strato [cm]		Descrizione tratto indagato
	Parziale	Progressiva	
1	6	6	intonaco
2	40	46	paramento murario con blocchi in arenaria
Note :			

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 51 di 194

localizzazione: **PIANO NOBILE – Corpo A endoscopia E – A17**

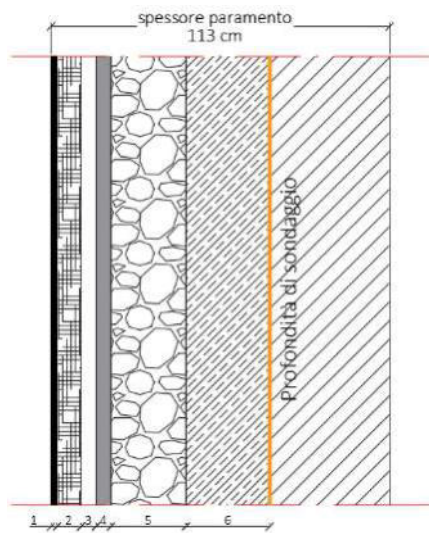


STRATIGRAFIA

Tratto	Misura strato [cm]		Descrizione tratto indagato
	Parziale	Progressiva	
1	1	1	intonaco
2	21	22	paramento murario con mattoni pieni
Note :			

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 52 di 194

localizzazione: **PIANO NOBILE – Corpo B endoscopia E – B01**



a 45 cm

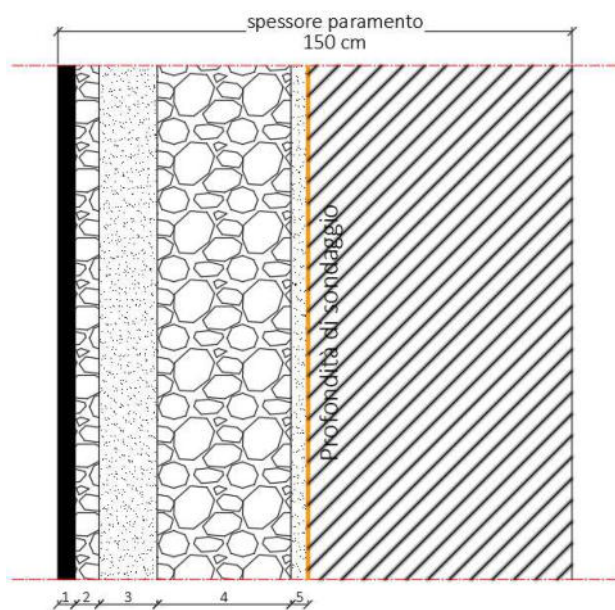
STRATIGRAFIA

Tratto	Misura strato [cm]		Descrizione tratto indagato
	Parziale	Progressiva	
1	2	2	intonaco
2	8	10	forato da 8 cm
3	5	15	intercapedine
4	5	20	intonaco a cemento
5	25	45	paramento con blocchi in arenaria
6	28	73	sacco con materiale di risulta sciolto

Note :

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 53 di 194

localizzazione: **PIANO NOBILE – Corpo B endoscopia E – B02**



a 12 cm



a 68 cm

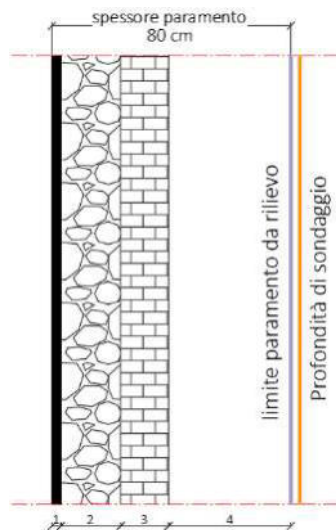
STRATIGRAFIA

Tratto	Misura strato [cm]		Descrizione tratto indagato
	Parziale	Progressiva	
1	5	5	intonaco
2	7	12	paramento con blocchi in arenaria a 1 testa
3	17	29	riempimento con materiale di risulta
4	39	68	paramento con blocchi in arenaria
5	3	71	riempimento con materiale di risulta

Note :

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 54 di 194

localizzazione: **PIANO NOBILE – Corpo B endoscopia E – B03**



a 23 cm



da 23 a 39 cm

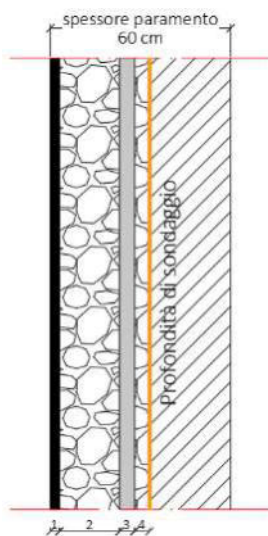
STRATIGRAFIA

Tratto	Misura strato [cm]		Descrizione tratto indagato
	Parziale	Progressiva	
1	3	3	intonaco
2	20	23	paramento con blocchi in arenaria
3	16	39	paramento con mattoni pieni
4	47	86	intercapedine

Note : alla profondità di sondaggio si trova l'inizio del paramento esterno

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 55 di 194

localizzazione: **PIANO NOBILE – Corpo B endoscopia E – B04**



a 23 cm

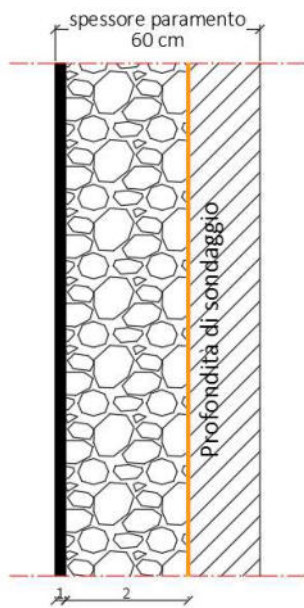
STRATIGRAFIA

Tratto	Misura strato [cm]		Descrizione tratto indagato
	Parziale	Progressiva	
1	3	3	intonaco
2	20	23	paramento con blocchi in arenaria
3	5	28	materiale di riempimento
4	5	33	inizio paramento con blocchi in arenaria

Note : nel tratto 3, tra 23 e 28 cm, è presente uno strato di riempimento che sembra essere realizzato con una malta di recente realizzazione

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 56 di 194

localizzazione: **PIANO NOBILE – Corpo B endoscopia E – B05**



a 16 cm



a 27 cm

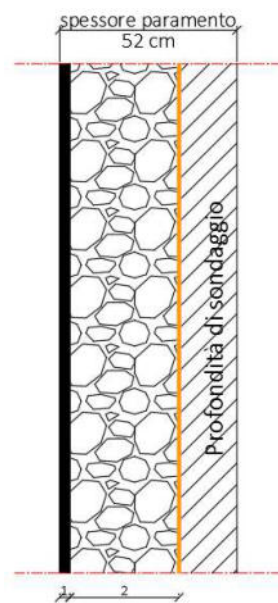
STRATIGRAFIA

Tratto	Misura strato [cm]		Descrizione tratto indagato
	Parziale	Progressiva	
1	3	3	intoncao
2	33	36	paramento con blocchi in arenaria

Note :

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 57 di 194

localizzazione: **PIANO NOBILE – Corpo B endoscopia E – B06**

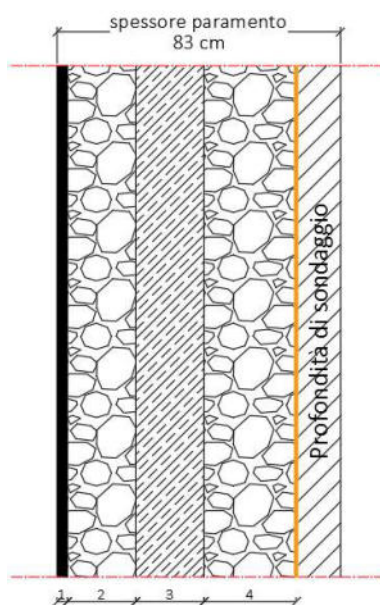


STRATIGRAFIA

Tratto	Misura strato [cm]		Descrizione tratto indagato
	Parziale	Progressiva	
1	3	3	intonaco
2	32	35	paramento con blocchi in arenaria
Note :			

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 58 di 194

localizzazione: **PIANO NOBILE – Corpo B endoscopia E – B07**



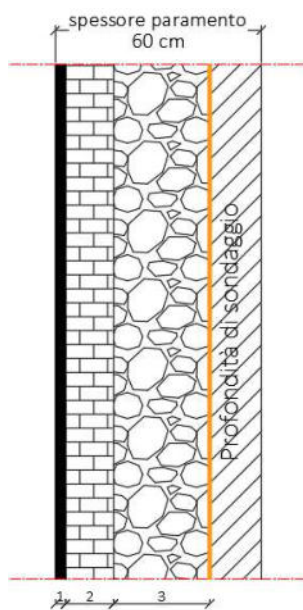
STRATIGRAFIA

Tratto	Misura strato [cm]		Descrizione tratto indagato
	Parziale	Progressiva	
1	3	3	intonaco
2	20	23	paramento con blocchi in arenaria
3	20	43	sacco con materiale di risulta sciolto
4	27	70	paramento con blocchi in arenaria

Note :

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 59 di 194

localizzazione: **PIANO NOBILE – Corpo B endoscopia E – B14**



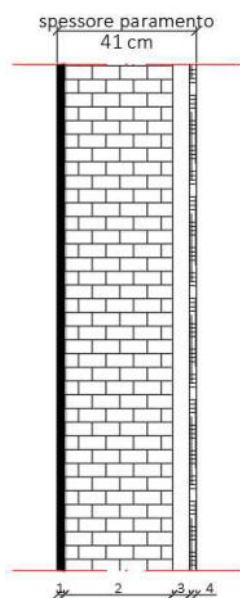
STRATIGRAFIA

Tratto	Misura strato [cm]		Descrizione tratto indagato
	Parziale	Progressiva	
1	3	3	intonaco
2	14	17	paramento a mattoni pieni
3	28	45	paramento con blocchi in arenaria

Note :

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 60 di 194

localizzazione: **PIANO NOBILE – Corpo C endoscopia E – C01**



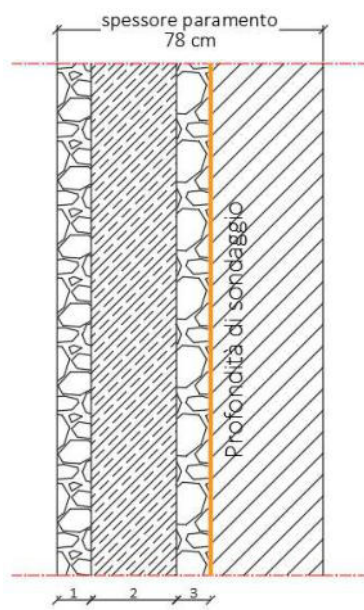
STRATIGRAFIA

Tratto	Misura strato [cm]		Descrizione tratto indagato
	Parziale	Progressiva	
1	2	2	intonaco
2	32	34	muratura con blocchi forati in laterizio
3	5	39	intercapedine
4	2	41	contropare in cartongesso

Note :

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 61 di 194

localizzazione: **PIANO NOBILE – Corpo C endoscopia E – C02**

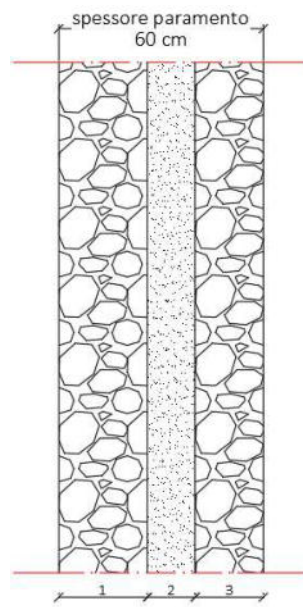


STRATIGRAFIA

Tratto	Misura strato [cm]		Descrizione tratto indagato
	Parziale	Progressiva	
1	10	10	paramento a 1 testa con blocchi in arenaria a
2	25	35	sacco con materiale di risulta
	10	45	paramento con blocchi in arenaria
Note :			

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 62 di 194

localizzazione: **PIANO NOBILE – Corpo C endoscopia E – C03**



STRATIGRAFIA

Tratto	Misura strato [cm]		Descrizione tratto indagato
	Parziale	Progressiva	
1	26	26	paramento con blocchi in arenaria
2	14	40	riempimento con materiale di risulta poco consistente
3	20	60	paramento con blocchi in arenaria
Note :			

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 63 di 194



2.2 Saggi localizzati

Il presente paragrafo riporta i risultati degli approfondimenti d'indagine eseguiti mediante piccole demolizioni, rimozioni di intonaco e/o tasche di sondaggio localizzate in limitate porzioni dell'elemento strutturale da analizzare.

In dettaglio vengono qui descritte le risultanze di n. 31 tasche di sondaggio localizzate a livello degli orizzontamenti di piano (identificativo SS - Xyy) e n. 39 tasche di sondaggio localizzate sui maschi murari (identificativo SRx - Xyy).

I risultati sono restituiti nelle successive "Schede di rilievo" nelle quali, per ciascuna indagine, sono riportati ubicazione e riferimento in pianta, scatti fotografici significativi ed una tabella in cui sono evidenziati gli elementi indagati ed i relativi spessori.

2.2.1 Scheda di rilievo tasche di sondaggio localizzate a livello degli orizzontamenti

localizzazione: PIANO STRADA – Corpo A tasca sondaggio SS – A01, SS – A02	
	
SS – A01	SS – A02
Descrizione: dai due saggi effettuati all'intradosso della volta in camorcanna si osserva nel sondaggio SR – A47 la presenza di una trave di acciaio posta in adiacenza all'arco in muratura mentre nel sondaggio SR – A46 si intravede il solaio con putrelle in acciaio e tavelloni nella zona d'angolo	

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 64 di 194

localizzazione: **PIANO STRADA – Corpo A** tasca sondaggio **SS – A03**



Descrizione: tipologia solaio piano Ammezzato caratterizzato da travetti prefabbricati a traliccio (si osserva il fondello in laterizio del travetto)

localizzazione: **PIANO STRADA – Corpo A** tasca sondaggio **SS – A04**



Descrizione: stesso sistema adottato all'angolo opposto visto in SR – A47

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 65 di 194

localizzazione: **PIANO STRADA – Corpo A** tasca sondaggio **SS – A05, SS – A06**



SS – A37



SS – A38

Descrizione: tipologia solaio piano Ammezzato caratterizzato da travetti prefabbricati e arco in muratura di recente realizzazione

localizzazione: **PIANO STRADA – Corpo A** tasca sondaggio **SS – A07**



Descrizione: tipologia solaio piano Ammezzato caratterizzato da travetti prefabbricati

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 66 di 194

localizzazione: **PIANO STRADA – Corpo A** tasca sondaggio **SS – A08**



Descrizione: tipologia solaio piano Ammezzato caratterizzato da travetti prefabbricati e sistema di appoggio caratterizzato da n.2 profili in acciaio accoppiati

localizzazione: **PIANO STRADA – Corpo A** tasca sondaggio **SS – A09**



Descrizione: tipologia solaio piano Ammezzato caratterizzato da travetti prefabbricati

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 67 di 194

localizzazione: **PIANO AMMEZZATO – Corpo A** tasca sondaggio **SS – A10**



Descrizione: tipologia porzione solaio piano Nobile caratterizzato da doppi travetti prefabbricati in c.a.p.

localizzazione: **PIANO AMMEZZATO – Corpo A** tasca sondaggio **SS – A11**



Descrizione: tipologia porzione solaio piano Nobile caratterizzato da doppi travetti prefabbricati in c.a.p.

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 68 di 194

localizzazione: **PIANO AMMEZZATO – Corpo A** tasca sondaggio **SS – A12**



Descrizione: tipologia porzione solaio piano Nobile caratterizzato da travetti prefabbricati in c.a.p.

localizzazione: **PIANO AMMEZZATO – Corpo A** tasca sondaggio **SS – A13**



Descrizione: tipologia porzione solaio piano Nobile caratterizzato da doppi travetti prefabbricati in c.a.p.

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 69 di 194

localizzazione: **PIANO AMMEZZATO – Corpo A** tasca sondaggio **SS – A14**



Descrizione: tipologia porzione solaio piano Nobile caratterizzato da travetti prefabbricati in c.a.p.

localizzazione: **PIANO AMMEZZATO – Corpo A** tasca sondaggio **SS – A15**



Descrizione: tipologia porzione solaio piano Nobile caratterizzato da travetti prefabbricati a traliccio

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 70 di 194

localizzazione: **PIANO AMMEZZATO – Corpo A** tasca sondaggio **SS – A16**



Descrizione: tipologia porzione solaio piano Nobile caratterizzato da travetti prefabbricati a traliccio.

localizzazione: **PIANO AMEZZATO – Corpo A** tasca sondaggio **SS – A17**



Descrizione: tipologia porzione solaio piano Nobile caratterizzato da travetti prefabbricati a traliccio

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 71 di 194

localizzazione: **PIANO AMMEZZATO – Corpo B** tasca sondaggio **SS – B01, B02, B03, B10**



SS – B01



SS – B02



SS – B03



SS – B10

Descrizione: sondaggi effettuati in chieve SS – B01 e ai due rinfianchi SS – B02, SS – B03 e SS – B10 della volta caratterizzata da un riempimento composto da materiale alleggerito, una soletta armata sp. 5 cm e un massetto di completamento da circa 10 cm comprensivo di pavimentazione in cotto

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 72 di 194

localizzazione: **PIANO AMMEZZATO – Corpo B** tasca sondaggio **SS – B04, B05, B06**



SS – B04



SS – B05



SS – B06

Descrizione: sondaggi effettuati in chieve SS – B04 e ai due rin fianchi SS – B05, SS – B06 della volta caratterizzata da un riempimento composto da materiale alleggerito, una soletta armata sp. 8 cm e un massetto di completamento da circa 12 cm comprensivo di pavimentazione in cotto

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 73 di 194

localizzazione: **PIANO AMMEZZATO – Corpo B** tasca sondaggio **SS – B07, B08, B09**



SS – B07



SS – B08



SS – B09

Descrizione: sondaggi effettuati in chieve SS – B07 e ai due rin fianchi SS – B08, SS – B09 della volta caratterizzata da un riempimento composto da materiale alleggerito, una soletta armata sp. 8 cm e un massetto di completamento da circa 12 cm comprensivo di pavimentazione in cotto

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 74 di 194

localizzazione: **PIANO AMMEZZATO – Corpo C** tasca sondaggio **SS – C02**



SS – B07



SS – B08



SS – B09

Descrizione: sondaggi effettuati in chieve SS – B07 e ai due rinfianchi SS – B08, SS – B09 della volta caratterizzata da un riempimento composto da materiale alleggerito, una soletta armata sp. 8 cm e un massetto di completamento da circa 12 cm comprensivo di pavimentazione in cotto

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 75 di 194

localizzazione: **PIANO AMMEZZATO – Corpo B** tasca sondaggio **SS – B07, B08, B09**



SS – B07



SS – B08



SS – B09

Descrizione: sondaggi effettuati in chieve SS – B07 e ai due rinfianchi SS – B08, SS – B09 della volta caratterizzata da un riempimento composto da materiale alleggerito, una soletta armata sp. 8 cm e un massetto di completamento da circa 12 cm comprensivo di pavimentazione in cotto

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 76 di 194

localizzazione: **PIANO AMMEZZATO – Corpo C** tasca sondaggio **SS – C02**



Descrizione: sondaggi solaio Aula Antinori piano Ammezzato – solaio in legno spessore pacchetto complessivo 11.5 cm di cui pavimento in cotto 2 cm e massetto non strutturale 9.5 cm. Soletta armata non presente

localizzazione: **PIANO AMMEZZATO – Corpo C** tasca sondaggio **SS – C03**



Descrizione: sondaggio solaio in legno, spessore pacchetto complessivo 13.5 cm di cui pavimento in cotto 2 cm e massetto non strutturale 11.5 cm. Soletta armata non presente

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 77 di 194

localizzazione: **PIANO AMMEZZATO – Corpo C** tasca sondaggio **SS – C04**



Descrizione: sondaggio solaio – solaio con travetti tipo varese e tavelloni, spessore pacchetto complessivo 26 cm di cui pavimento in cotto 1.5 cm e massetto non strutturale 4 cm – vuoto tra i tavelloni all’estradosso e l’intradosso circa 20.5 cm – base travetto B = 13 cm e interasse travetti i = 68cm. Soletta armata non presente

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 78 di 194

localizzazione: **PIANO NOBILE – Corpo A** tasca sondaggio **SS – A01**



Descrizione: sondaggio solaio – volta a crociera , spessore pacchetto strutturale comprensivo di massetto alleggerito e pavimento in cotto 16 cm. Soletta armata non presente

localizzazione: **PIANO NOBILE – Corpo B** tasca sondaggio **SS – B01**



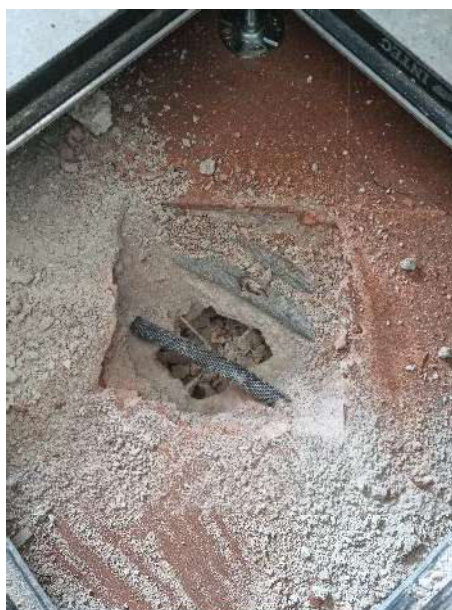
Descrizione : sondaggio solaio – solaio latero cemento con travetti a traliccio, spessore pacchetto 16 cm di cui 6 cm di soletta armata e 10 massetto + pavimento in cotto – la rete elettrosaldata ha una magli di circa 18 cm

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 79 di 194

localizzazione: **PIANO NOBILE – Corpo B** tasca sondaggio **SS – B02, B03**



SS – B02



SS – B03

Descrizione: sondaggio solaio – come sondaggio SS – B01

localizzazione: **PIANO NOBILE – Corpo C** tasca sondaggio **SS – C01**



Descrizione: sondaggio solaio aula Arangio Ruiz – solaio con travi in acciaio e tavelloni, spessore pacchetto 14.9 cm di cui pavimento in parquet 1.5 cm e massetto non strutturale 7 cm – altezza trave H = 6cm e interasse travetti i = 68cm. Soletta armata non presente

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 80 di 194

2.2.2 Scheda di rilievo tasche di sondaggio localizzate sui paramenti murari

localizzazione: PIANO STRADA – Corpo A tasca sondaggio SRa – A21, A22	
	
SRa – A21	SRa – A22
Descrizione: rimozione intonaco superficiale – dal sondaggio SRa – A21 si osserva la presenza di un elemento in c.a. e nel sondaggio SRa – A22 si osserva il collegamento tra la trave in c.a. con la parete perimetrale (presenza di un cordolo in breccia)	

localizzazione: PIANO STRADA – Corpo A tasca sondaggio SRm – A23

Descrizione: rimozione intonaco superficiale – dal sondaggio si osserva una muratura disorganizzata e caotica realizzata con blocchi in arenaria di diversa pezzatura

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 81 di 194

localizzazione: **PIANO STRADA – Corpo A** tasca sondaggio **SRm – A24**



Descrizione: rimozione intonaco superficiale – dal sondaggio si osserva una fodera esterna in mattoni di recente realizzazione

localizzazione: **PIANO STRADA – Corpo A** tasca sondaggio **SRm – A25**



Descrizione: rimozione intonaco superficiale – dal sondaggio si osserva un mal ammorsamento tra il paramento perimetriale e quello di spina e murature realizzate con elementi di diversa pezzatura

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 82 di 194

localizzazione: **PIANO STRADA – Corpo B** tasca sondaggio **SRa – B11**



Descrizione: muratura caotica realizzata con elementi in arenaria, si osserva una non regolarità dei ricorsi di malta i quali però sembrano essere stati ristilati almeno parzialmente con cemento – si osserva un intonaco ad alto contenuto di cemento

localizzazione: **PIANO AMMEZZATO – Corpo A** tasca sondaggio **SRb – A17**



Descrizione: dal sondaggio si osserva una controparete in cartongesso sp. 12 cm

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 83 di 194

localizzazione: **PIANO AMMEZZATO – Corpo A** tasca sondaggio **SRm – A18**



Descrizione: dal sondaggio è stato riportato alla luce un intervento di cerchiatura con fibre di carbonio del pilastro in c.a.

localizzazione: **PIANO AMMEZZATO – Corpo A** tasca sondaggio **SRa – A19**



Descrizione: presenza di un cordolo in c.a. a livello dell'orizzontamento di piano

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 84 di 194

localizzazione: **PIANO AMMEZZATO – Corpo A** tasca sondaggio **SRa – A20**



Descrizione: presenza di un cordolo in c.a. a livello dell'orizzontamento di piano

localizzazione: **PIANO AMMEZZATO – Corpo B** tasca sondaggio **SRm – B05**



tasca sondaggio su E – B11

Descrizione: Ammorzamento inesistente tra il muro perimetrale e il muro di spina

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 85 di 194

localizzazione: **PIANO AMMEZZATO – Corpo B tasca sondaggio SRm – B06**



Descrizione: mancato ammorsamento tra muro perimetrale e muro di spina – lesioni muro di spina con rottura elementi in arenaria

localizzazione: **PIANO AMMEZZATO – Corpo B tasca sondaggio SRm – B07**



Descrizione: si rimarca il non ammorsamento tra il muro perimetrale e quello di spina

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 86 di 194

localizzazione: **PIANO AMMEZZATO – Corpo B tasca sondaggio SRm – B08**



Descrizione: si rimarca il non ammorsamento tra il muro perimetrale e quello di spina – si osserva una ristilatura dei ricorsi di malta

localizzazione: **PIANO AMMEZZATO – Corpo B tasca sondaggio SRm – B09**



Descrizione: si rimarca il non ammorsamento tra il muro perimetrale e quello di spina – disomogeneità dei paramenti murari, presenza di elementi lapidei irregolari

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 87 di 194

localizzazione: **PIANO AMMEZZATO – Corpo B** tasca sondaggio **SRm – B10**



Descrizione: presenza di una intercapedine di 8cm + forato da 8 cm sul muro di spina caratterizzato da ricorsi di malta ristilati con malta cementizia - si rimarca il non ammorsamento tra il muro perimetrale e quello di spina

localizzazione: **PIANO NOBILE – Corpo A** tasca sondaggio **SRm – A01**



Descrizione: zona di collegamento tra il muro perimetrale e quello di spina molto disomogenea – ammoramento non resente

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 88 di 194

localizzazione: **PIANO NOBILE – Corpo A** tasca sondaggio **SRm – A02**



tasca sondaggio su muro di spina

Descrizione: il muro di spina di recente costruzione ha una tipologia differente rispetto alla muro perimetrale, nello specifico è una muratura a mattoni pieni a 3 teste e non presenta un corretto ammorsamento con il muro perimetrale.

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 89 di 194

localizzazione: **PIANO NOBILE – Corpo A** tasca sondaggio **SRm – A03**



Descrizione: si rimarca la natura caotica delle muratura e la mancanza di ricorsi di malta regolari e consistenti.

localizzazione: **PIANO NOBILE – Corpo A** tasca sondaggio **SRm – A04**



Descrizione:

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 90 di 194

localizzazione: **PIANO NOBILE – Corpo A** tasca sondaggio **SRm – A05**



sondaggio vicino E – A01

Descrizione: presenza sia sul muro perimetrale che su quello di spina una fodera interna a mattoni pieni utilizzata come superficie per l'appoggio delle travi in legno del soppalco soprastante. Questa fodera in mattoni non è ammorsata con la muratura esistente.

localizzazione: **PIANO NOBILE – Corpo A** tasca sondaggio **SRm – A06**



Descrizione: forte disomogeneità nella zona d'angolo, ammorsamento assente tra muro perimetrale e muro di spina – forse nel muro di spina c'era una nicchia che è stata richiusa non a regola d'arte

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 91 di 194

localizzazione: **PIANO NOBILE – Corpo A tasca sondaggio SRm – A07**



Descrizione: si rimarca la scarsa qualità della muratura esistente

localizzazione: **PIANO NOBILE – Corpo A tasca sondaggio SLb – A08**



3

Descrizione: si osserva una porzione nuova realizzata con mattoni pieni in prossimità dell'apertura. Questa porzione non presenta un corretto ammorsamento con la muratura esistente

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 92 di 194

localizzazione: PIANO NOBILE – Corpo A tasca sondaggio SRm – A09	
	
Descrizione:	

localizzazione: PIANO NOBILE – Corpo A tasca sondaggio SRm – A10	
	
Descrizione: divisorio realizzato con blocchi forati in laterizio a 6 fori – dimensioni blocco B = 7 cm H = 13 cm L = 27.5 cm	

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 93 di 194

localizzazione: **PIANO NOBILE – Corpo A** tasca sondaggio **SRm – A11**



Descrizione:

localizzazione: **PIANO NOBILE – Corpo A** tasca sondaggio **SRm – A12**



Descrizione:

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 94 di 194

localizzazione: **PIANO NOBILE – Corpo A** tasca sondaggio **SRm – A13**



Descrizione: presenza di una fodera interna con laterizi forati da 8 cm – intercapedine 7 cm

localizzazione: **PIANO NOBILE – Corpo A** tasca sondaggio **SRm – A14**



Descrizione: presenza di materiale di risulta per linearizzare la superficie ricoperto con un intonaco a cemento di sp. 4 cm – intonaco a cemento + materiale di risulta 7 cm.

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 95 di 194

localizzazione: **PIANO NOBILE – Corpo A tasca sondaggio SRm – A15**



Descrizione: muratura fortemente caotica con mattoni rotti

localizzazione: **PIANO NOBILE – Corpo A tasca sondaggio SRm – A16**



Descrizione: intonaco a cemento sp. 6.5 cm

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 96 di 194

localizzazione: **PIANO NOBILE – Corpo A** tasca sondaggio **SR – A01**



Descrizione: intonaco caduto a seguito del sisma di Ottobre 2016, si osservano le lesioni a livello dei giunti di malta a seguito dell'evento sismico

localizzazione: **PIANO NOBILE – Corpo A** tasca sondaggio **SRb – A26**



Descrizione: cordolo perimetrale in c.a. a livello del solaio – tale elemento sembra non presentare idoneo ammorsamento con il solaio costituito da volte a crociera con mattoni a coltello

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 97 di 194

localizzazione: **PIANO NOBILE – Corpo A** tasca sondaggio **SRm – A27**



Descrizione:

localizzazione: **PIANO NOBILE – Corpo B** tasca sondaggio **SRm – B01**



Descrizione: muro perimetrale ricoperto da un strato superficiale di intonaco a cemento – presenza di una controparete in forati da 8 cm

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 98 di 194

localizzazione: **PIANO NOBILE – Corpo B** tasca sondaggio **SRm – B02**



Descrizione: pannelli murari corridoio di giurispudenza sui quali poggia la volta a botte in camorcanna caratterizzati da un blocco forato a 3 fori su 5 ordini (15 fori totali) B = 13 cm + intercapedine da 12 cm + forato da 8 cm.

localizzazione: **PIANO NOBILE – Corpo B** tasca sondaggio **SRm – B03**



Descrizione: presenza di una fodera in mattoni pieni rispettivamente sul muro perimetrale e di spina

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 99 di 194

localizzazione: **PIANO NOBILE – Corpo B** tasca sondaggio **SRm – B04**



muro di spina della torre in prossimità dell'E-B02

Descrizione: si osserva un mancato ammorsamento tra il muro perimetrale e quello di spina e un possibile meccanismo di ribaltamento verso l'esterno del muro perimetrale

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 100 di 194

2.3 Martinetti piatti doppi

Il rilievo delle caratteristiche di deformazione dei paramenti murari è stato determinato sperimentalmente mediante l'ausilio di due martinetti piatti. Per l'esecuzione della prova si è fatto riferimento alla norma ASTM International C1197-09 "*Standard test method for in situ measurement of masonry deformability properties using the flatjack method*" e alla RILEM n. LUMD3-TC76 LUM del 1991. Questa indagine permette di stimare il valore del modulo di elasticità normale tangente e secante, ed il modulo di Poisson.

La tecnica di prova è basata sull'uso contemporaneo di due martinetti piatti inseriti in tagli paralleli ed allineati verticalmente e collegati ad una pompa idraulica comune per comprimere il volume di muratura compreso tra essi. I martinetti devono essere posti ad una distanza pari ad $1 \div 1.5$ volte la dimensione maggiore del martinetto, in funzione della dimensione degli elementi lapidei e dei giunti di malta del paramento murario oggetto di prova e sufficiente a contenere un numero significativo di elementi per potere fissare successivamente le basi deformometriche (necessarie a determinare il comportamento deformativo sotto carico, sia in direzione assiale che in direzione trasversale, del concio murario contenuto all'interno dei tagli stessi). La muratura sovrastante e quella sottostante fungono da contrasto alla reazione esercitata dai martinetti piatti.

Mediante l'incremento graduale della pressione esercitata dai martinetti piatti e la contemporanea misurazione della deformazione della muratura compresa tra essi si ottengono informazioni in merito alle proprietà elastiche del materiale. In dettaglio, è possibile stimare la curva tensione normale (verticale) - deformazione, il modulo di Poisson e la resistenza a compressione delle murature.

Lo schema di prova è illustrato nella Figura 2-1

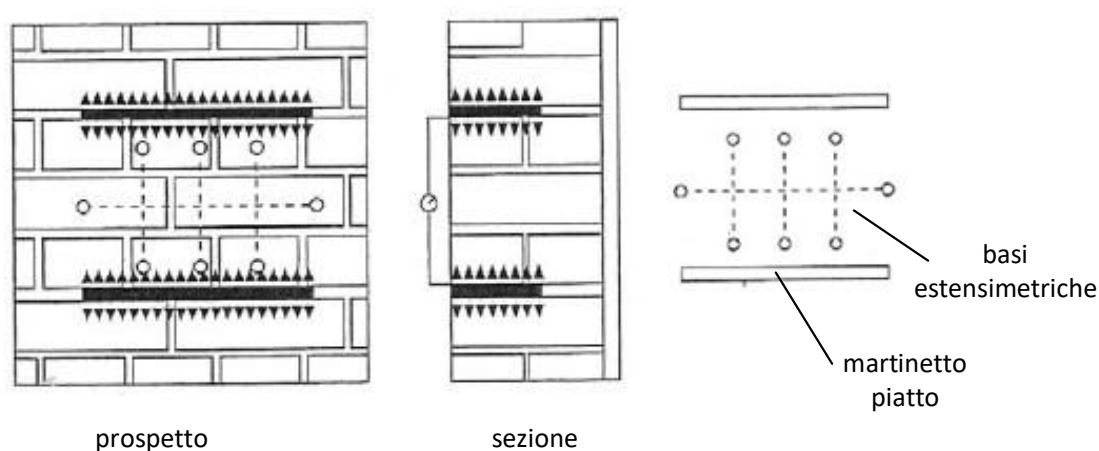


Figura 2-1 Schema della prova con martinetti piatti doppi

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 101 di 194

2.3.1 Modalità di esecuzione della prova

La prova si articola nelle seguenti cinque fasi:

1. individuazione della porzione di muratura per la quale si desidera conoscere le caratteristiche meccaniche e posizionamento, mediante incollaggio e/o fissaggio con trapano, di tre o più basi di misura verticali (A-A', B-B', C-C' ed eventuale D-D') ed almeno una orizzontale (1-1'). Ciascuna base è costituita da due capisaldi (spinotti in acciaio) provvisti di sedi adatte ad ospitare i puntali di un estensimetro meccanico rimovibile;
2. esecuzione di due tagli mediante sega circolare con lama diamantata in corrispondenza di due giunti di malta posti superiormente ed inferiormente alla zona sulla quale sono state collocate le basi di misura;
3. inserimento nel paramento murario di due martinetti piatti, collegati in serie, nelle tasche create con i tagli precedentemente eseguiti;
4. incremento graduale della pressione nei martinetti piatti mediante pompaggio di olio e misurazione ad incrementi di tensione prefissati (ovvero per singolo step di carico) dell'accorciamento delle basi di misura verticali e dell'allungamento della base di misura orizzontale, ottenendo così le curve tensione-deformazione del paramento murario oggetto d'indagine. Le curve sono ottenute ragguagliando la pressione del martinetto (P_i) alla tensione indotta nella muratura e le variazioni di lunghezza delle basi di misura alla deformazione della muratura. La pressione misurata al manometro della pompa è pari alla tensione nella muratura moltiplicata per due costanti, di cui una (K_a) tiene conto del rapporto tra la superficie del martinetto e quella del taglio e l'altra (K_m) tiene conto della rigidità del martinetto. Per ogni step di carico la pressione letta al manometro permette di risalire alla tensione di compressione (σ) tra i martinetti piatti secondo la relazione:

$$\sigma = P_i \cdot K_a \cdot K_m \quad (1)$$

5. la prova viene spinta fino a raggiungere il valore massimo di pressione alla comparsa delle prime filature verticali nella muratura.

2.3.2 Strumentazione

La strumentazione impiegata nelle quattro prove su altrettanti paramenti murari, eseguite in data 31/01, 07/02-14/02 e 18/02/2022, consiste in:

- n. 4 coppie di martinetti piatti Gestecno di forma semirettangolare 600x260x4 mm;
- deformometro DN250-10 NOVATEST munito di comparatore digitale di lettura con sensibilità uguale ad un millesimo di millimetro;

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 102 di 194

- pompa manuale con doppio manometro (sensibilità 0.1 bar e sensibilità 0.5 bar);
- sega circolare Husqvarna.

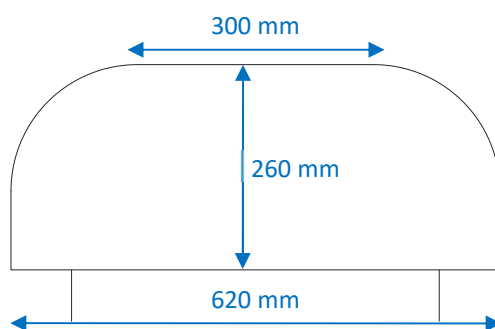


Figura 2-2 Martinetto tipo utilizzato nelle prove



Figura 2-3 deformometro DN250-10 NOVATEST

2.3.3 Ubicazione prove

Sono state eseguite quattro prove su altrettanti paramenti murari, ovvero, in ordine temporale la prova Md-A01, la Md-C01, la Md-B01 e la Md-A02. L'ubicazione delle prove è mostrata negli elaborati grafici riportati in S 001.1 Piano Strada e nella documentazione fotografica a seguire.

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 103 di 194

2.3.4 Risultati delle prove con martinetti piatti doppi

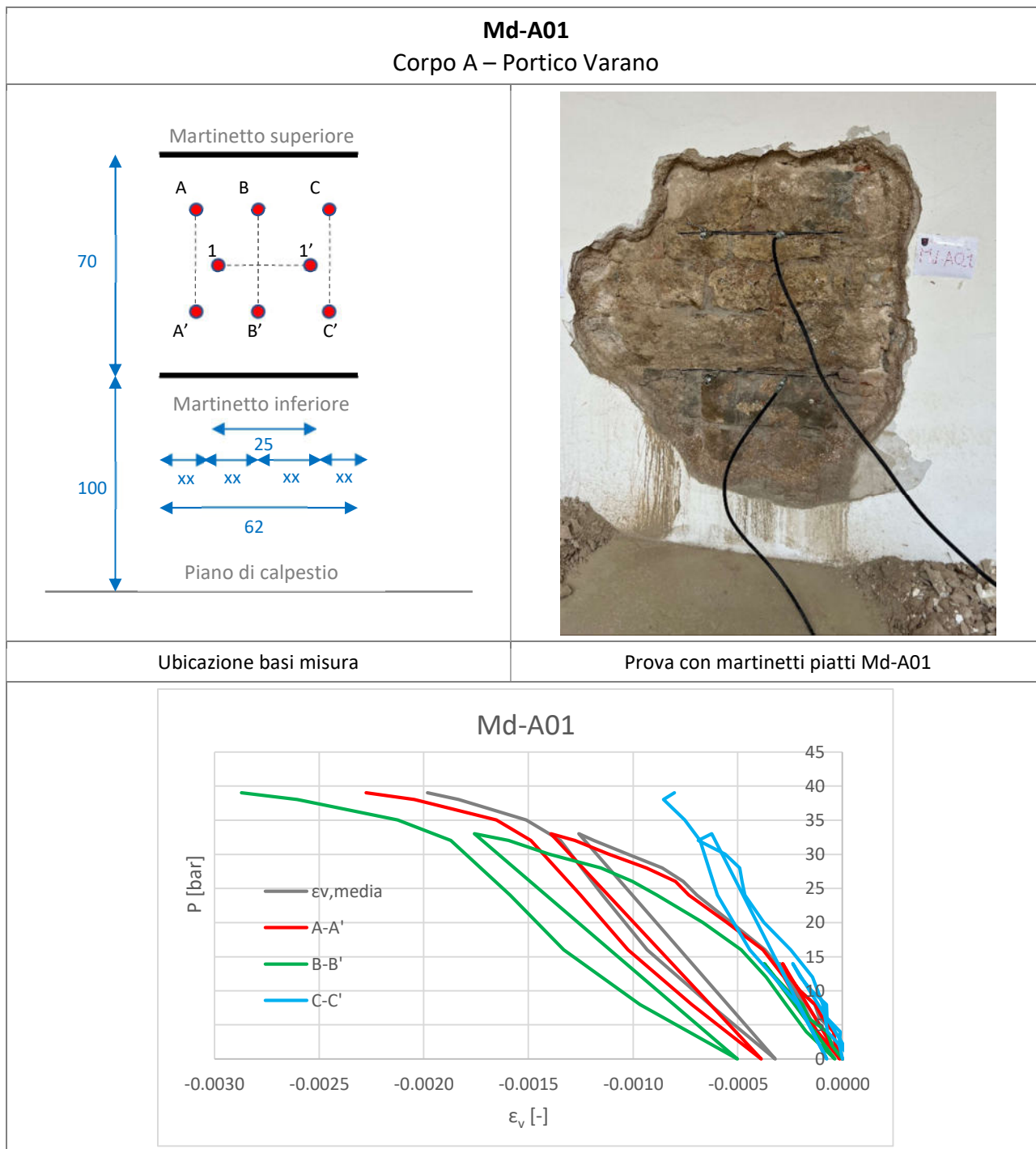
Le prove con martinetti piatti doppi sono state effettuate disponendo n. 3 basi di misura in direzione verticale (A-A', B-B', C-C') e n. 1 in direzione orizzontale (1-1'), secondo lo schema riportato nelle figure che seguono. I risultati sono riportati sia in forma tabellare, che grafica (curve pressione-deformazione verticale). In particolare, nelle tabelle sono riassunti i dati generali della prova, quali:

- A_t Area dei tagli e A_m area dei martinetti;
- K_m costante rigidezza martinetto;
- K_a rapporto tra l'area del martinetto e l'area del taglio.

Sempre in forma tabellare si riportano, inoltre, le misure di pressione al manometro (P_i lettura manometrica) e le corrispondenti letture delle basi di misura (L_i), sia verticali che orizzontale. Per ciascuno step di carico e/o scarico della prova sono state eseguite tre letture per ogni base di misura riportate anch'esse in tabella con i rispettivi valori medi. Al fine di caratterizzare in modo compiuto il comportamento meccanico delle murature si è proceduto eseguendo per ogni prova almeno un ciclo di carico e scarico.

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 104 di 194

Prova 1 – 31/01/2022



RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 105 di 194

Tabella 2-1 - Caratteristiche martinetti prova Md-A01

Martinetto	superiore			inferiore		
Costante martinetto	K_m	-	-	K_m	-	-
Area martinetto	A_m	150212	[mm ²]	A_m	150212	[mm ²]
Area taglio	A_t	163212	[mm ²]	A_t	163212	[mm ²]
Costante area	K_a	0.92	-	K_a	0.92	-
Lunghezza basetta di misura	L_b	250	[mm]	L_b	250	[mm]

Tabella 2-2 - Letture prova Md-A01

Misura Pre-Taglio							
Ora	Pressione manometro pompa	Lettura alla barra di taratura	Lettura al display				
			A-A'	B-B'	C-C'		1-1'
[hh:mm]	[bar]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]		[mm]
15:34	0	0	-0.708	3.471	-0.344		1.591
			-0.713	3.476	-0.337		1.587
			-0.71	3.475	-0.338		1.589
media			-0.710	3.474	-0.340	media	1.589
L _{0p,v}			250.710	246.526	250.340	L _{0p,h}	248.411
Misure Post-Taglio							
Ora	Pressione manometro pompa	Lettura alla barra di taratura	Lettura al display				
			A-A'	B-B'	C-C'		1-1'
[hh:mm]	[bar]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]		[mm]
16:21	0	0	-0.728	3.457	-0.352		1.587
			-0.726	3.456	-0.338		1.586
			-0.733	3.456	-0.343		1.582
media			-0.729	3.456	-0.344	media	1.585
L _{0,v}			250.729	246.544	250.344	L _{0,h}	248.415
Rif. pre taglio		DL	1.87E-02	-4.17E+00	-3.66E-01	DL	-2.30E+00
		e _v	7.45E-05	-1.69E-02	-1.46E-03	e _h	-9.24E-03
		e _{v,media}		-6.10E-03		e _{h,media}	-9.24E-03
Ora	Pressione manometro pompa	Lettura alla barra di taratura	Lettura al display				
			A-A'	B-B'	C-C'		1-1'
[hh:mm]	[bar]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]		[mm]
16:25	2	0	-0.723	3.465	-0.343		1.569
			-0.72	3.468	-0.329		1.58
			-0.719	3.473	-0.35		1.58
media			-0.721	3.469	-0.341	media	1.576
DL			-8.33E-03	-1.23E-02	-3.67E-03	DL	8.67E-03
e _v			-3.32E-05	-5.00E-05	-1.46E-05	e _h	3.49E-05
e _{v,media}			-3.26E-05			e _{h,media}	3.49E-05
Ora	Pressione manometro pompa	Lettura alla barra di taratura	Lettura al display				
			A-A'	B-B'	C-C'		1-1'
[hh:mm]	[bar]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]		[mm]
16:29	4	0	-0.718	3.475	-0.341		1.567
			-0.716	3.473	-0.342		1.563

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 106 di 194

			-0.721	3.475	-0.342		1.566
		media	-0.718	3.474	-0.342	media	1.565
		DL	-1.07E-02	-1.80E-02	-2.67E-03	DL	1.97E-02
		e _v	-4.25E-05	-7.30E-05	-1.07E-05	e _h	7.92E-05
		e _{v,media}	-4.21E-05			e _{h,media}	7.92E-05
Ora	Pressione manometro pompa	Lettura alla barra di taratura	Lettura al display				
			A-A'	B-B'	C-C'		1-1'
			[mm]	[mm]	[mm]		[mm]
			[hh:mm]	[bar]	[mm]		[mm]
			16:32	6	0		1.552
							1.557
							1.549
			media	-0.705	3.496	media	1.553
			DL	-2.37E-02	-4.00E-02	DL	3.23E-02
			e _v	-9.44E-05	-1.62E-04	e _h	1.30E-04
			e _{v,media}	-1.10E-04			e _{h,media} 1.30E-04
Ora	Pressione manometro pompa	Lettura alla barra di taratura	Lettura al display				
			A-A'	B-B'	C-C'		1-1'
			[mm]	[mm]	[mm]		[mm]
			[hh:mm]	[bar]	[mm]		[mm]
			16:38	8	0		1.563
							1.556
							1.552
			media	-0.696	3.503	media	1.557
			DL	-3.27E-02	-4.70E-02	DL	2.80E-02
			e _v	-1.30E-04	-1.91E-04	e _h	1.13E-04
			e _{v,media}	-1.32E-04			e _{h,media} 1.13E-04
Ora	Pressione manometro pompa	Lettura alla barra di taratura	Lettura al display				
			A-A'	B-B'	C-C'		1-1'
			[mm]	[mm]	[mm]		[mm]
			[hh:mm]	[bar]	[mm]		[mm]
			16:44	10	0		1.556
							1.545
							1.551
			media	-0.678	3.521	media	1.551
			DL	-5.07E-02	-6.43E-02	DL	3.43E-02
			e _v	-2.02E-04	-2.61E-04	e _h	1.38E-04
			e _{v,media}	-2.03E-04			e _{h,media} 1.38E-04
Ora	Pressione manometro pompa	Lettura alla barra di taratura	Lettura al display				
			A-A'	B-B'	C-C'		1-1'
			[mm]	[mm]	[mm]		[mm]
			[hh:mm]	[bar]	[mm]		[mm]
			16:51	12	0		1.546
							1.549
							1.534
			media	-0.666	3.535	media	1.543
			DL	-6.33E-02	-7.90E-02	DL	4.20E-02
			e _v	-2.53E-04	-3.20E-04	e _h	1.69E-04
			e _{v,media}	-2.58E-04			e _{h,media} 1.69E-04
Ora	Pressione manometro pompa	Lettura alla barra di taratura	Lettura al display				
			A-A'	B-B'	C-C'		1-1'
			[mm]	[mm]	[mm]		[mm]
			[hh:mm]	[bar]	[mm]		[mm]

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 107 di 194

16:55	14	0	-0.658	3.545	-0.29		1.531
			-0.66	3.548	-0.286		1.539
			-0.655	3.552	-0.279		1.531
		media	-0.658	3.548	-0.285	media	1.534
		DL	-7.13E-02	-9.20E-02	-5.93E-02	DL	5.13E-02
		e _v	-2.85E-04	-3.73E-04	-2.37E-04	e _h	2.07E-04
		e _{v,media}	-2.98E-04			e _{h,media}	2.07E-04

Ora	Pressione manometro pompa	Lettura alla barra di taratura	Lettura al display				
			A-A'	B-B'	C-C'		1-1'
[hh:mm]	[bar]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]		[mm]
17:01	0	0	-0.726	3.466	-0.358		1.56
			-0.727	3.463	-0.356		1.567
			-0.724	3.467	-0.354		1.567
		media	-0.726	3.465	-0.356	media	1.565
		DL	-3.33E-03	-9.00E-03	1.17E-02	DL	2.03E-02
		e _v	-1.33E-05	-3.65E-05	4.66E-05	e _h	8.19E-05
		e _{v,media}	-1.07E-06			e _{h,media}	8.19E-05

Ora	Pressione manometro pompa	Lettura alla barra di taratura	Lettura al display				
			A-A'	B-B'	C-C'		1-1'
[hh:mm]	[bar]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]		[mm]
17:06	4	0	-0.701	3.497	-0.324		1.555
			-0.699	3.499	-0.328		1.555
			-0.697	3.501	-0.328		1.548
		media	-0.699	3.499	-0.327	media	1.553
		DL	-3.00E-02	-4.27E-02	-1.77E-02	DL	3.23E-02
		e _v	-1.20E-04	-1.73E-04	-7.06E-05	e _h	1.30E-04
		e _{v,media}	-1.21E-04			e _{h,media}	1.30E-04

Ora	Pressione manometro pompa	Lettura alla barra di taratura	Lettura al display				
			A-A'	B-B'	C-C'		1-1'
[hh:mm]	[bar]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]		[mm]
17:10	8	0	-0.676	3.525	-0.323		1.531
			-0.68	3.52	-0.323		1.538
			-0.677	3.523	-0.317		1.536
		media	-0.678	3.523	-0.321	media	1.535
		DL	-5.13E-02	-6.63E-02	-2.33E-02	DL	5.00E-02
		e _v	-2.05E-04	-2.69E-04	-9.32E-05	e _h	2.01E-04
		e _{v,media}	-1.89E-04			e _{h,media}	2.01E-04

Ora	Pressione manometro pompa	Lettura alla barra di taratura	Lettura al display				
			A-A'	B-B'	C-C'		1-1'
[hh:mm]	[bar]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]		[mm]
17:15	12	0	-0.656	3.551	-0.301		1.531
			-0.661	3.545	-0.31		1.531
			-0.66	3.542	-0.315		1.535
		media	-0.659	3.546	-0.309	media	1.532
		DL	-7.00E-02	-8.97E-02	-3.57E-02	DL	5.27E-02
		e _v	-2.79E-04	-3.64E-04	-1.42E-04	e _h	2.12E-04
		e _{v,media}	-2.62E-04			e _{h,media}	2.12E-04

Ora			Lettura al display				
-----	--	--	--------------------	--	--	--	--

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC)		RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLLE STRUTTURE
	<i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>		marzo 2022
			Pag. 108 di 194

	Pressione manometro pompa	Lettura alla barra di taratura	A-A'	B-B'	C-C'		1-1'
[hh:mm]	[bar]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]		[mm]
17:21	16	0	-0.633	3.582	-0.274		1.521
			-0.631	3.573	-0.283		1.528
			-0.638	3.571	-0.291		1.522
		media	-0.634	3.575	-0.283	media	1.524
		DL	-9.50E-02	-1.19E-01	-6.17E-02	DL	6.13E-02
		e _v	-3.79E-04	-4.83E-04	-2.46E-04	e _h	2.47E-04
		e _{v,media}	-3.69E-04			e _{h,media}	2.47E-04

Ora	Pressione manometro pompa	Lettura alla barra di taratura	Lettura al display				1-1'
[hh:mm]	[bar]	[mm]	A-A'	B-B'	C-C'		[mm]
17:29	20	0	-0.586	3.622	-0.245		1.519
			-0.592	3.621	-0.25		1.512
			-0.594	3.62	-0.256		1.512
		media	-0.591	3.621	-0.250	media	1.514
		DL	-1.38E-01	-1.65E-01	-9.40E-02	DL	7.07E-02
		e _v	-5.52E-04	-6.68E-04	-3.75E-04	e _h	2.84E-04
		e _{v,media}	-5.32E-04			e _{h,media}	2.84E-04

Ora	Pressione manometro pompa	Lettura alla barra di taratura	Lettura al display				1-1'
[hh:mm]	[bar]	[mm]	A-A'	B-B'	C-C'		[mm]
17:36	24	0	-0.546	3.677	-0.227		1.5
			-0.543	3.675	-0.226		1.492
			-0.547	3.672	-0.23		1.495
		media	-0.545	3.675	-0.228	media	1.496
		DL	-1.84E-01	-2.18E-01	-1.17E-01	DL	8.93E-02
		e _v	-7.33E-04	-8.86E-04	-4.66E-04	e _h	3.60E-04
		e _{v,media}	-6.95E-04			e _{h,media}	3.60E-04

Ora	Pressione manometro pompa	Lettura alla barra di taratura	Lettura al display				1-1'
[hh:mm]	[bar]	[mm]	A-A'	B-B'	C-C'		[mm]
17:53	26	0	-0.53	3.704	-0.227		1.47
			-0.527	3.7056	-0.217		1.463
			-0.53	3.701	-0.229		1.463
		media	-0.529	3.704	-0.224	media	1.465
		DL	-2.00E-01	-2.47E-01	-1.20E-01	DL	1.20E-01
		e _v	-7.98E-04	-1.00E-03	-4.79E-04	e _h	4.82E-04
		e _{v,media}	-7.60E-04			e _{h,media}	4.82E-04

Ora	Pressione manometro pompa	Lettura alla barra di taratura	Lettura al display				1-1'
[hh:mm]	[bar]	[mm]	A-A'	B-B'	C-C'		[mm]
18:03	28	0	-0.486	3.74	-0.218		1.448
			-0.498	3.741	-0.23		1.443
			-0.499	3.741	-0.217		1.44
		media	-0.494	3.741	-0.222	media	1.444
		DL	-2.35E-01	-2.84E-01	-1.23E-01	DL	1.41E-01

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 109 di 194

		e _v	-9.36E-04	-1.15E-03	-4.90E-04	e _h	5.69E-04		
		e _{v,media}	-8.60E-04			e _{h,media}	5.69E-04		
Ora	Pressione manometro pompa	Lettura alla barra di taratura	Lettura al display						
			A-A'	B-B'	C-C'		1-1'		
			[mm]	[mm]	[mm]		[mm]		
			[hh:mm]	[bar]	[mm]		[mm]		
		18:14	30	0	-0.45	3.801	-0.201		1.425
					-0.448	3.803	-0.205		1.424
					-0.45	3.8	-0.207		1.417
		media	-0.449	3.801	-0.204	media	1.422		
		DL	-2.80E-01	-3.45E-01	-1.40E-01	DL	1.63E-01		
		e _v	-1.12E-03	-1.40E-03	-5.59E-04	e _h	6.56E-04		
		e _{v,media}	-1.02E-03			e _{h,media}	6.56E-04		
		Ora	Pressione manometro pompa	Lettura alla barra di taratura	Lettura al display				
A-A'	B-B'				C-C'		1-1'		
[mm]	[mm]				[mm]		[mm]		
[hh:mm]	[bar]				[mm]		[mm]		
18:28	32			0	-0.41	3.85	-0.182		1.407
					-0.41	3.851	-0.177		1.41
					-0.406	3.848	-0.157		1.4
media	-0.409			3.850	-0.172	media	1.406		
DL	-3.20E-01			-3.93E-01	-1.72E-01	DL	1.79E-01		
e _v	-1.28E-03			-1.60E-03	-6.88E-04	e _h	7.22E-04		
e _{v,media}	-1.19E-03			e _{h,media}	7.22E-04				
Ora	Pressione manometro pompa			Lettura alla barra di taratura	Lettura al display				
		A-A'	B-B'		C-C'		1-1'		
		[mm]	[mm]		[mm]		[mm]		
		[hh:mm]	[bar]		[mm]		[mm]		
		18:43	33	0	-0.375	3.891	-0.185		1.375
					-0.381	3.888	-0.187		1.371
					-0.384	3.89	-0.192		1.37
		media	-0.380	3.890	-0.188	media	1.372		
		DL	-3.49E-01	-4.33E-01	-1.56E-01	DL	2.13E-01		
		e _v	-1.39E-03	-1.76E-03	-6.24E-04	e _h	8.57E-04		
		e _{v,media}	-1.26E-03			e _{h,media}	8.57E-04		
		Ora	Pressione manometro pompa	Lettura alla barra di taratura	Lettura al display				
A-A'	B-B'				C-C'		1-1'		
[mm]	[mm]				[mm]		[mm]		
[hh:mm]	[bar]				[mm]		[mm]		
18:48	0			0	-0.63	3.581	-0.325		1.513
					-0.633	3.58	-0.328		1.509
					-0.632	3.579	-0.324		1.508
media	-0.632			3.580	-0.326	media	1.510		
DL	-9.73E-02			-1.24E-01	-1.87E-02	DL	7.50E-02		
e _v	-3.88E-04			-5.02E-04	-7.46E-05	e _h	3.02E-04		
e _{v,media}	-3.21E-04			e _{h,media}	3.02E-04				
Ora	Pressione manometro pompa			Lettura alla barra di taratura	Lettura al display				
		A-A'	B-B'		C-C'		1-1'		
		[mm]	[mm]		[mm]		[mm]		
		[hh:mm]	[bar]		[mm]		[mm]		
		18:55	8		0	-0.552	3.692	-0.289	
			-0.546	3.697	-0.292		1.465		
			-0.548	3.695	-0.293		1.465		

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 110 di 194

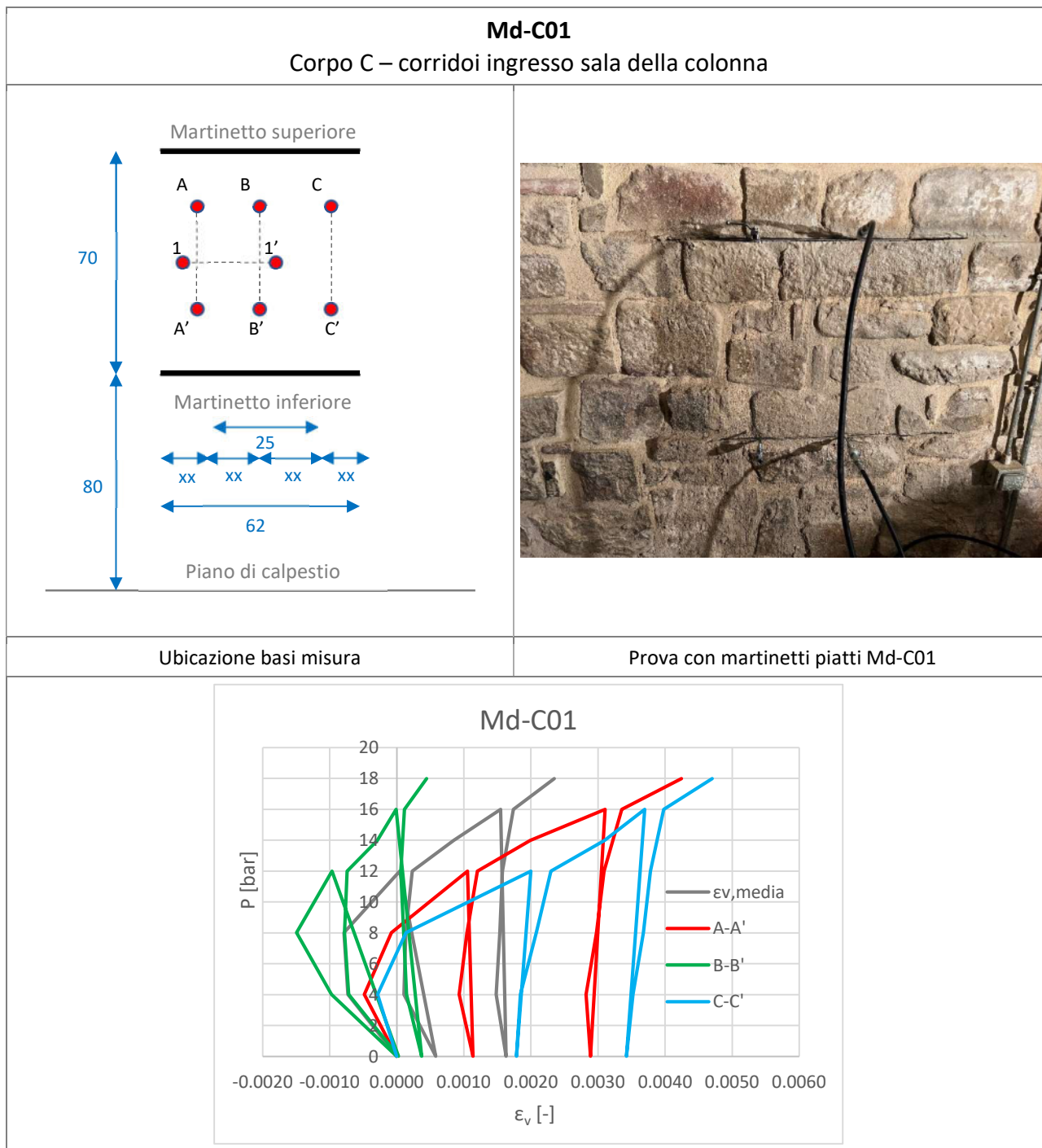
		media	-0.549	3.695	-0.291	media	1.464			
		DL	-1.80E-01	-2.38E-01	-5.30E-02	DL	1.21E-01			
		e _v	-7.19E-04	-9.67E-04	-2.12E-04	e _h	4.87E-04			
		e _{v,media}	-6.33E-04			e _{h,media}	4.87E-04			
Ora	Pressione manometro pompa	Lettura alla barra di taratura	Lettura al display							
			A-A'	B-B'	C-C'		1-1'			
			[mm]	[mm]	[mm]		[mm]			
			19:00	16	0		-0.474	3.785	-0.231	1.444
							-0.47	3.783	-0.234	1.432
							-0.473	3.785	-0.236	1.436
			media	-0.472	3.784		-0.234	media	1.437	
			DL	-2.57E-01	-3.28E-01		-1.11E-01	DL	1.48E-01	
			e _v	-1.02E-03	-1.33E-03	-4.42E-04	e _h	5.94E-04		
			e _{v,media}	-9.32E-04			e _{h,media}	5.94E-04		
			Ora	Pressione manometro pompa	Lettura alla barra di taratura	Lettura al display				
						A-A'	B-B'	C-C'		1-1'
[mm]	[mm]	[mm]				[mm]				
19:05	24	0				-0.419	3.85	-0.206		1.41
						-0.414	3.846	-0.18		1.41
						-0.414	3.847	-0.199		1.411
media	-0.416	3.848				-0.195	media	1.410		
DL	-3.13E-01	-3.91E-01				-1.49E-01	DL	1.75E-01		
e _v	-1.25E-03	-1.59E-03				-5.97E-04	e _h	7.03E-04		
e _{v,media}	-1.14E-03					e _{h,media}	7.03E-04			
Ora	Pressione manometro pompa	Lettura alla barra di taratura				Lettura al display				
						A-A'	B-B'	C-C'		1-1'
			[mm]	[mm]	[mm]	[mm]				
			19:17	32	0	-0.356	3.914	-0.175		1.374
						-0.355	3.919	-0.177		1.376
						-0.357	3.92	-0.171		1.374
			media	-0.356	3.918	-0.174	media	1.375		
			DL	-3.73E-01	-4.61E-01	-1.70E-01	DL	2.10E-01		
			e _v	-1.49E-03	-1.87E-03	-6.79E-04	e _h	8.47E-04		
			e _{v,media}	-1.35E-03			e _{h,media}	8.47E-04		
			Ora	Pressione manometro pompa	Lettura alla barra di taratura	Lettura al display				
						A-A'	B-B'	C-C'		1-1'
[mm]	[mm]	[mm]				[mm]				
19:30	35	0				-0.3307	3.982	-0.157		1.351
						-0.306	3.978	-0.155		1.347
						-0.307	3.98	-0.156		1.346
media	-0.315	3.980				-0.156	media	1.348		
DL	-4.14E-01	-5.24E-01				-1.88E-01	ΔL	2.37E-01		
e _v	-1.65E-03	-2.12E-03				-7.52E-04	ε _h	9.54E-04		
e _{v,media}	-1.51E-03					e _{h,media}	9.54E-04			
Ora	Pressione manometro pompa	Lettura alla barra di taratura				Lettura al display				
						A-A'	B-B'	C-C'		1-1'
			[mm]	[mm]	[mm]	[mm]				
			19:40	38	0	-0.212	4.102	-0.134		1.282

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 111 di 194

			-0.219	4.095	-0.125		1.272
			-0.218	4.098	-0.133		1.275
		media	-0.216	4.098	-0.131	media	1.276
		DL	-5.13E-01	-6.42E-01	-2.14E-01	ΔL	3.09E-01
		e_v	-2.04E-03	-2.60E-03	-8.53E-04	ε_h	1.24E-03
		$e_{v,media}$	-1.83E-03			$e_{h,media}$	1.24E-03
Ora	Pressione manometro pompa	Lettura alla barra di taratura	Lettura al display				
			A-A'	B-B'	C-C'		1-1'
[hh:mm]	[bar]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]		[mm]
19:54	39	0	-0.16	4.163	-0.125		1.246
			-0.158	4.163	-0.118		1.239
			-0.158	4.166	-0.188		1.245
		media	-0.159	4.164	-0.144	media	1.243
		DL	-5.70E-01	-7.08E-01	-2.01E-01	ΔL	3.42E-01
		e_v	-2.27E-03	-2.87E-03	-8.02E-04	ε_h	1.38E-03
		$e_{v,media}$	-1.98E-03			$e_{h,media}$	1.38E-03

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC)	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
	<i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	marzo 2022
		Pag. 112 di 194

Prova 2 – 07/02/2022



Si fa presente che già durante gli step di carico 2 e 3 del primo ciclo di prova, si è registrata l'inversione di segno della deformazione verticale di tutte le basette, ovvero al crescere della pressione applicata, i punti di misura hanno iniziato ad allontanarsi mutuamente (allungamento),

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 113 di 194

anziché ad avvicinarsi (accorciamento) come atteso. Tale comportamento può derivare dalla combinazione di più fattori, tra cui il fatto che il muro possa essere caricato dal solo peso proprio e una volta superato il livello di tensione ad esso collegato, possa venire meno il contrasto della muratura. Conseguentemente il paramento murario oggetto di prova tende a sollevarsi, mostrando il comportamento osservato. Una concausa può essere rappresentata dalla presenza di una muratura fortemente irregolare in cui i martinetti fanno perno solo su alcuni elementi lapidei puntuali che, in assenza di contrasto, portano alla rotazione del paramento e all'“apertura” dello stesso.

Tabella 2-3 - Caratteristiche martinetti prova Md-C01

Martinetto	superiore			inferiore		
Costante martinetto	K_m	-	-	K_m	-	-
Area martinetto	A_m	150212	[mm ²]	A_m	150212	[mm ²]
Area taglio	A_t	163212	[mm ²]	A_t	163212	[mm ²]
Costante area	K_a	0.92	-	K_a	0.92	-
Lunghezza basetta di misura	L_b	250	[mm]	L_b	250	[mm]

Tabella 2-4 - Letture prova Md-C01

Misura Pre-Taglio								
Ora	Pressione manometro pompa	Lettura alla barra di taratura	Lettura al display					
			A-A'	B-B'	C-C'		1-1'	
[hh:mm]	[bar]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]		[mm]	
11:53	0	0	-1.369	-0.945	-0.233		2.408	
			-1.359	-0.948	-0.233		2.41	
			-1.369	-0.941	-0.226		2.404	
			media	-1.366	-0.945	-0.231	media	2.407
			L _{0p,v}	251.366	250.945	250.231	L _{0p,h}	247.593
Misure Post-Taglio								
Ora	Pressione manometro pompa	Lettura alla barra di taratura	Lettura al display					
			A-A'	B-B'	C-C'		1-1'	
[hh:mm]	[bar]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]		[mm]	
13:00	0	0	-1.612	-1.047	-0.359		2.46	
			-1.536	-1.073	-0.357		2.465	
			-1.577	-1.054	-0.377		2.469	
			media	-1.575	-1.058	-0.364	media	2.465
			L _{0,v}	251.575	251.058	250.364	L _{0,h}	247.535
Rif. pre taglio			DL	2.09E-01	-3.08E-01	-1.00E+00	DL	-3.83E+00
			e _v	8.33E-04	-1.23E-03	-4.00E-03	e _h	-1.55E-02
			e _{v,media}			-1.46E-03		
Ora	Pressione manometro pompa	Lettura alla barra di taratura	Lettura al display					
			A-A'	B-B'	C-C'		1-1'	

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 114 di 194

[hh:mm]	[bar]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]		[mm]
13:13	4	0	-1.422	-0.805	-0.281		2.356
			-1.444	-0.82	-0.297		2.358
			-1.495	-0.817	-0.301		2.345
		media	-1.454	-0.814	-0.293	media	2.353
		DL	-1.21E-01	-2.44E-01	-7.13E-02	DL	1.12E-01
		e _v	-4.82E-04	-9.72E-04	-2.85E-04	e _h	4.51E-04
		e _{v,media}	-5.80E-04			e _{h,media}	4.51E-04

Ora	Pressione manometro pompa	Lettura alla barra di taratura	Lettura al display				
			A-A'	B-B'	C-C'		1-1'
[hh:mm]	[bar]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]		[mm]
13:22	8	0	-1.571	-0.683	-0.396		2.118
			-1.536	-0.688	-0.405		2.134
			-1.56	-0.678	-0.397		2.133
		media	-1.556	-0.683	-0.399	media	2.128
		DL	-1.93E-02	-3.75E-01	3.50E-02	DL	3.36E-01
		e _v	-7.68E-05	-1.49E-03	1.40E-04	e _h	1.36E-03
		e _{v,media}	-4.77E-04			e _{h,media}	1.36E-03

Ora	Pressione manometro pompa	Lettura alla barra di taratura	Lettura al display				
			A-A'	B-B'	C-C'		1-1'
[hh:mm]	[bar]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]		[mm]
13:40	12	0	-1.838	-0.756	-0.861		1.798
			-1.845	-0.847	-0.868		1.804
			-1.839	-0.846	-0.863		1.804
		media	-1.841	-0.816	-0.864	media	1.802
		DL	2.66E-01	-2.42E-01	5.00E-01	DL	6.63E-01
		e _v	1.06E-03	-9.63E-04	2.00E-03	e _h	2.68E-03
		e _{v,media}	6.96E-04			e _{h,media}	2.68E-03

Ora	Pressione manometro pompa	Lettura alla barra di taratura	Lettura al display				
			A-A'	B-B'	C-C'		1-1'
[hh:mm]	[bar]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]		[mm]
13:45	0	0	-1.86	-1.056	-0.807		2.057
			-1.863	-1.066	-0.806		2.064
			-1.862	-1.073	-0.819		2.068
		media	-1.862	-1.065	-0.811	media	2.063
		DL	2.87E-01	7.00E-03	4.46E-01	DL	4.02E-01
		e _v	1.14E-03	2.79E-05	1.78E-03	e _h	1.62E-03
		e _{v,media}	9.83E-04			e _{h,media}	1.62E-03

Ora	Pressione manometro pompa	Lettura alla barra di taratura	Lettura al display				
			A-A'	B-B'	C-C'		1-1'
[hh:mm]	[bar]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]		[mm]
13:53	4	0	-1.809	-0.875	-0.823		1.94
			-1.81	-0.883	-0.827		1.934
			-1.81	-0.878	-0.827		1.932
		media	-1.810	-0.879	-0.826	media	1.935
		DL	2.35E-01	-1.79E-01	4.61E-01	DL	5.29E-01
		e _v	9.33E-04	-7.14E-04	1.84E-03	e _h	2.14E-03
		e _{v,media}	6.87E-04			e _{h,media}	2.14E-03

Ora			Lettura al display				
-----	--	--	--------------------	--	--	--	--

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 115 di 194

	Pressione manometro pompa	Lettura alla barra di taratura	A-A'	B-B'	C-C'		1-1'
[hh:mm]	[bar]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]		[mm]
13:57	8	0	-1.832	-0.859	-0.881		1.868
			-1.85	-0.866	-0.882		1.87
			-1.833	-0.865	-0.89		1.863
		media	-1.838	-0.863	-0.884	media	1.867
		DL	2.63E-01	-1.95E-01	5.20E-01	DL	5.98E-01
		e _v	1.05E-03	-7.75E-04	2.08E-03	e _h	2.41E-03
		e _{v,media}	7.83E-04			e _{h,media}	2.41E-03

Ora	Pressione manometro pompa	Lettura alla barra di taratura	Lettura al display					1-1'
[hh:mm]	[bar]	[mm]	A-A'	B-B'	C-C'			[mm]
14:03	12	0	-1.872	-0.867	-0.937			1.791
			-1.875	-0.869	-0.939			1.79
			-1.888	-0.881	-0.942			1.79
		media	-1.878	-0.872	-0.939	media		1.790
		DL	3.03E-01	-1.86E-01	5.75E-01	DL		6.74E-01
		e _v	1.21E-03	-7.40E-04	2.30E-03	e _h		2.72E-03
		e _{v,media}	9.21E-04			e _{h,media}		2.72E-03

Ora	Pressione manometro pompa	Lettura alla barra di taratura	Lettura al display					1-1'
[hh:mm]	[bar]	[mm]	A-A'	B-B'	C-C'			[mm]
14:15	14	0	-2.073	-0.983	-1.139			1.676
			-2.071	-0.983	-1.139			1.676
			-2.083	-0.99	-1.141			1.684
		media	-2.076	-0.985	-1.140	media		1.679
		DL	5.01E-01	-7.27E-02	7.75E-01	DL		7.86E-01
		e _v	1.99E-03	-2.89E-04	3.10E-03	e _h		3.18E-03
		e _{v,media}	1.60E-03			e _{h,media}		3.18E-03

Ora	Pressione manometro pompa	Lettura alla barra di taratura	Lettura al display					1-1'
[hh:mm]	[bar]	[mm]	A-A'	B-B'	C-C'			[mm]
15:00	16	0	-2.355	-1.056	-1.288			1.588
			-2.355	-1.056	-1.29			1.588
			-2.357	-1.057	-1.29			1.587
		media	-2.356	-1.056	-1.289	media		1.588
		DL	7.81E-01	-1.67E-03	9.25E-01	DL		8.77E-01
		e _v	3.10E-03	-6.64E-06	3.69E-03	e _h		3.54E-03
		e _{v,media}	2.26E-03			e _{h,media}		3.54E-03

Ora	Pressione manometro pompa	Lettura alla barra di taratura	Lettura al display					1-1'
[hh:mm]	[bar]	[mm]	A-A'	B-B'	C-C'			[mm]
16:20	0	0	-2.293	-1.144	-1.216			1.758
			-2.3	-1.159	-1.2226			1.76
			-2.311	-1.153	-1.226			1.765
		media	-2.301	-1.152	-1.222	media		1.761
		DL	7.26E-01	9.40E-02	8.57E-01	DL		7.04E-01

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 116 di 194

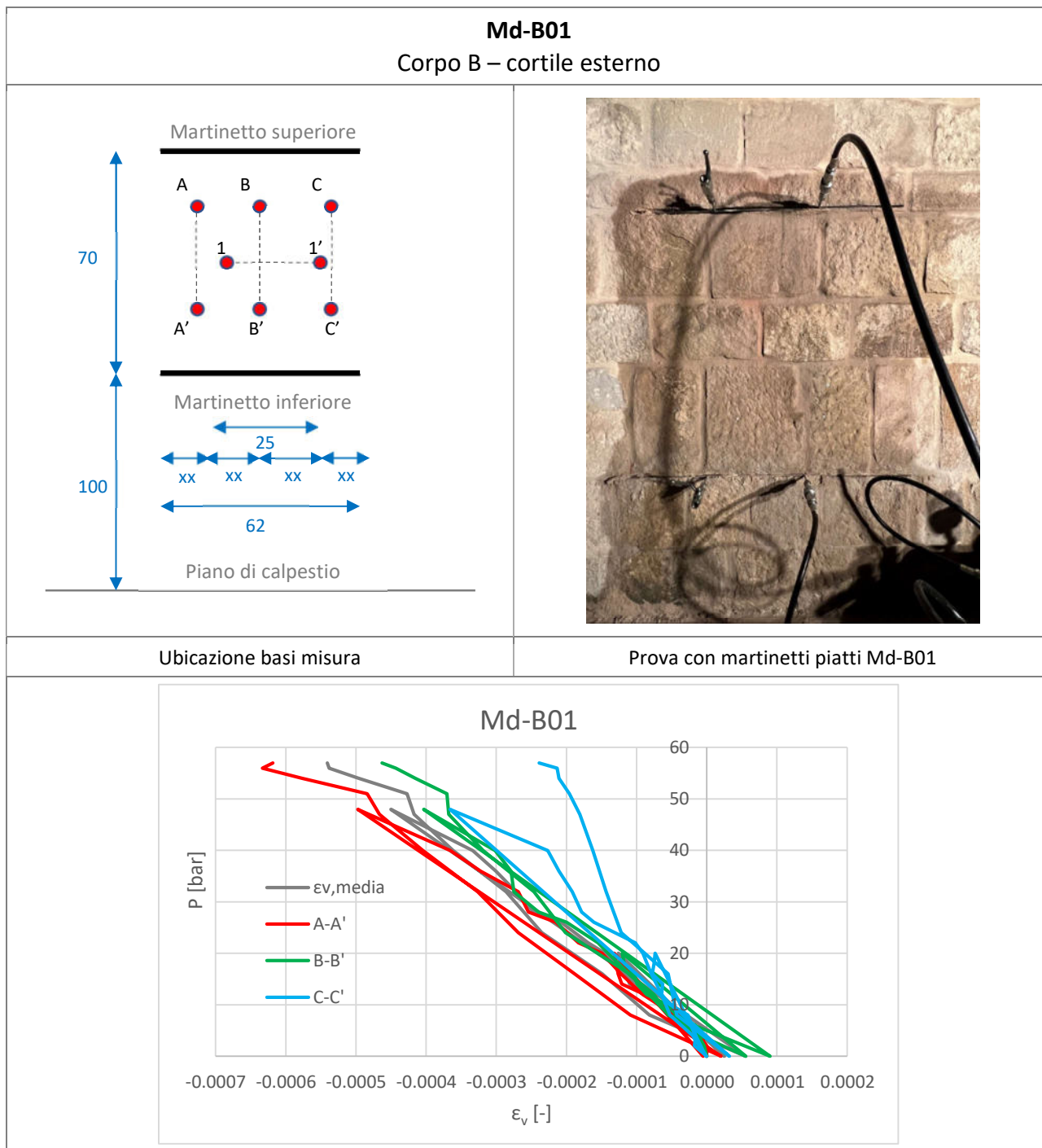
			e _v	2.89E-03	3.74E-04	3.42E-03	e _h	2.84E-03
			e _{v,media}	2.23E-03			e _{h,media}	2.84E-03
Ora	Pressione manometro pompa	Lettura alla barra di taratura	Lettura al display					
			A-A'	B-B'	C-C'		1-1'	
[hh:mm]	[bar]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]		[mm]	
16:27	4	0	-2.287	-1.099	-1.241		1.7	
			-2.279	-1.09	-1.249		1.701	
			-2.287	-1.096	-1.246		1.699	
			media	-2.284	-1.095	-1.245	media	1.700
			DL	7.09E-01	3.70E-02	8.81E-01	DL	7.65E-01
			e _v	2.82E-03	1.47E-04	3.52E-03	e _h	3.09E-03
			e _{v,media}	2.16E-03			e _{h,media}	3.09E-03
Ora	Pressione manometro pompa	Lettura alla barra di taratura	Lettura al display					
			A-A'	B-B'	C-C'		1-1'	
[hh:mm]	[bar]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]		[mm]	
16:33	8	0	-2.324	-1.082	-1.287		1.64	
			-2.325	-1.086	-1.279		1.642	
			-2.321	-1.085	-1.288		1.647	
			media	-2.323	-1.084	-1.285	media	1.643
			DL	7.48E-01	2.63E-02	9.20E-01	DL	8.22E-01
			e _v	2.97E-03	1.05E-04	3.68E-03	e _h	3.32E-03
			e _{v,media}	2.25E-03			e _{h,media}	3.32E-03
Ora	Pressione manometro pompa	Lettura alla barra di taratura	Lettura al display					
			A-A'	B-B'	C-C'		1-1'	
[hh:mm]	[bar]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]		[mm]	
16:38	12	0	-2.34	-1.074	-1.308		1.588	
			-2.346	-1.073	-1.308		1.593	
			-2.369	-1.075	-1.315		1.595	
			media	-2.352	-1.074	-1.310	media	1.592
			DL	7.77E-01	1.60E-02	9.46E-01	DL	8.73E-01
			e _v	3.09E-03	6.37E-05	3.78E-03	e _h	3.53E-03
			e _{v,media}	2.31E-03			e _{h,media}	3.53E-03
Ora	Pressione manometro pompa	Lettura alla barra di taratura	Lettura al display					
			A-A'	B-B'	C-C'		1-1'	
[hh:mm]	[bar]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]		[mm]	
16:45	16	0	-2.414	-1.094	-1.363		1.538	
			-2.418	-1.086	-1.361		1.542	
			-2.423	-1.083	-1.356		1.541	
			media	-2.418	-1.088	-1.360	media	1.540
			DL	8.43E-01	2.97E-02	9.96E-01	DL	9.24E-01
			e _v	3.35E-03	1.18E-04	3.98E-03	e _h	3.73E-03
			e _{v,media}	2.48E-03			e _{h,media}	3.73E-03
Ora	Pressione manometro pompa	Lettura alla barra di taratura	Lettura al display					
			A-A'	B-B'	C-C'		1-1'	
[hh:mm]	[bar]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]		[mm]	
16:50	18	0	-2.644	-1.168	-1.541		1.457	
			-2.641	-1.173	-1.541		1.454	
			-2.641	-1.17	-1.542		1.451	

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 117 di 194

media	-2.642	-1.170	-1.541	media	1.454
DL	1.07E+00	1.12E-01	1.18E+00	DL	1.01E+00
e _v	4.24E-03	4.47E-04	4.70E-03	e _h	4.08E-03
e _{v,media}	3.13E-03			e _{h,media}	4.08E-03

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 118 di 194

Prova 3 – 14/02/2022



RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 119 di 194

Tabella 2-5 - Caratteristiche martinetti prova Md-B01

Martinetto	superiore			inferiore		
Costante martinetto	K_m	-	-	K_m	-	-
Area martinetto	A_m	150212	[mm ²]	A_m	150212	[mm ²]
Area taglio	A_t	163212	[mm ²]	A_t	163212	[mm ²]
Costante area	K_a	0.92	-	K_a	0.92	-
Lunghezza basetta di misura	L_b	250	[mm]	L_b	250	[mm]

Tabella 2-6 - Letture prova Md-B01

Misura Pre-Taglio								
Ora	Pressione manometro pompa	Lettura alla barra di taratura	Lettura al display					
			A-A'	B-B'	C-C'		1-1'	
[hh:mm]	[bar]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]		[mm]	
18:05	0	0	1.983	-1.996	1.229		-2.254	
			1.985	-1.992	1.233		-2.259	
			1.978	-1.992	1.231		-2.257	
media			1.982	-1.993	1.231	media	-2.257	
L _{0p,v}			248.018	251.993	248.769	L _{0p,h}	252.257	
Misure Post-Taglio								
Ora	Pressione manometro pompa	Lettura alla barra di taratura	Lettura al display					
			A-A'	B-B'	C-C'		1-1'	
[hh:mm]	[bar]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]		[mm]	
18:52	0	0	1.967	-2.013	1.223		-2.253	
			1.954	-2.005	1.225		-2.261	
			1.958	-2.014	1.217		-2.261	
media			1.960	-2.011	1.222	media	-2.258	
L _{0,v}			248.040	252.011	248.778	L _{0,h}	252.258	
Rif. pre taglio			ΔL	2.23E-02	3.99E+00	7.60E-01	ΔL	4.24E+00
			ε _v	9.00E-05	1.58E-02	3.06E-03	ε _h	1.68E-02
			ε _{v,media}		6.33E-03		ε _{h,media}	1.68E-02
Ora	Pressione manometro pompa	Lettura alla barra di taratura	Lettura al display					
			A-A'	B-B'	C-C'		1-1'	
[hh:mm]	[bar]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]		[mm]	
18:59	2	0	1.957	-2.007	1.22		-2.241	
			1.962	-2.01	1.232		-2.244	
			1.96	-2.012	1.226		-2.255	
media			1.960	-2.010	1.226	media	-2.247	
ΔL			0.00E+00	-1.00E-03	-4.33E-03	ΔL	-1.17E-02	
ε _v			0.00E+00	-3.97E-06	-1.74E-05	ε _h	-4.62E-05	
ε _{v,media}			-7.13E-06		ε _{h,media}		-4.62E-05	
Ora	Pressione manometro pompa	Lettura alla barra di taratura	Lettura al display					
			A-A'	B-B'	C-C'		1-1'	
[hh:mm]	[bar]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]		[mm]	
19.06	4	0	1.962	-2.006	1.223		-2.262	
			1.966	-2.006	1.227		-2.243	

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 120 di 194

			1.959	-2.011	1.227		-2.247		
		media	1.962	-2.008	1.226	media	-2.251		
		ΔL	-2.67E-03	-3.00E-03	-4.00E-03	ΔL	-7.67E-03		
		ε_v	-1.08E-05	-1.19E-05	-1.61E-05	ε_h	-3.04E-05		
		$\varepsilon_{v,media}$	-1.29E-05			$\varepsilon_{h,media}$	-3.04E-05		
Ora	Pressione manometro pompa	Lettura alla barra di taratura	Lettura al display						
			A-A'	B-B'	C-C'		1-1'		
			[mm]	[mm]	[mm]		[mm]		
			19.14	6	0	1.963	-2.01	1.225	-2.252
						1.969	-2.01	1.226	-2.251
						1.968	-2	1.23	-2.259
			media	1.967	-2.007	1.227	media	-2.254	
			ΔL	-7.00E-03	-4.00E-03	-5.33E-03	ΔL	-4.33E-03	
			ε_v	-2.82E-05	-1.59E-05	-2.14E-05	ε_h	-1.72E-05	
			$\varepsilon_{v,media}$	-2.18E-05			$\varepsilon_{h,media}$	-1.72E-05	
Ora	Pressione manometro pompa	Lettura alla barra di taratura	Lettura al display						
			A-A'	B-B'	C-C'		1-1'		
			[mm]	[mm]	[mm]		[mm]		
			19.17	8	0	1.975	-1.97	1.223	-2.267
						1.965	-2.013	1.234	-2.245
						1.966	-2.016	1.228	-2.246
			media	1.969	-2.000	1.228	media	-2.253	
			ΔL	-9.00E-03	-1.10E-02	-6.67E-03	ΔL	-5.67E-03	
			ε_v	-3.63E-05	-4.36E-05	-2.68E-05	ε_h	-2.25E-05	
			$\varepsilon_{v,media}$	-3.56E-05			$\varepsilon_{h,media}$	-2.25E-05	
Ora	Pressione manometro pompa	Lettura alla barra di taratura	Lettura al display						
			A-A'	B-B'	C-C'		1-1'		
			[mm]	[mm]	[mm]		[mm]		
			19.23	10	0	1.972	-1.993	1.234	-2.246
						1.978	-1.999	1.236	-2.24
						1.974	-1.997	1.234	-2.241
			media	1.975	-1.996	1.235	media	-2.242	
			ΔL	-1.50E-02	-1.43E-02	-1.30E-02	ΔL	-1.60E-02	
			ε_v	-6.05E-05	-5.69E-05	-5.23E-05	ε_h	-6.34E-05	
			$\varepsilon_{v,media}$	-5.65E-05			$\varepsilon_{h,media}$	-6.34E-05	
Ora	Pressione manometro pompa	Lettura alla barra di taratura	Lettura al display						
			A-A'	B-B'	C-C'		1-1'		
			[mm]	[mm]	[mm]		[mm]		
			19.33	12	0	1.983	-1.989	1.238	-2.252
						1.983	-1.986	1.239	-2.254
						1.979	-1.992	1.236	-2.25
			media	1.982	-1.989	1.238	media	-2.252	
			ΔL	-2.20E-02	-2.17E-02	-1.60E-02	ΔL	-6.33E-03	
			ε_v	-8.87E-05	-8.60E-05	-6.43E-05	ε_h	-2.51E-05	
			$\varepsilon_{v,media}$	-7.97E-05			$\varepsilon_{h,media}$	-2.51E-05	
Ora	Pressione manometro pompa	Lettura alla barra di taratura	Lettura al display						
			A-A'	B-B'	C-C'		1-1'		
[hh:mm]	[bar]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]		[mm]		

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC)		RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLLE STRUTTURE	
	<i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>		marzo 2022	
			Pag. 121 di 194	

19:37	14	0	1.991	-1.989	1.236		-2.256
			1.988	-1.981	1.238		-2.257
			1.99	-1.987	1.238		-2.246
		media	1.990	-1.986	1.237	media	-2.253
		ΔL	-3.00E-02	-2.50E-02	-1.57E-02	ΔL	-5.33E-03
		ε_v	-1.21E-04	-9.92E-05	-6.30E-05	ε_h	-2.11E-05
		$\varepsilon_{v,media}$	-9.44E-05			$\varepsilon_{h,media}$	-2.11E-05

Ora	Pressione manometro pompa	Lettura alla barra di taratura	Lettura al display				
			A-A'	B-B'	C-C'		1-1'
[hh:mm]	[bar]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]		[mm]
19:43	16	0	1.991	-1.986	1.246		-2.26
			1.989	-1.983	1.239		-2.254
			1.993	-1.985	1.238		-2.253
		media	1.991	-1.985	1.241	media	-2.256
		ΔL	-3.13E-02	-2.60E-02	-1.93E-02	ΔL	-2.67E-03
		ε_v	-1.26E-04	-1.03E-04	-7.77E-05	ε_h	-1.06E-05
		$\varepsilon_{v,media}$	-1.02E-04			$\varepsilon_{h,media}$	-1.06E-05

Ora	Pressione manometro pompa	Lettura alla barra di taratura	Lettura al display				
			A-A'	B-B'	C-C'		1-1'
[hh:mm]	[bar]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]		[mm]
19:46	18	0	1.987	-1.98	1.241		-2.266
			1.996	-1.981	1.236		-2.262
			1.992	-1.982	1.244		-2.266
		media	1.992	-1.981	1.240	media	-2.265
		ΔL	-3.20E-02	-2.97E-02	-1.87E-02	ΔL	6.33E-03
		ε_v	-1.29E-04	-1.18E-04	-7.50E-05	ε_h	2.51E-05
		$\varepsilon_{v,media}$	-1.07E-04			$\varepsilon_{h,media}$	2.51E-05

Ora	Pressione manometro pompa	Lettura alla barra di taratura	Lettura al display				
			A-A'	B-B'	C-C'		1-1'
[hh:mm]	[bar]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]		[mm]
20:50	20	0	1.995	-1.979	1.235		-2.267
			2	-1.981	1.239		-2.266
			1.994	-1.981	1.246		-2.27
		media	1.992	-1.980	1.240	media	-2.268
		ΔL	-3.27E-02	-3.03E-02	-1.83E-02	ΔL	9.33E-03
		ε_v	-1.32E-04	-1.20E-04	-7.37E-05	ε_h	3.70E-05
		$\varepsilon_{v,media}$	-1.09E-04			$\varepsilon_{h,media}$	3.70E-05

Ora	Pressione manometro pompa	Lettura alla barra di taratura	Lettura al display				
			A-A'	B-B'	C-C'		1-1'
[hh:mm]	[bar]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]		[mm]
19:54	0	0	1.966	-2.023	1.221		-2.242
			1.96	-2.024	1.218		-2.241
			1.957	-2.027	1.227		-2.243
		media	1.961	-2.025	1.222	media	-2.242
		ΔL	-1.33E-03	1.40E-02	-3.33E-04	ΔL	-1.63E-02
		ε_v	-5.38E-06	5.56E-05	-1.34E-06	ε_h	-6.47E-05
		$\varepsilon_{v,media}$	1.63E-05			$\varepsilon_{h,media}$	-6.47E-05

Ora			Lettura al display				
-----	--	--	--------------------	--	--	--	--

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 122 di 194

	Pressione manometro pompa	Lettura alla barra di taratura	A-A'	B-B'	C-C'		1-1'
[hh:mm]	[bar]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]		[mm]
19:59	4	0	1.964	-2.01	1.226		-2.243
			1.96	-2.005	1.226		-2.251
			1.959	-2.01	1.228		-2.255
		media	1.961	-2.008	1.227	media	-2.250
		ΔL	-1.33E-03	-2.33E-03	-5.00E-03	ΔL	-8.67E-03
		ε_v	-5.38E-06	-9.26E-06	-2.01E-05	ε_h	-3.44E-05
		$\varepsilon_{v,media}$	-1.16E-05			$\varepsilon_{h,media}$	-3.44E-05

Ora	Pressione manometro pompa	Lettura alla barra di taratura	Lettura al display				1-1'
			A-A'	B-B'	C-C'		
[hh:mm]	[bar]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]		[mm]
20:02	8	0	1.969	-2	1.231		-2.256
			1.972	-2.001	1.235		-2.256
			1.972	-1.99	1.238		-2.257
		media	1.971	-1.997	1.235	media	-2.256
		ΔL	-1.13E-02	-1.37E-02	-1.30E-02	ΔL	-2.00E-03
		ε_v	-4.57E-05	-5.42E-05	-5.23E-05	ε_h	-7.93E-06
		$\varepsilon_{v,media}$	-5.07E-05			$\varepsilon_{h,media}$	-7.93E-06

Ora	Pressione manometro pompa	Lettura alla barra di taratura	Lettura al display				1-1'
			A-A'	B-B'	C-C'		
[hh:mm]	[bar]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]		[mm]
20:04	12	0	1.986	-1.99	1.238		-2.266
			1.981	-1.99	1.234		-2.257
			1.98	-1.995	1.241		-2.265
		media	1.982	-1.992	1.238	media	-2.263
		ΔL	-2.27E-02	-1.90E-02	-1.60E-02	ΔL	4.33E-03
		ε_v	-9.14E-05	-7.54E-05	-6.43E-05	ε_h	1.72E-05
		$\varepsilon_{v,media}$	-7.70E-05			$\varepsilon_{h,media}$	1.72E-05

Ora	Pressione manometro pompa	Lettura alla barra di taratura	Lettura al display				1-1'
			A-A'	B-B'	C-C'		
[hh:mm]	[bar]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]		[mm]
20:08	16	0	1.983	-1.988	1.241		-2.252
			1.988	-1.979	1.24		-2.257
			1.999	-1.981	1.243		-2.258
		media	1.990	-1.983	1.241	media	-2.256
		ΔL	-3.03E-02	-2.80E-02	-1.97E-02	ΔL	-2.67E-03
		ε_v	-1.22E-04	-1.11E-04	-7.91E-05	ε_h	-1.06E-05
		$\varepsilon_{v,media}$	-1.04E-04			$\varepsilon_{h,media}$	-1.06E-05

Ora	Pressione manometro pompa	Lettura alla barra di taratura	Lettura al display				1-1'
			A-A'	B-B'	C-C'		
[hh:mm]	[bar]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]		[mm]
20:10	20	0	1.996	-1.974	1.248		-2.264
			1.997	-1.976	1.244		-2.264
			1.997	-1.976	1.241		-2.264
		media	1.997	-1.975	1.244	media	-2.264
		ΔL	-3.70E-02	-3.53E-02	-2.27E-02	ΔL	5.67E-03

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 123 di 194

		ε_v	-1.49E-04	-1.40E-04	-9.11E-05	ε_h	2.25E-05
		$\varepsilon_{v,media}$	-1.27E-04			$\varepsilon_{h,media}$	2.25E-05
Ora	Pressione manometro pompa	Lettura alla barra di taratura	Lettura al display				
			A-A'	B-B'	C-C'		1-1'
[hh:mm]	[bar]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]		[mm]
20:13	22	0	2.005	-1.975	1.242		-2.26
			2.004	-1.968	1.249		-2.258
			2.006	-1.972	1.25		-2.258
		media	2.005	-1.972	1.247	media	-2.259
		ΔL	-4.53E-02	-3.90E-02	-2.53E-02	ΔL	3.33E-04
		ε_v	-1.83E-04	-1.55E-04	-1.02E-04	ε_h	1.32E-06
		$\varepsilon_{v,media}$	-1.46E-04			$\varepsilon_{h,media}$	1.32E-06
Ora	Pressione manometro pompa	Lettura alla barra di taratura	Lettura al display				
			A-A'	B-B'	C-C'		1-1'
[hh:mm]	[bar]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]		[mm]
20:19	26	0	2.013	-1.959	1.251		-2.266
			2.012	-1.964	1.27		-2.265
			2.014	-1.958	1.264		-2.266
		media	2.013	-1.960	1.262	media	-2.266
		ΔL	-5.33E-02	-5.03E-02	-4.00E-02	ΔL	7.33E-03
		ε_v	-2.15E-04	-2.00E-04	-1.61E-04	ε_h	2.91E-05
		$\varepsilon_{v,media}$	-1.92E-04			$\varepsilon_{h,media}$	2.91E-05
Ora	Pressione manometro pompa	Lettura alla barra di taratura	Lettura al display				
			A-A'	B-B'	C-C'		1-1'
[hh:mm]	[bar]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]		[mm]
20:21	28	0	2.023	-1.949	1.268		-2.27
			2.019	-1.95	1.266		-2.269
			2.026	-1.952	1.264		-2.27
		media	2.023	-1.950	1.266	media	-2.270
		ΔL	-6.30E-02	-6.03E-02	-4.43E-02	ΔL	1.13E-02
		ε_v	-2.54E-04	-2.39E-04	-1.78E-04	ε_h	4.49E-05
		$\varepsilon_{v,media}$	-2.24E-04			$\varepsilon_{h,media}$	4.49E-05
Ora	Pressione manometro pompa	Lettura alla barra di taratura	Lettura al display				
			A-A'	B-B'	C-C'		1-1'
[hh:mm]	[bar]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]		[mm]
20:26	32	0	2.025	-1.941	1.268		-2.28
			2.026	-1.942	1.264		-2.273
			2.028	-1.941	1.276		-2.272
		media	2.026	-1.941	1.269	media	-2.275
		ΔL	-6.67E-02	-6.93E-02	-4.77E-02	ΔL	1.67E-02
		ε_v	-2.69E-04	-2.75E-04	-1.92E-04	ε_h	6.61E-05
		$\varepsilon_{v,media}$	-2.45E-04			$\varepsilon_{h,media}$	6.61E-05
Ora	Pressione manometro pompa	Lettura alla barra di taratura	Lettura al display				
			A-A'	B-B'	C-C'		1-1'
[hh:mm]	[bar]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]		[mm]
20:32	36	0	2.041	-1.944	1.274		-2.273
			2.042	-1.934	1.275		-2.273
			2.036	-1.943	1.273		-2.279

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 124 di 194

		media	2.040	-1.940	1.274	media	-2.275	
		ΔL	-8.00E-02	-7.03E-02	-5.23E-02	ΔL	1.67E-02	
		ε_v	-3.23E-04	-2.79E-04	-2.10E-04	ε_h	6.61E-05	
		$\varepsilon_{v,media}$	-2.71E-04			$\varepsilon_{h,media}$	6.61E-05	
Ora	Pressione manometro pompa	Lettura alla barra di taratura	Lettura al display					
			A-A'	B-B'	C-C'		1-1'	
			[mm]	[mm]	[mm]		[mm]	
			[hh:mm]	[bar]	[mm]		[mm]	
			20:44	40	0		-2.283	
					2.048		-2.283	
					-1.937		-2.282	
					2.052		-2.282	
					-1.934		-2.282	
			media	2.050	-1.935	1.278	media	-2.283
			ΔL	-9.07E-02	-7.60E-02	-5.63E-02	ΔL	2.43E-02
			ε_v	-3.66E-04	-3.02E-04	-2.26E-04	ε_h	9.65E-05
			$\varepsilon_{v,media}$	-2.98E-04			$\varepsilon_{h,media}$	9.65E-05
Ora	Pressione manometro pompa	Lettura alla barra di taratura	Lettura al display					
			A-A'	B-B'	C-C'		1-1'	
			[mm]	[mm]	[mm]		[mm]	
			[hh:mm]	[bar]	[mm]		[mm]	
			20:49	48	0		-2.292	
					2.088		-2.296	
					-1.91		-2.296	
					2.081		-2.299	
					-1.908		-2.299	
					2.08		-2.299	
					-1.909		-2.299	
			media	2.083	-1.909	1.313	media	-2.296
			ΔL	-1.23E-01	-1.02E-01	-9.10E-02	ΔL	3.73E-02
ε_v	-4.97E-04	-4.03E-04	-3.66E-04	ε_h	1.48E-04			
$\varepsilon_{v,media}$	-4.22E-04			$\varepsilon_{h,media}$	1.48E-04			
Ora	Pressione manometro pompa	Lettura alla barra di taratura	Lettura al display					
			A-A'	B-B'	C-C'		1-1'	
			[mm]	[mm]	[mm]		[mm]	
			[hh:mm]	[bar]	[mm]		[mm]	
			18:31	0	0		-2.251	
					1.938		-2.251	
					-2.044		-2.252	
					1.968		-2.252	
					-2.026		-2.252	
					1.958		-2.252	
					-2.03		-2.252	
			media	1.955	-2.033	1.214	media	-2.251
			ΔL	5.00E-03	2.27E-02	8.00E-03	ΔL	-7.00E-03
ε_v	2.02E-05	8.99E-05	3.22E-05	ε_h	-2.77E-05			
$\varepsilon_{v,media}$	4.74E-05			$\varepsilon_{h,media}$	-2.77E-05			
Ora	Pressione manometro pompa	Lettura alla barra di taratura	Lettura al display					
			A-A'	B-B'	C-C'		1-1'	
			[mm]	[mm]	[mm]		[mm]	
			[hh:mm]	[bar]	[mm]		[mm]	
			18:35	8	0		-2.255	
					1.992		-2.252	
					-1.994		-2.254	
					1.983		-2.254	
					-1.998		-2.254	
					1.985		-2.254	
					-1.999		-2.254	
			media	1.987	-1.997	1.232	media	-2.254
			ΔL	-2.70E-02	-1.37E-02	-1.07E-02	ΔL	-4.67E-03
ε_v	-1.09E-04	-5.42E-05	-4.29E-05	ε_h	-1.85E-05			
$\varepsilon_{v,media}$	-6.87E-05			$\varepsilon_{h,media}$	-1.85E-05			
Ora	Pressione manometro pompa	Lettura alla barra di taratura	Lettura al display					
			A-A'	B-B'	C-C'		1-1'	
			[mm]	[mm]	[mm]		[mm]	
			[hh:mm]	[bar]	[mm]		[mm]	
18:39	16	0	2.007	-1.98	1.238		-2.261	

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 125 di 194

			2.004	-1.983	1.235		-2.262			
			2.008	-1.986	1.233		-2.261			
			media	2.006	-1.983	1.235	media	-2.261		
			ΔL	-4.67E-02	-2.77E-02	-1.37E-02	ΔL	3.00E-03		
			ε_v	-1.88E-04	-1.10E-04	-5.49E-05	ε_h	1.19E-05		
			$\varepsilon_{v,media}$	-1.18E-04			$\varepsilon_{h,media}$	1.19E-05		
Ora	Pressione manometro pompa	Lettura alla barra di taratura	Lettura al display							
			A-A'	B-B'	C-C'		1-1'			
			[mm]	[mm]	[mm]		[mm]			
			18:42	24	0		2.029	-1.96	1.253	-2.266
							2.026	-1.959	1.25	-2.265
						2.024	-1.961	1.253	-2.265	
			media	2.026	-1.960	1.252	media	-2.265		
			ΔL	-6.67E-02	-5.07E-02	-3.03E-02	ΔL	7.00E-03		
			ε_v	-2.69E-04	-2.01E-04	-1.22E-04	ε_h	2.77E-05		
			$\varepsilon_{v,media}$	-1.97E-04			$\varepsilon_{h,media}$	2.77E-05		
Ora	Pressione manometro pompa	Lettura alla barra di taratura	Lettura al display							
			A-A'	B-B'	C-C'		1-1'			
			[mm]	[mm]	[mm]		[mm]			
			18:47	32	0		2.044	-1.949	1.256	-2.289
							2.039	-1.948	1.257	-2.288
						2.039	-1.949	1.259	-2.287	
			media	2.041	-1.949	1.257	media	-2.288		
			ΔL	-8.10E-02	-6.20E-02	-3.57E-02	ΔL	2.97E-02		
			ε_v	-3.27E-04	-2.46E-04	-1.43E-04	ε_h	1.18E-04		
			$\varepsilon_{v,media}$	-2.39E-04			$\varepsilon_{h,media}$	1.18E-04		
Ora	Pressione manometro pompa	Lettura alla barra di taratura	Lettura al display							
			A-A'	B-B'	C-C'		1-1'			
			[mm]	[mm]	[mm]		[mm]			
			18:50	40	0		2.062	-1.932	1.265	-2.293
							2.059	-1.93	1.26	-2.289
						2.059	-1.929	1.261	-2.289	
			media	2.060	-1.930	1.262	media	-2.290		
			ΔL	-1.00E-01	-8.03E-02	-4.03E-02	ΔL	3.20E-02		
			ε_v	-4.05E-04	-3.19E-04	-1.62E-04	ε_h	1.27E-04		
			$\varepsilon_{v,media}$	-2.95E-04			$\varepsilon_{h,media}$	1.27E-04		
Ora	Pressione manometro pompa	Lettura alla barra di taratura	Lettura al display							
			A-A'	B-B'	C-C'		1-1'			
			[mm]	[mm]	[mm]		[mm]			
			18:54	47	0		2.077	-1.918	1.267	-2.306
							2.074	-1.918	1.267	-2.306
						2.075	-1.918	1.266	-2.309	
			media	2.075	-1.918	1.267	media	-2.307		
			ΔL	-1.16E-01	-9.27E-02	-4.50E-02	ΔL	4.87E-02		
			ε_v	-4.66E-04	-3.68E-04	-1.81E-04	ε_h	1.93E-04		
			$\varepsilon_{v,media}$	-3.38E-04			$\varepsilon_{h,media}$	1.93E-04		
Ora	Pressione manometro pompa	Lettura alla barra di taratura	Lettura al display							
			A-A'	B-B'	C-C'		1-1'			

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 126 di 194

[hh:mm]	[bar]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]		[mm]
19:06	51	0	2.081	-1.918	1.267		-2.318
			2.08	-1.915	1.272		-2.318
			2.078	-1.919	1.272		-2.319
		media	2.080	-1.917	1.270	media	-2.318
		ΔL	-1.20E-01	-9.33E-02	-4.87E-02	ΔL	6.00E-02
		ε_v	-4.84E-04	-3.70E-04	-1.96E-04	ε_h	2.38E-04
		$\varepsilon_{v,media}$	-3.50E-04			$\varepsilon_{h,media}$	2.38E-04

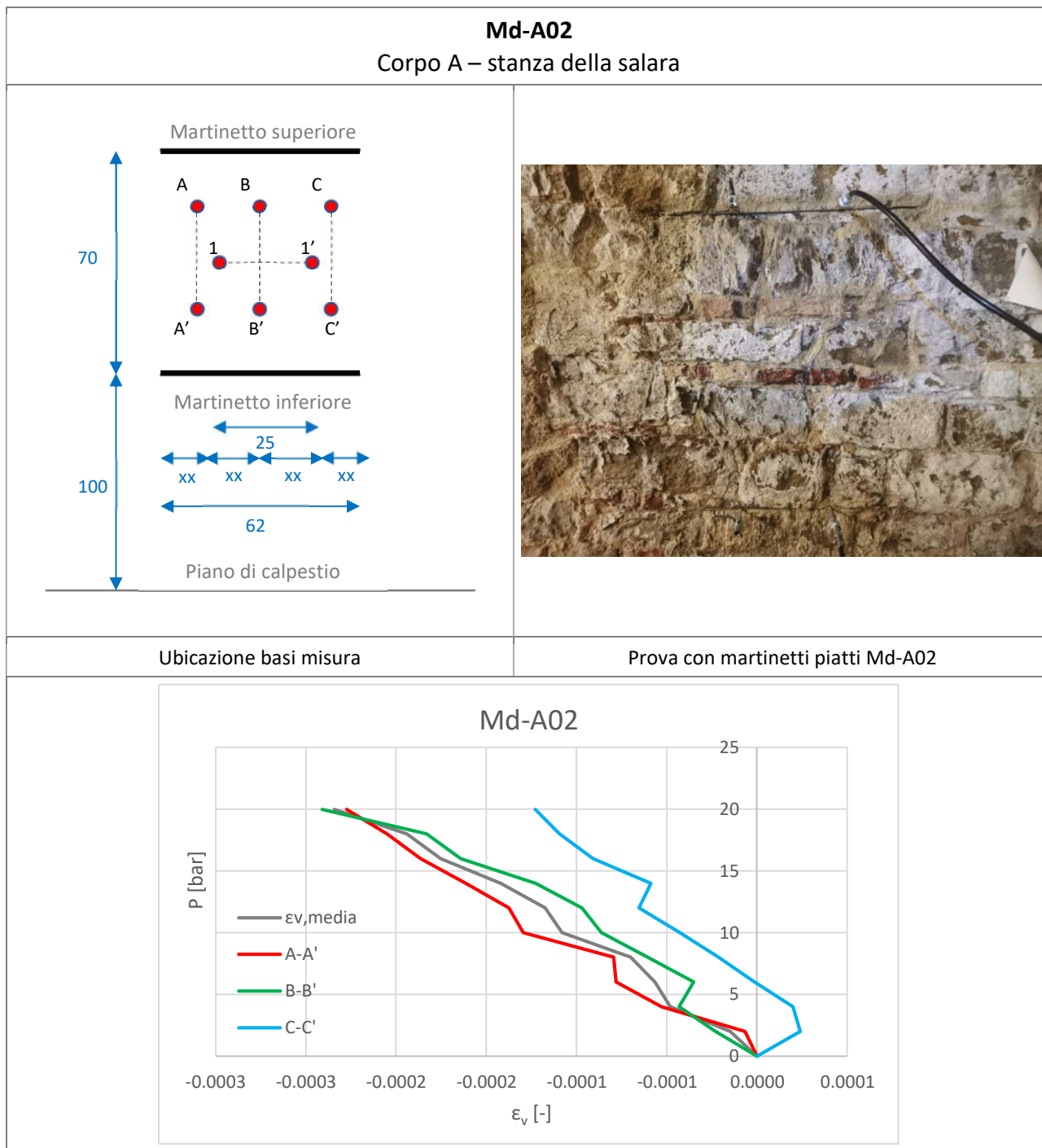
Ora	Pressione manometro pompa	Lettura alla barra di taratura	Lettura al display				
			A-A'	B-B'	C-C'		1-1'
[hh:mm]	[bar]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]		[mm]
19:27	54	0	2.115	-1.898	1.271		-2.309
			2.103	-1.906	1.279		-2.309
			2.09	-1.914	1.272		-2.31
		media	2.103	-1.906	1.274	media	-2.309
		ΔL	-1.43E-01	-1.05E-01	-5.23E-02	ΔL	5.10E-02
		ε_v	-5.77E-04	-4.15E-04	-2.10E-04	ε_h	2.02E-04
		$\varepsilon_{v,media}$	-4.01E-04			$\varepsilon_{h,media}$	2.02E-04

Ora	Pressione manometro pompa	Lettura alla barra di taratura	Lettura al display				
			A-A'	B-B'	C-C'		1-1'
[hh:mm]	[bar]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]		[mm]
19:36	56	0	2.13	-1.889	1.27		-2.312
			2.113	-1.9	1.278		-2.313
			2.107	-1.908	1.276		-2.312
		media	2.117	-1.899	1.275	media	-2.312
		ΔL	-1.57E-01	-1.12E-01	-5.30E-02	ΔL	5.40E-02
		ε_v	-6.33E-04	-4.43E-04	-2.13E-04	ε_h	2.14E-04
		$\varepsilon_{v,media}$	-4.30E-04			$\varepsilon_{h,media}$	2.14E-04

Ora	Pressione manometro pompa	Lettura alla barra di taratura	Lettura al display				
			A-A'	B-B'	C-C'		1-1'
[hh:mm]	[bar]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]		[mm]
19:47	57	0	2.127	-1.89	1.28		-2.325
			2.108	-1.894	1.281		-2.323
			2.104	-1.898	1.282		-2.323
		media	2.113	-1.894	1.281	media	-2.324
		ΔL	-1.53E-01	-1.17E-01	-5.93E-02	ΔL	6.53E-02
		ε_v	-6.18E-04	-4.63E-04	-2.38E-04	ε_h	2.59E-04
		$\varepsilon_{v,media}$	-4.40E-04			$\varepsilon_{h,media}$	2.59E-04

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC)	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
	<i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	marzo 2022
		Pag. 127 di 194

Prova 4 – 18/02/2022



La prova è stata interrotta a causa della rottura del martinetto superiore.

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 128 di 194

Tabella 2-7 - Caratteristiche martinetti prova Md-A02

Martinetto	superiore			inferiore		
Costante martinetto	K_m	-	-	K_m	-	-
Area martinetto	A_m	150212	[mm ²]	A_m	150212	[mm ²]
Area taglio	A_t	163212	[mm ²]	A_t	163212	[mm ²]
Costante area	K_a	0.92	-	K_a	0.92	-
Lunghezza basetta di misura	L_b	250	[mm]	L_b	250	[mm]

Tabella 2-8 - Letture prova Md-A02

Misura Pre-Taglio							
Ora	Pressione manometro pompa	Lettura alla barra di taratura	Lettura al display				
			A-A'	B-B'	C-C'		1-1'
[hh:mm]	[bar]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]		[mm]
16:09	0	0	-2.02	2.417	0.163		1.081
			-2.018	2.414	0.165		1.08
			-2.021	2.412	0.161		1.08
		media	-2.020	2.414	0.163	media	1.080
		$L_{0,v}$	252.020	247.586	249.837	$L_{0,h}$	248.920
Misure Post-Taglio							
Ora	Pressione manometro pompa	Lettura alla barra di taratura	Lettura al display				
			A-A'	B-B'	C-C'		1-1'
[hh:mm]	[bar]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]		[mm]
17:39	0	0	-2.055	2.377	0.167		1.093
			-2.058	2.374	0.168		1.092
			-2.051	2.375	0.163		1.095
		media	-2.055	2.375	0.166	media	1.093
		$L_{0,v}$	252.055	247.625	249.834	$L_{0,h}$	248.907
		ΔL	3.50E-02	-4.40E+00	-2.19E+00	ΔL	-3.11E+00
		ε_v	1.39E-04	-1.78E-02	-8.75E-03	ε_h	-1.25E-02
		$\varepsilon_{v,media}$	-8.79E-03			$\varepsilon_{h,media}$	-1.25E-02
Ora	Pressione manometro pompa	Lettura alla barra di taratura	Lettura al display				
			A-A'	B-B'	C-C'		1-1'
[hh:mm]	[bar]	0	[mm]	[mm]	[mm]		[mm]
17:43	2		-2.049	2.38	0.161		1.092
			-2.055	2.382	0.158		1.093
			-2.055	2.381	0.161		1.093
		media	-2.053	2.381	0.160	media	1.093
		ΔL	-1.67E-03	-5.67E-03	6.00E-03	ΔL	6.67E-04
		ε_v	-6.61E-06	-2.29E-05	2.40E-05	ε_h	2.68E-06
		$\varepsilon_{v,media}$	-1.83E-06			$\varepsilon_{h,media}$	2.68E-06
Ora	Pressione manometro pompa	Lettura alla barra di taratura	Lettura al display				
			A-A'	B-B'	C-C'		1-1'
[hh:mm]	[bar]	0	[mm]	[mm]	[mm]		[mm]
17:46	4		-2.042	2.385	0.161		1.089
			-2.04	2.384	0.159		1.09

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 129 di 194

			-2.042	2.389	0.163		1.089	
		media	-2.041	2.386	0.161	media	1.089	
		ΔL	-1.33E-02	-1.07E-02	5.00E-03	ΔL	4.00E-03	
		ε_v	-5.29E-05	-4.31E-05	2.00E-05	ε_h	1.61E-05	
		$\varepsilon_{v,media}$	-2.53E-05			$\varepsilon_{h,media}$	1.61E-05	
Ora	Pressione manometro pompa	Lettura alla barra di taratura	Lettura al display					
			A-A'	B-B'	C-C'		1-1'	
			[mm]	[mm]	[mm]		[mm]	
			[hh:mm]	[bar]	[mm]		[mm]	
			17:50	6	0		1.082	
							1.084	
							1.082	
			media	-2.035	2.384	0.166	media	1.083
			ΔL	-1.97E-02	-8.67E-03	-3.33E-04	ΔL	1.07E-02
			ε_v	-7.80E-05	-3.50E-05	-1.33E-06	ε_h	4.29E-05
			$\varepsilon_{v,media}$	-3.81E-05			$\varepsilon_{h,media}$	4.29E-05
Ora	Pressione manometro pompa	Lettura alla barra di taratura	Lettura al display					
			A-A'	B-B'	C-C'		1-1'	
			[mm]	[mm]	[mm]		[mm]	
			[hh:mm]	[bar]	[mm]		[mm]	
			17:54	8	0		1.082	
							1.08	
							1.079	
			media	-2.035	2.390	0.171	media	1.080
			ΔL	-2.00E-02	-1.50E-02	-5.33E-03	ΔL	1.30E-02
			ε_v	-7.93E-05	-6.06E-05	-2.13E-05	ε_h	5.22E-05
			$\varepsilon_{v,media}$	-5.38E-05			$\varepsilon_{h,media}$	5.22E-05
Ora	Pressione manometro pompa	Lettura alla barra di taratura	Lettura al display					
			A-A'	B-B'	C-C'		1-1'	
			[mm]	[mm]	[mm]		[mm]	
			[hh:mm]	[bar]	[mm]		[mm]	
			17:57	10	0		1.08	
							1.079	
							1.079	
			media	-2.022	2.397	0.177	media	1.079
			ΔL	-3.27E-02	-2.13E-02	-1.07E-02	ΔL	1.40E-02
			ε_v	-1.30E-04	-8.62E-05	-4.27E-05	ε_h	5.62E-05
			$\varepsilon_{v,media}$	-8.61E-05			$\varepsilon_{h,media}$	5.62E-05
Ora	Pressione manometro pompa	Lettura alla barra di taratura	Lettura al display					
			A-A'	B-B'	C-C'		1-1'	
			[mm]	[mm]	[mm]		[mm]	
			[hh:mm]	[bar]	[mm]		[mm]	
			18:02	12	0		1.079	
							1.078	
							1.079	
			media	-2.020	2.399	0.182	media	1.079
			ΔL	-3.47E-02	-2.40E-02	-1.63E-02	ΔL	1.47E-02
			ε_v	-1.38E-04	-9.69E-05	-6.54E-05	ε_h	5.89E-05
			$\varepsilon_{v,media}$	-9.99E-05			$\varepsilon_{h,media}$	5.89E-05
Ora	Pressione manometro pompa	Lettura alla barra di taratura	Lettura al display					
			A-A'	B-B'	C-C'		1-1'	
[hh:mm]	[bar]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]		[mm]	

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 130 di 194

18:07	14	0	-2.019	2.406	0.179		1.075		
			-2.01	2.401	0.179		1.076		
			-2.013	2.41	0.184		1.078		
		media	-2.014	2.406	0.181	media	1.076		
		ΔL	-4.07E-02	-3.03E-02	-1.47E-02	ΔL	1.70E-02		
		ε_v	-1.61E-04	-1.22E-04	-5.87E-05	ε_h	6.83E-05		
		$\varepsilon_{v,media}$	-1.14E-04			$\varepsilon_{h,media}$	6.83E-05		
Ora	Pressione manometro pompa	Lettura alla barra di taratura	Lettura al display						
			A-A'	B-B'	C-C'		1-1'		
			[mm]	[mm]	[mm]		[mm]		
			18:13	16	0	-2.009	2.408	0.186	1.079
						-2.006	2.42	0.191	1.076
						-2.008	2.42	0.189	1.077
			media	-2.008	2.416	0.189	media	1.077	
			ΔL	-4.70E-02	-4.07E-02	-2.27E-02	ΔL	1.60E-02	
			ε_v	-1.86E-04	-1.64E-04	-9.07E-05	ε_h	6.43E-05	
			$\varepsilon_{v,media}$	-1.47E-04			$\varepsilon_{h,media}$	6.43E-05	
			Ora	Pressione manometro pompa	Lettura alla barra di taratura	Lettura al display			
A-A'	B-B'	C-C'					1-1'		
[mm]	[mm]	[mm]					[mm]		
18:20	18	0				-2.001	2.416	0.192	1.075
						-2.004	2.423	0.195	1.075
						-2.004	2.423	0.193	1.076
media	-2.003	2.421				0.193	media	1.075	
ΔL	-5.17E-02	-4.53E-02				-2.73E-02	ΔL	1.80E-02	
ε_v	-2.05E-04	-1.83E-04				-1.09E-04	ε_h	7.23E-05	
$\varepsilon_{v,media}$	-1.66E-04					$\varepsilon_{h,media}$	7.23E-05		
Ora	Pressione manometro pompa	Lettura alla barra di taratura				Lettura al display			
			A-A'	B-B'	C-C'		1-1'		
			[mm]	[mm]	[mm]		[mm]		
			18:32	20	0	-2	2.433	0.2	1.07
						-1.996	2.434	0.192	1.07
						-1.996	2.438	0.198	1.069
			media	-1.997	2.435	0.197	media	1.070	
			ΔL	-5.73E-02	-5.97E-02	-3.07E-02	ΔL	2.37E-02	
			ε_v	-2.27E-04	-2.41E-04	-1.23E-04	ε_h	9.51E-05	
			$\varepsilon_{v,media}$	-1.97E-04			$\varepsilon_{h,media}$	9.51E-05	

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 131 di 194

2.3.5 Interpretazione delle prove con martinetti piatti doppi

Il valore della tensione effettivamente applicata alla muratura viene fornita dalla relazione $\sigma = P_i \cdot K_a \cdot K_m$, precedentemente introdotta, espressa in $[N/mm^2]$. La tensione, così come la deformazione verticale, è espressa come media delle tre basi di misura verticale misurate durante la prova. Nei grafici a seguire si riporta il valore di $\sigma/K_m = P_i \cdot K_a$ definito a meno della costante del martinetto K_m .

Oltre al grafico tensione media - deformazione media verticale, vengono riportate le foto d'insieme del paramento murario al termine della prova e delle foto di dettaglio relative alla formazione di lesioni sui giunti o sugli elementi lapidei, qualora ritenuti significativi.

Per ciascuna prova eseguita, oltre al grafico tensione deformazione, si forniscono delle stime per i seguenti parametri della muratura:

- modulo elastico tangente all'origine E_0 valutato sul primo ciclo di carico e calcolato come

$$\frac{E_0}{K_m} = \frac{\Delta\sigma}{\Delta\varepsilon} \quad (2)$$

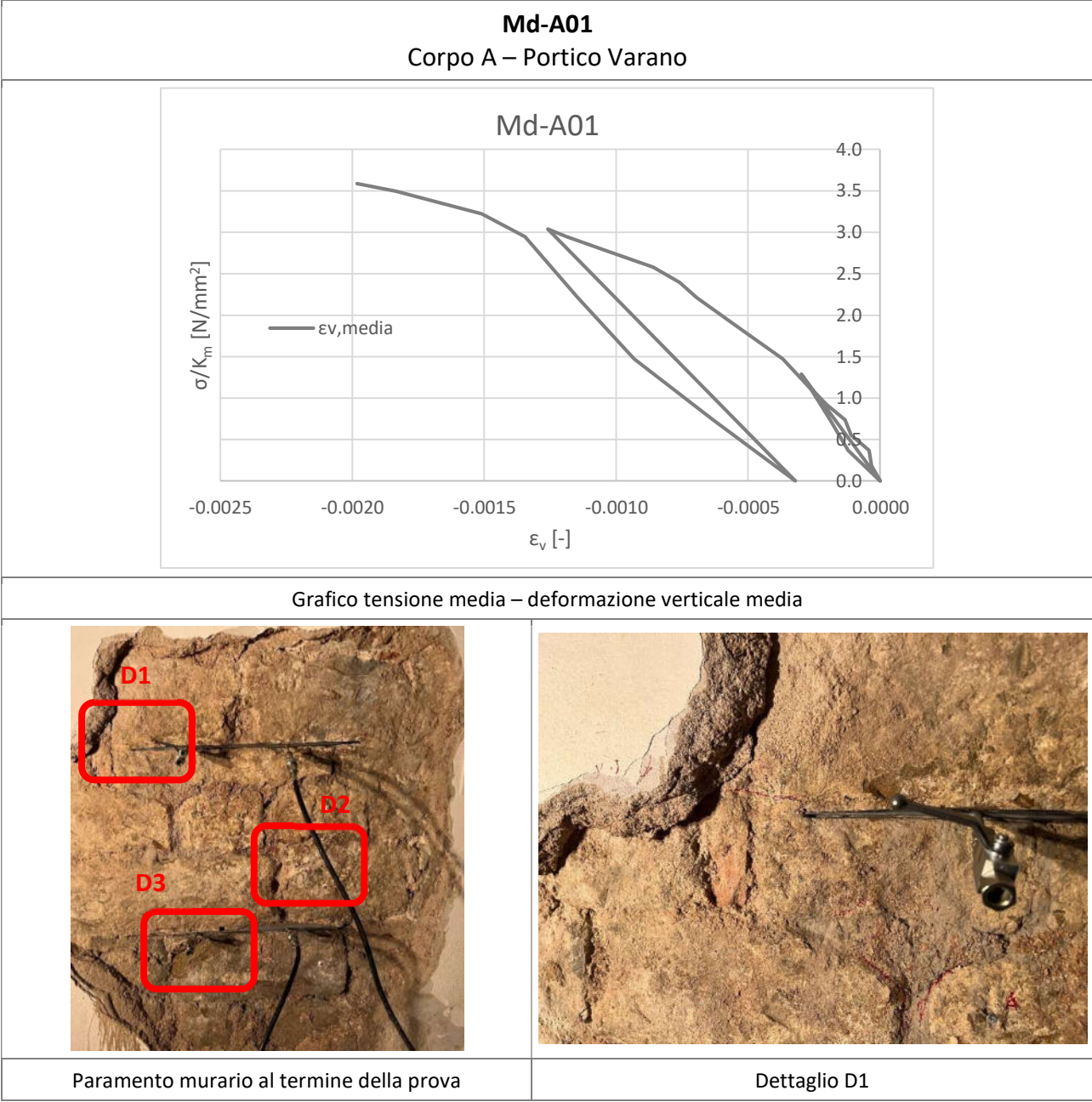
- modulo elastico secante E_s definito in corrispondenza degli ultimi step di carico relativi dell'ultimo ciclo e valutato come

$$\frac{E_s}{K_m} = \frac{\sigma_f}{\varepsilon_f} \quad (3)$$

Con ε_f valore di deformazione verticale osservato in corrispondenza di σ_f .

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 132 di 194

Prova 1 – 31/01/2022



RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 133 di 194

	
Dettaglio D2	Dettaglio D3

Tabella 2-9 - Risultati della prova Md-A01 in termini di deformazione e tensione

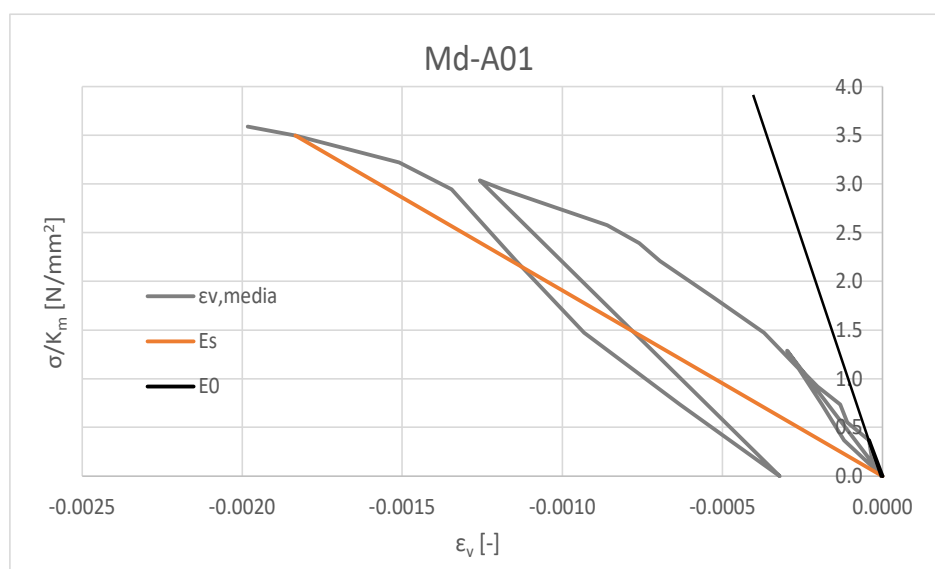
P [bar]	σ N/mm ²	ε_v				ε_h
		A-A'	B-B'	C-C'	$\varepsilon_{v,media}$	1-1'
0	0.0	0	0	0	0	0
2	0.2	-3.32E-05	-5.00E-05	-1.46E-05	-3.26E-05	3.49E-05
4	0.4	-4.25E-05	-7.30E-05	-1.07E-05	-4.21E-05	7.92E-05
6	0.6	-9.44E-05	-1.62E-04	-7.32E-05	-1.10E-04	1.30E-04
8	0.7	-1.30E-04	-1.91E-04	-7.59E-05	-1.32E-04	1.13E-04
10	0.9	-2.02E-04	-2.61E-04	-1.46E-04	-2.03E-04	1.38E-04
12	1.1	-2.53E-04	-3.20E-04	-2.01E-04	-2.58E-04	1.69E-04
14	1.3	-2.85E-04	-3.73E-04	-2.37E-04	-2.98E-04	2.07E-04
0	0.0	-1.33E-05	-3.65E-05	4.66E-05	-1.07E-06	8.19E-05
4	0.4	-1.20E-04	-1.73E-04	-7.06E-05	-1.21E-04	1.30E-04
8	0.7	-2.05E-04	-2.69E-04	-9.32E-05	-1.89E-04	2.01E-04
12	1.1	-2.79E-04	-3.64E-04	-1.42E-04	-2.62E-04	2.12E-04
16	1.5	-3.79E-04	-4.83E-04	-2.46E-04	-3.69E-04	2.47E-04
20	1.8	-5.52E-04	-6.68E-04	-3.75E-04	-5.32E-04	2.84E-04
24	2.2	-7.33E-04	-8.86E-04	-4.66E-04	-6.95E-04	3.60E-04

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC)	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
	<i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	marzo 2022
		Pag. 134 di 194

P	σ	ε_v				ε_h
		A-A'	B-B'	C-C'	$\varepsilon_{v,media}$	1-1'
26	2.4	-7.98E-04	-1.00E-03	-4.79E-04	-7.60E-04	4.82E-04
28	2.6	-9.36E-04	-1.15E-03	-4.90E-04	-8.60E-04	5.69E-04
30	2.8	-1.12E-03	-1.40E-03	-5.59E-04	-1.02E-03	6.56E-04
32	2.9	-1.28E-03	-1.60E-03	-6.88E-04	-1.19E-03	7.22E-04
33	3.0	-1.39E-03	-1.76E-03	-6.24E-04	-1.26E-03	8.57E-04
0	0.0	-3.88E-04	-5.02E-04	-7.46E-05	-3.21E-04	3.02E-04
8	0.7	-7.19E-04	-9.67E-04	-2.12E-04	-6.33E-04	4.87E-04
16	1.5	-1.02E-03	-1.33E-03	-4.42E-04	-9.32E-04	5.94E-04
24	2.2	-1.25E-03	-1.59E-03	-5.97E-04	-1.14E-03	7.03E-04
32	2.9	-1.49E-03	-1.87E-03	-6.79E-04	-1.35E-03	8.47E-04
35	3.2	-1.65E-03	-2.12E-03	-7.52E-04	-1.51E-03	9.54E-04
38	3.5	-2.04E-03	-2.60E-03	-8.53E-04	-1.83E-03	1.24E-03
39	3.6	-2.27E-03	-2.87E-03	-8.02E-04	-1.98E-03	1.38E-03

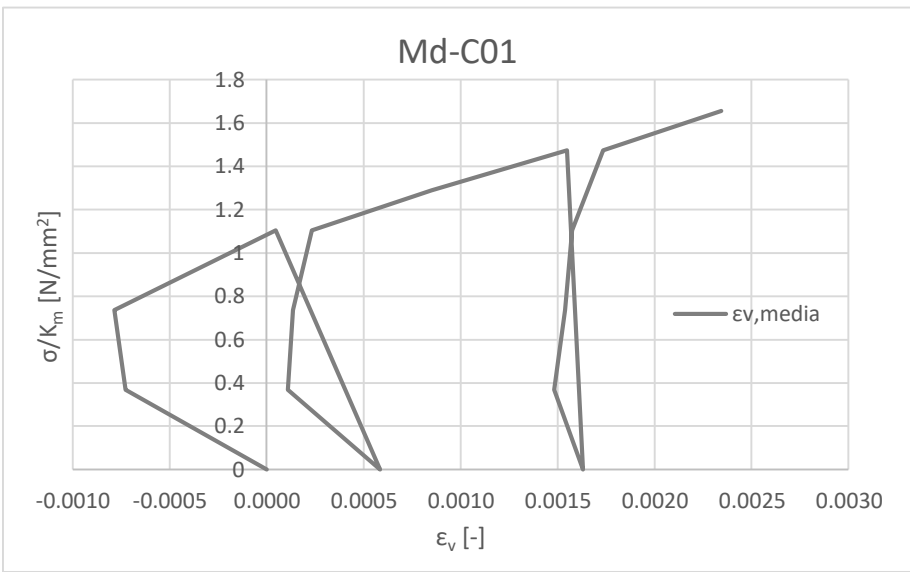
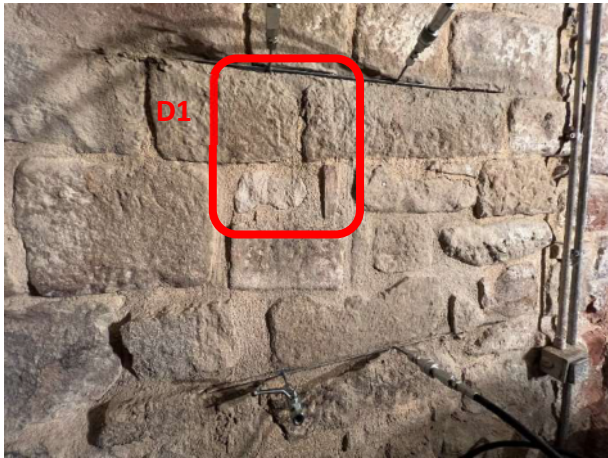

Si riportano infine le stime dei moduli di elasticità tangente e secante:

- Modulo di elasticità tangente $E_0 = 8751 \text{ [N/mm}^2\text{]}$
- Modulo di elasticità secante $E_s = 1907 \text{ [N/mm}^2\text{]}$



RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 135 di 194

Prova 2 – 07/02/2022

<p align="center">Md-C01 Corpo C – corridoi ingresso sala della colonna</p>	
 <p align="center">Md-C01</p> <p align="center">Grafico tensione media – deformazione verticale media</p>	
	
Paramento murario al termine della prova	Dettaglio D1

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 136 di 194

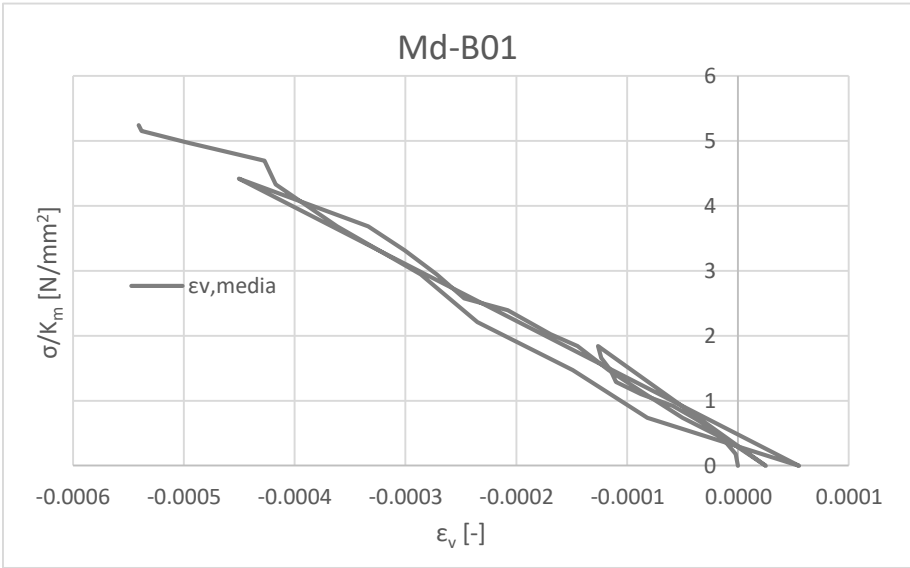
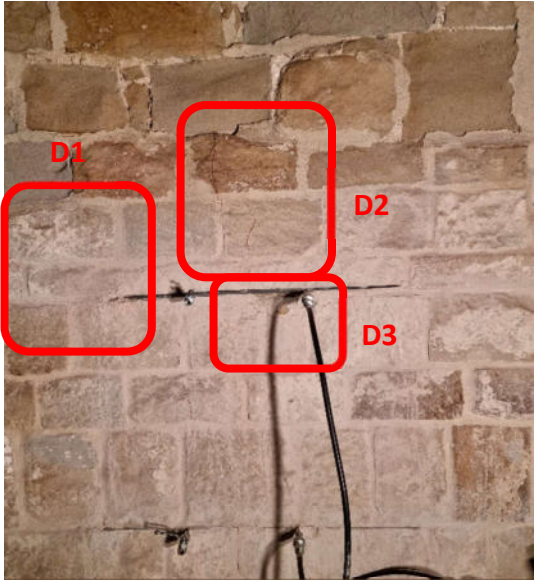

Tabella 2-10 - Risultati della prova Md-C01 in termini di deformazione e tensione

P	σ	ε_v				ε_h
[bar]	N/mm ²	A-A'	B-B'	C-C'	$\varepsilon_{v,media}$	1-1'
0	0.0	0	0	0	0	0
4	0.37	-4.82E-04	-9.72E-04	-2.85E-04	-7.27E-04	4.51E-04
8	0.74	-7.68E-05	-1.49E-03	1.40E-04	-7.85E-04	1.36E-03
12	1.10	1.06E-03	-9.63E-04	2.00E-03	4.67E-05	2.68E-03
0	0	1.14E-03	2.79E-05	1.78E-03	5.84E-04	1.62E-03
4	0.37	9.33E-04	-7.14E-04	1.84E-03	1.09E-04	2.14E-03
8	0.74	1.05E-03	-7.75E-04	2.08E-03	1.36E-04	2.41E-03
12	1.10	1.21E-03	-7.40E-04	2.30E-03	2.33E-04	2.72E-03
14	1.29	1.99E-03	-2.89E-04	3.10E-03	8.50E-04	3.18E-03
16	1.47	3.10E-03	-6.64E-06	3.69E-03	1.55E-03	3.54E-03
0	0	2.89E-03	3.74E-04	3.42E-03	1.63E-03	2.84E-03
4	0.37	2.82E-03	1.47E-04	3.52E-03	1.48E-03	3.09E-03
8	0.74	2.97E-03	1.05E-04	3.68E-03	1.54E-03	3.32E-03
12	1.10	3.09E-03	6.37E-05	3.78E-03	1.58E-03	3.53E-03
16	1.47	3.35E-03	1.18E-04	3.98E-03	1.74E-03	3.73E-03
18	1.66	4.24E-03	4.47E-04	4.70E-03	2.34E-03	4.08E-03

Vista l'evoluzione anomala della prova, da cui si è evinto l'allungamento delle basi di misura, non si è potuto procedere alla stima dei moduli di elasticità tangente e secante per il pannello murario in oggetto. Ciò testimonia la complessa disomogeneità della muratura in esame che non può essere studiata come un sistema murario regolare la cui risposta strutturale sia modellabile con un singolo paramento, senza approfondire le interazioni tra i blocchi esterni e il materiale di riempimento interno.

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 137 di 194

Prova 3 – 14/02/2022

<p align="center">Md-B01 Corpo B – cortile esterno</p>	
<p align="center">Md-B01</p>  <p align="center">Grafico tensione media – deformazione verticale media</p>	
	
Paramento murario al termine della prova	Dettaglio D1

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 138 di 194



Dettaglio D2



Dettaglio D3

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 139 di 194

Tabella 2-11 - Risultati della prova Md-B01 in termini di deformazione e tensione

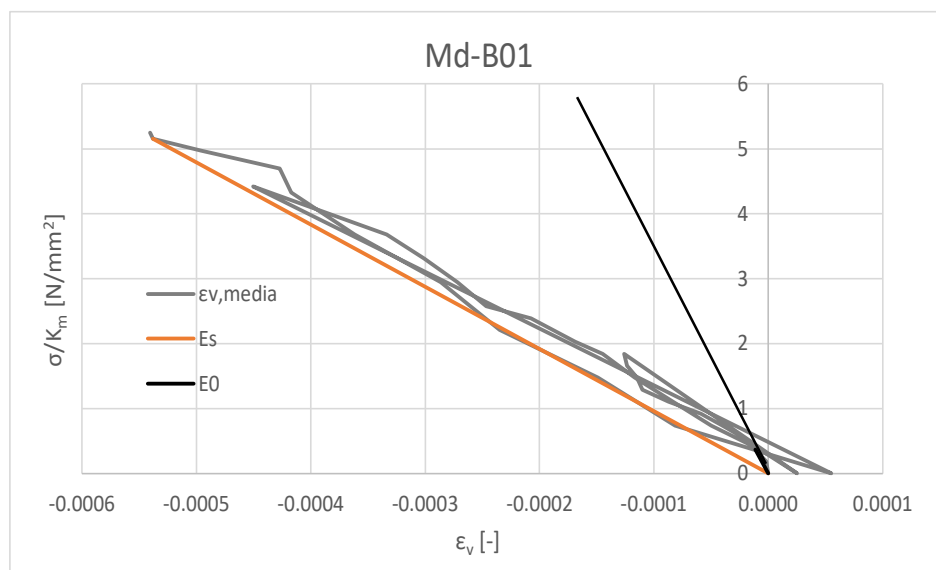
P	σ	ε_v				ε_h
[bar]	N/mm ²	A-A'	B-B'	C-C'	$\varepsilon_{v,media}$	1-1'
0	0.0	0	0	0	0	0
2	0.18	0.00E+00	-3.97E-06	-1.74E-05	-1.98E-06	-4.62E-05
4	0.37	-1.08E-05	-1.19E-05	-1.61E-05	-1.13E-05	-3.04E-05
6	0.55	-2.82E-05	-1.59E-05	-2.14E-05	-2.20E-05	-1.72E-05
8	0.74	-3.63E-05	-4.36E-05	-2.68E-05	-4.00E-05	-2.25E-05
10	0.92	-6.05E-05	-5.69E-05	-5.23E-05	-5.87E-05	-6.34E-05
12	1.10	-8.87E-05	-8.60E-05	-6.43E-05	-8.73E-05	-2.51E-05
14	1.29	-1.21E-04	-9.92E-05	-6.30E-05	-1.10E-04	-2.11E-05
16	1.47	-1.26E-04	-1.03E-04	-7.77E-05	-1.15E-04	-1.06E-05
18	1.66	-1.29E-04	-1.18E-04	-7.50E-05	-1.23E-04	2.51E-05
20	1.84	-1.32E-04	-1.20E-04	-7.37E-05	-1.26E-04	3.70E-05
0	0.00	-5.38E-06	5.56E-05	-1.34E-06	2.51E-05	-6.47E-05
4	0.37	-5.38E-06	-9.26E-06	-2.01E-05	-7.32E-06	-3.44E-05
8	0.74	-4.57E-05	-5.42E-05	-5.23E-05	-5.00E-05	-7.93E-06
12	1.10	-9.14E-05	-7.54E-05	-6.43E-05	-8.34E-05	1.72E-05
16	1.47	-1.22E-04	-1.11E-04	-7.91E-05	-1.17E-04	-1.06E-05
20	1.84	-1.49E-04	-1.40E-04	-9.11E-05	-1.45E-04	2.25E-05
22	2.02	-1.83E-04	-1.55E-04	-1.02E-04	-1.69E-04	1.32E-06
26	2.39	-2.15E-04	-2.00E-04	-1.61E-04	-2.07E-04	2.91E-05
28	2.58	-2.54E-04	-2.39E-04	-1.78E-04	-2.47E-04	4.49E-05
32	2.95	-2.69E-04	-2.75E-04	-1.92E-04	-2.72E-04	6.61E-05
36	3.31	-3.23E-04	-2.79E-04	-2.10E-04	-3.01E-04	6.61E-05
40	3.68	-3.66E-04	-3.02E-04	-2.26E-04	-3.34E-04	9.65E-05
48	4.42	-4.97E-04	-4.03E-04	-3.66E-04	-4.50E-04	1.48E-04
0	0.00	2.02E-05	8.99E-05	3.22E-05	5.51E-05	-2.77E-05
8	0.74	-1.09E-04	-5.42E-05	-4.29E-05	-8.15E-05	-1.85E-05
16	1.47	-1.88E-04	-1.10E-04	-5.49E-05	-1.49E-04	1.19E-05
24	2.21	-2.69E-04	-2.01E-04	-1.22E-04	-2.35E-04	2.77E-05
32	2.95	-3.27E-04	-2.46E-04	-1.43E-04	-2.86E-04	1.18E-04
40	3.68	-4.05E-04	-3.19E-04	-1.62E-04	-3.62E-04	1.27E-04
47	4.33	-4.66E-04	-3.68E-04	-1.81E-04	-4.17E-04	1.93E-04
51	4.69	-4.84E-04	-3.70E-04	-1.96E-04	-4.27E-04	2.38E-04

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC)	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
	<i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	marzo 2022
		Pag. 140 di 194

P	σ	ε_v				ε_h
[bar]	N/mm ²	A-A'	B-B'	C-C'	$\varepsilon_{v,media}$	1-1'
54	4.97	-5.77E-04	-4.15E-04	-2.10E-04	-4.96E-04	2.02E-04
56	5.15	-6.33E-04	-4.43E-04	-2.13E-04	-5.38E-04	2.14E-04
57	5.25	-6.18E-04	-4.63E-04	-2.38E-04	-5.41E-04	2.59E-04

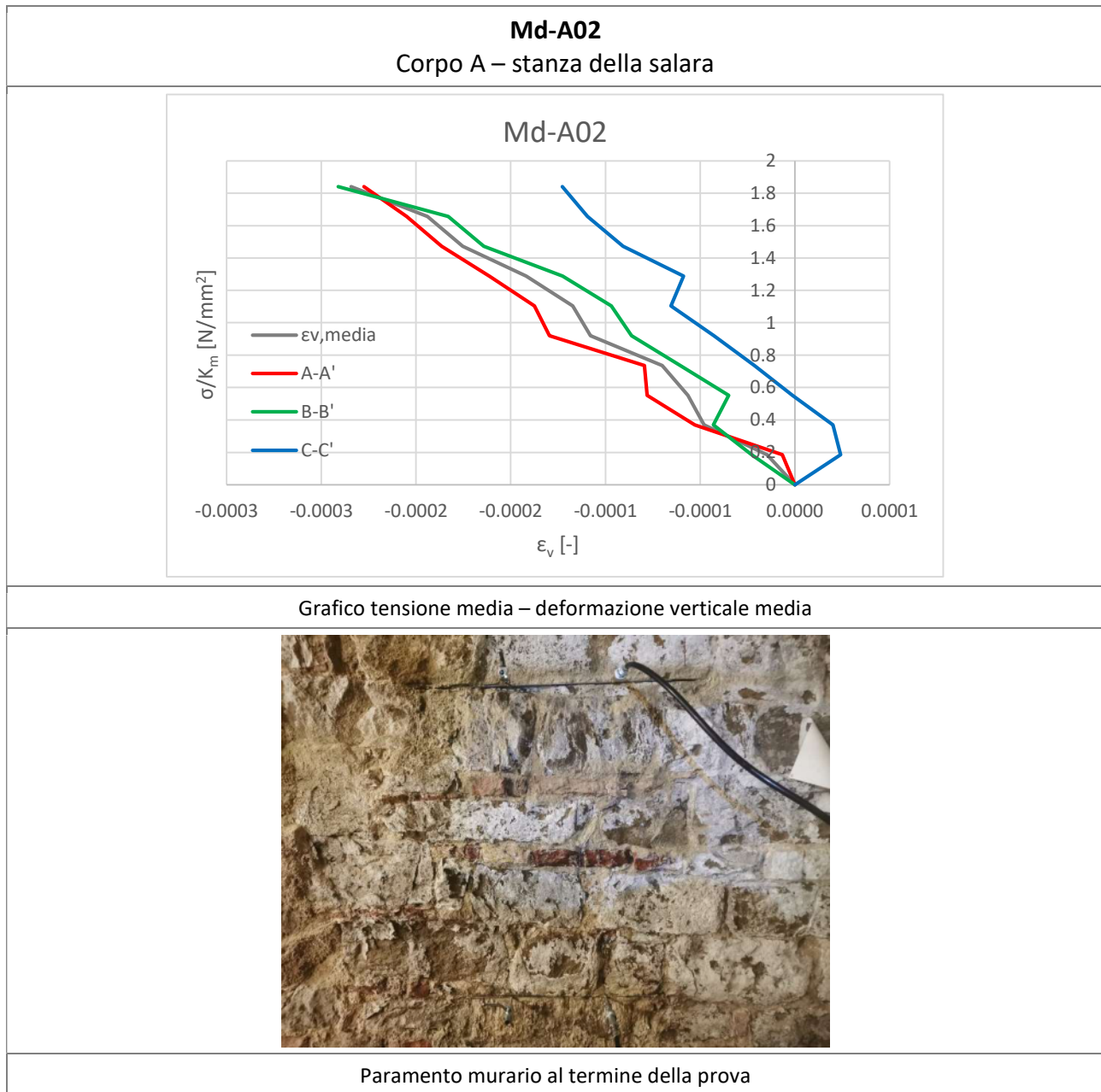
Si riportano infine le stime dei moduli di elasticità tangente e secante:

- Modulo di elasticità tangente $E_0 = 32499 \text{ [N/mm}^2\text{]}$
- Modulo di elasticità secante $E_s = 9885 \text{ [N/mm}^2\text{]}$



RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 141 di 194

Prova 4 – 18/02/2022



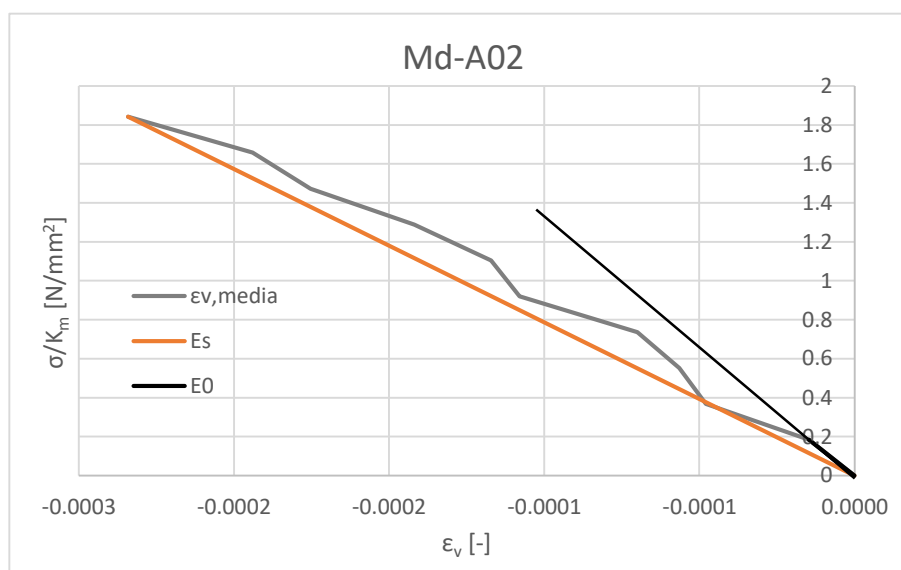
RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC)	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
	<i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	marzo 2022
		Pag. 142 di 194

Tabella 2-12 - Risultati della prova Md-A02 in termini di deformazione e tensione

P [bar]	σ N/mm ²	ε_v				ε_h
		A-A'	B-B'	C-C'	$\varepsilon_{v,media}$	1-1'
0	0.0	0	0	0	0	0
2	0.18	-6.61E-06	-2.29E-05	2.40E-05	-1.47E-05	2.68E-06
4	0.37	-5.29E-05	-4.31E-05	2.00E-05	-4.80E-05	1.61E-05
6	0.55	-7.80E-05	-3.50E-05	-1.33E-06	-5.65E-05	4.29E-05
8	0.74	-7.93E-05	-6.06E-05	-2.13E-05	-7.00E-05	5.22E-05
10	0.92	-1.30E-04	-8.62E-05	-4.27E-05	-1.08E-04	5.62E-05
12	1.10	-1.38E-04	-9.69E-05	-6.54E-05	-1.17E-04	5.89E-05
14	1.29	-1.61E-04	-1.22E-04	-5.87E-05	-1.42E-04	6.83E-05
16	1.47	-1.86E-04	-1.64E-04	-9.07E-05	-1.75E-04	6.43E-05
18	1.66	-2.05E-04	-1.83E-04	-1.09E-04	-1.94E-04	7.23E-05
20	1.84	-2.27E-04	-2.41E-04	-1.23E-04	-2.34E-04	9.51E-05

Si riportano infine le stime dei moduli di elasticità tangente e secante:

- Modulo di elasticità tangente $E_0 = 12481 \text{ [N/mm}^2\text{]}$
- Modulo di elasticità secante $E_s = 7859 \text{ [N/mm}^2\text{]}$



RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 143 di 194

2.4 Studio sedimentologico preliminare delle arenarie del porticato di Palazzo Ducale e dell'affioramento dell'Orto Botanico

Il colonnato del Palazzo Ducale di Camerino rappresenta un patrimonio artistico e architettonico di grande valore per la città camerte ed è stato edificato utilizzando rocce arenarie della Formazione di Camerino, il materiale più facilmente reperibile nell'area. La città, infatti, si trova all'interno di un bacino sedimentario chiamato Bacino di Camerino caratterizzato da depositi silicoclastici da cui sono stati cavati questi materiali. Le arenarie derivano da frane sottomarine, di carattere non coesivo con trasporto di materiale per sospensione (turbolente) in grado di muovere sedimenti per centinaia di km, da ambienti di piattaforma continentale fin nelle zone più depresse del bacino. Queste frane prendono il nome di "correnti di torbida" ed i relativi depositi "torbiditi".

Le arenarie di Camerino utilizzate come materiale da costruzione sono da tempo oggetto di studio in quanto particolarmente soggette a fenomeni di alterazione ed erosione superficiale, con potenziali negativi risvolti su aspetto delle facciate e stabilità degli elementi portanti di edifici storici (Rodolico, 1953 – "Le pietre delle città d'Italia"). Il colonnato, nel tentativo di salvaguardarne l'integrità artistica e strutturale, è stato oggetto di numerosi interventi che non hanno però avuto i risultati desiderati. Al fine di evitare ulteriori danneggiamenti delle colonne e al tempo stesso effettuare test distruttivi (es. penetrometro, martello di Schmidt, prove a compressione, ecc.) si è deciso di individuare i potenziali siti di cavazione usati in passato per effettuare tali indagini.

Per determinare la possibile provenienza e sito di cavazione dei manufatti in arenaria è stata effettuata una ricognizione all'interno del Palazzo Ducale ed un sopralluogo all'interno dell'Orto Botanico; in quest'ultimo è presente un affioramento di strati di arenarie potenzialmente congruenti in termini di dimensioni e natura ai blocchi monolitici che compongono il colonnato. Infatti, le colonne del porticato di Palazzo Ducale, ad eccezione di quelle poste agli angoli, sono composte da un unico elemento lapideo di arenaria la cui provenienza è stata più volte dibattuta ma tuttavia molti studiosi concordano nell'identificare il luogo di origine di tali elementi con il sottosuolo presente al di sotto dello stesso palazzo, e quindi in corrispondenza dell'Orto Botanico.

Dallo studio svolto dallo Spin-OFF Geomorfologia dell'Università di Camerino, è stata comprovata la correlazione tra le arenarie che compongono il porticato di Palazzo Ducale e l'affioramento al livello dell'Orto Botanico (vedi Allegato B in calce).

Lo studio di carattere prevalentemente sedimentologico basato sullo studio delle caratteristiche dei sedimenti che compongono le arenarie, si è avvalso di un nuovo approccio speditivo e non distruttivo basato sull'utilizzo di "Macro Photo", ovvero una caratterizzazione granulometrica delle arenarie attraverso fotografie in cui l'immagine proiettata sul sensore della fotocamera ha la stessa dimensione del soggetto rappresentato.

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 144 di 194

2.4.1 Risultati dello studio sedimentologico

I due siti oggetti di studio sono situati entrambi nei pressi del Centro Storico di Camerino (Figura 2-4). Il Palazzo Ducale si affaccia su Piazza Cavour mentre l'Orto Botanico si trova immediatamente sotto l'edificio in questione, in corrispondenza delle mura del paese.

Nelle tabelle successive, i risultati delle analisi vengono distinti sulla base delle misure prese in situ sia sulle colonne del Palazzo Ducale ("Dati Colonnato Palazzo Ducale"), che in affioramento nel caso dell'Orto Botanico (Dati Orto Botanico) sotto la voce "Location".

La numerazione delle misurazioni segue dei precisi ordini, dettati sia dagli stralci planimetrici forniti dal gruppo di lavoro per quanto riguarda il colonnato del Palazzo Ducale (Figura 2-5) che dalla sequenza di acquisizione delle carote per l'Orto Botanico (Figura 2-6).



Figura 2-4 Posizioni del Colonnato di Palazzo Ducale e dell’Affioramento dell’Orto Botanico, Camerino.
Cartografia di base: Google Earth

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 145 di 194

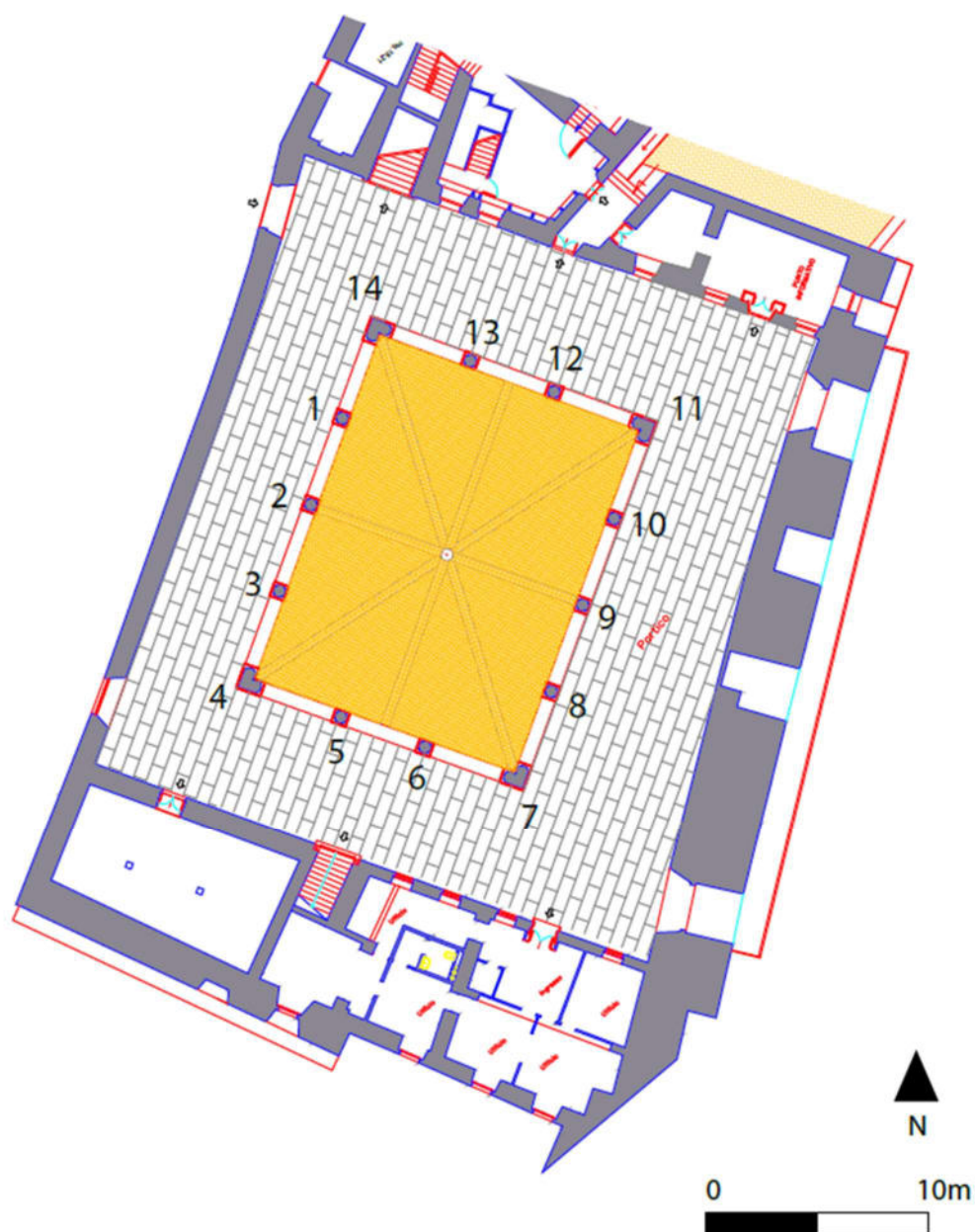


Figura 2-5 Planimetria del colonnato del Palazzo Ducale con la relativa numerazione delle colonne.

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 146 di 194

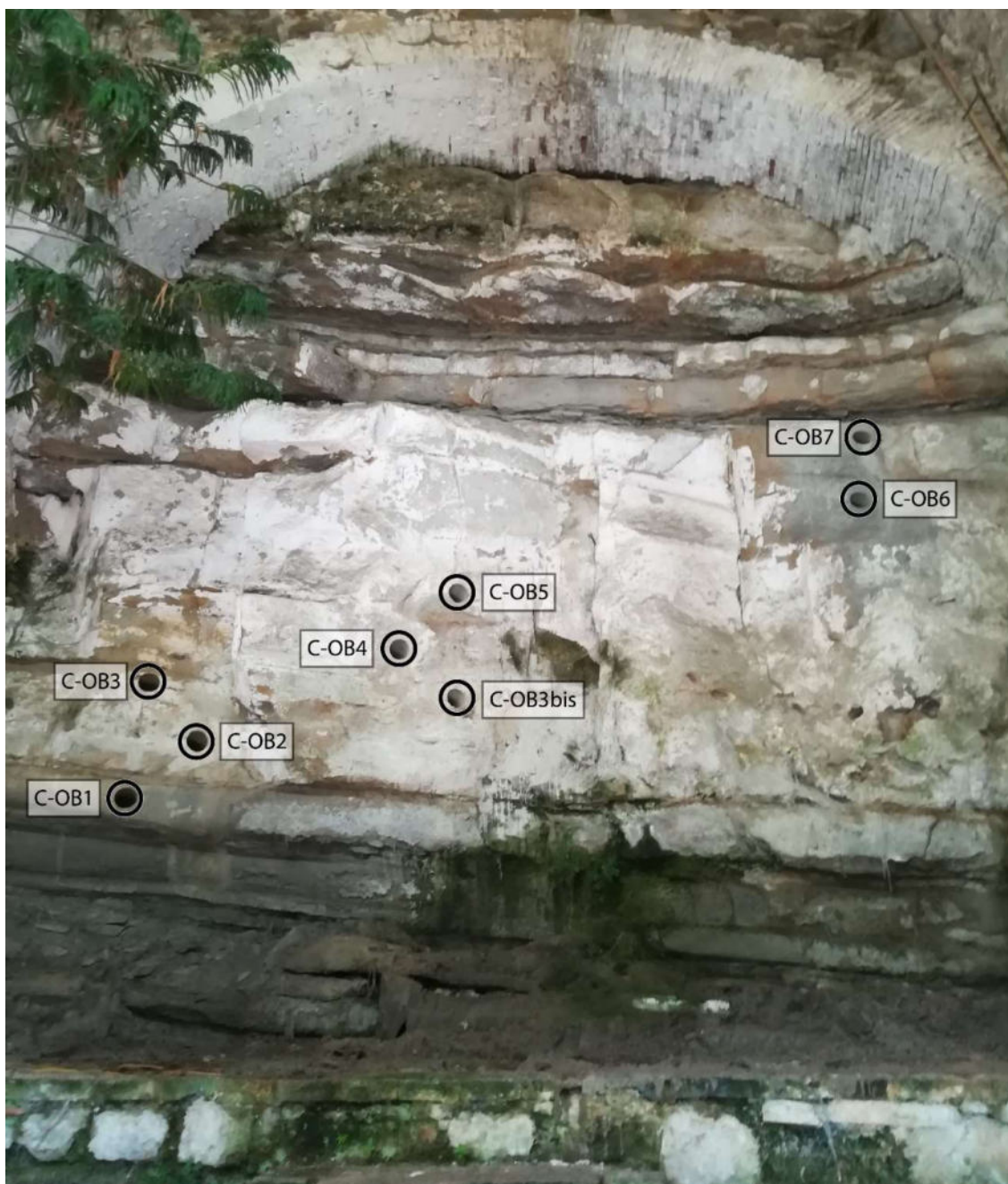


Figura 2-6 Affioramento del substrato arenaceo presso l’Orto Botanico con relativo sito e numerazione dei carotaggi eseguiti.

Il metodo “Macro Photo” ha permesso di ricostruire i caratteri sedimentologici degli elementi lapidei arenacei, quali granulometria, classazione, sfericità e arrotondamento dei grani. Nel caso specifico i dati granulometrici ottenuti da questo metodo innovativo sono stati confrontati con quelli

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 147 di 194

del metodo classico, ovvero con l'utilizzo della lente di ingrandimento. I valori del C.G.S. sono riferiti all'intera colonna, mentre i valori del M.G.S. sono dati puntuali ottenuti da ogni nodo.

Per confrontare le due tipologie di dati sono stati adottati degli accorgimenti: nei due grafici di Figura 2-7 e Figura 2-8 sono stati distribuiti i valori di C.G.S. medi della colonna ad ogni nodo della stessa, mentre nei grafici di Figura 2-9 e Figura 2-10 invece i dati di C.G.S. sono stati confrontati con la media delle M.G.S. della singola colonna. I risultati ottenuti evidenziano, come prevedibile, una minor discrepanza nel secondo approccio utilizzato. Infatti, le colonne agli angoli non sono monolitiche, come invece tutte le altre colonne posizionate lungo i lati del porticato, ma risultano assemblate in blocchi sovrapposti, e per questo motivo, l'utilizzo del primo approccio mette in evidenza importanti differenze tra alcuni nodi, legate probabilmente alla diversa natura dei blocchi di arenarie, e giustificando quindi l'alta variabilità granulometrica. Tuttavia, i valori ottenuti dalle due metodologie risultano significativamente concordanti, avvalorando quindi la tecnica delle "Macro Photo".

Per quanto concerne il confronto dei dati delle colonne e di quelli dei carotaggi dell'affioramento dell'Orto Botanico (Figura 2-9), i range dimensionali variano leggermente tra le arenarie delle colonne del Palazzo Ducale e quelle affioranti presso l'Orto Botanico; queste ultime presentano granulometrie leggermente più piccole rispetto a quelle del colonnato. Inoltre, le arenarie del colonnato hanno una distribuzione granulometrica più omogenea rispetto a quelle dell'Orto Botanico che, al contrario, hanno granulometrie eterogenee legate ai diversi spessori degli strati carotati. Le granulometrie minori provengono per lo più dagli strati più piccoli, non congruenti quindi con i diametri delle colonne del porticato che invece corrispondono a strati più spessi. Infatti, le colonne dovevano esser state cavate dagli strati più spessi della litofacies arenacea (circa 1 m di spessore) che nell'area di Palazzo Ducale sono caratterizzati da set di fratture con spaziatura anch'essa nell'ordine del metro. Ciò lascia dedurre che i monoliti siano stati estratti sfruttando questi piani di debolezza (fratture e livelli di amalgamazione tra gli strati), riducendo notevolmente il lavoro di cavazione dei monoliti colonnari (Figura 2-12).

Di conseguenza, la similarità tra le granulometrie delle arenarie dell'affioramento e di quelle delle colonne del porticato di Palazzo Ducale è legata proprio allo spessore degli strati, dove quelli più spessi sono generalmente caratterizzati da granulometrie grossolane, corrispondenti a quelle del colonnato.

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC)	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
	<i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	marzo 2022
		Pag. 148 di 194

1. Average Dimension Distribution
Metodo Macro(M.G.S.)/Metodo Classico(C.G.S.)

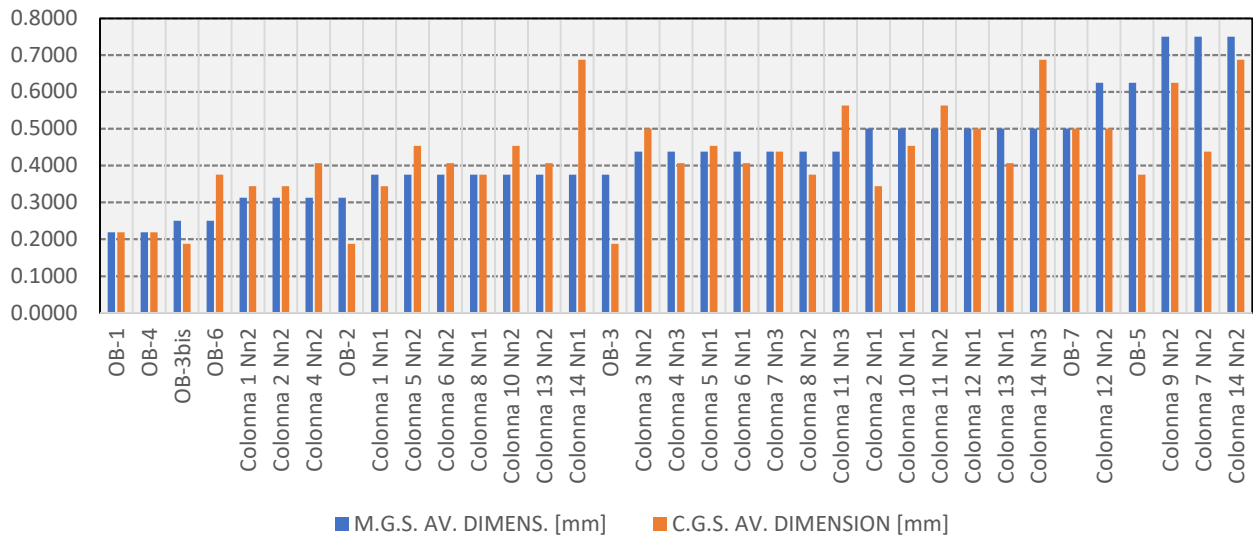


Figura 2-7 Confronto delle distribuzioni delle dimensioni medie della classe granulometrica prevalente tramite M.G.S. e C.G.S. Le misure sono state ordinate con valori di M.G.S. crescenti.

1. Average Dimension Trend
Metodo Macro(M.G.S.)/Metodo Classico(C.G.S.)

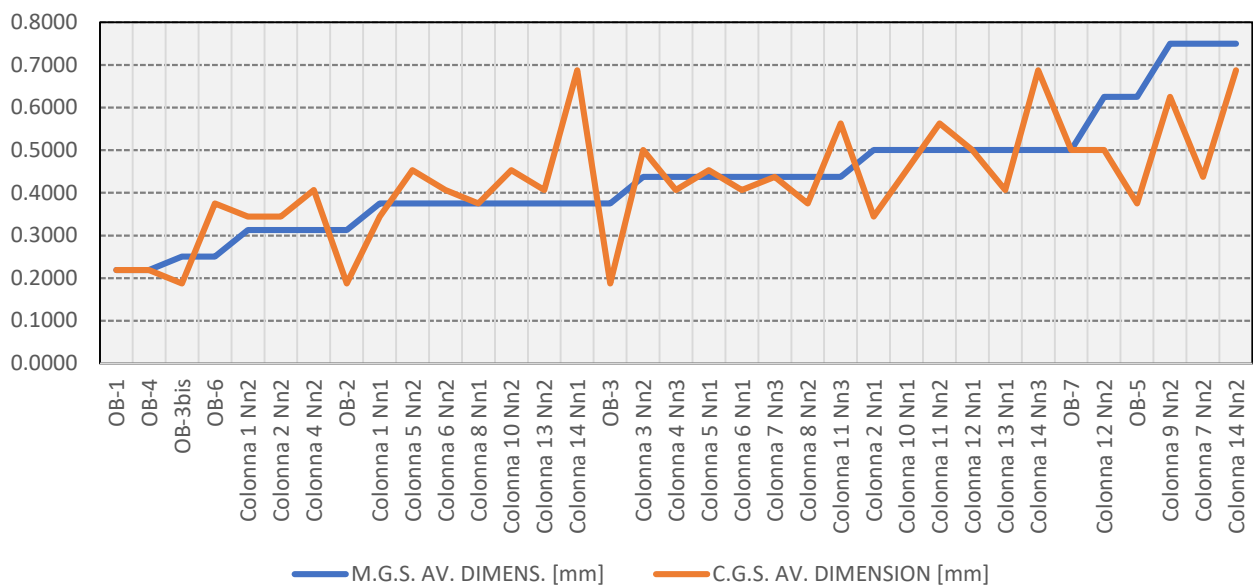


Figura 2-8 Linee di tendenza delle distribuzioni in figura 12.

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC)	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
	<i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	marzo 2022
		Pag. 149 di 194

2. Average Dimension Distribution Metodo Macro(M.G.S.)/Metodo Classico(C.G.S.)

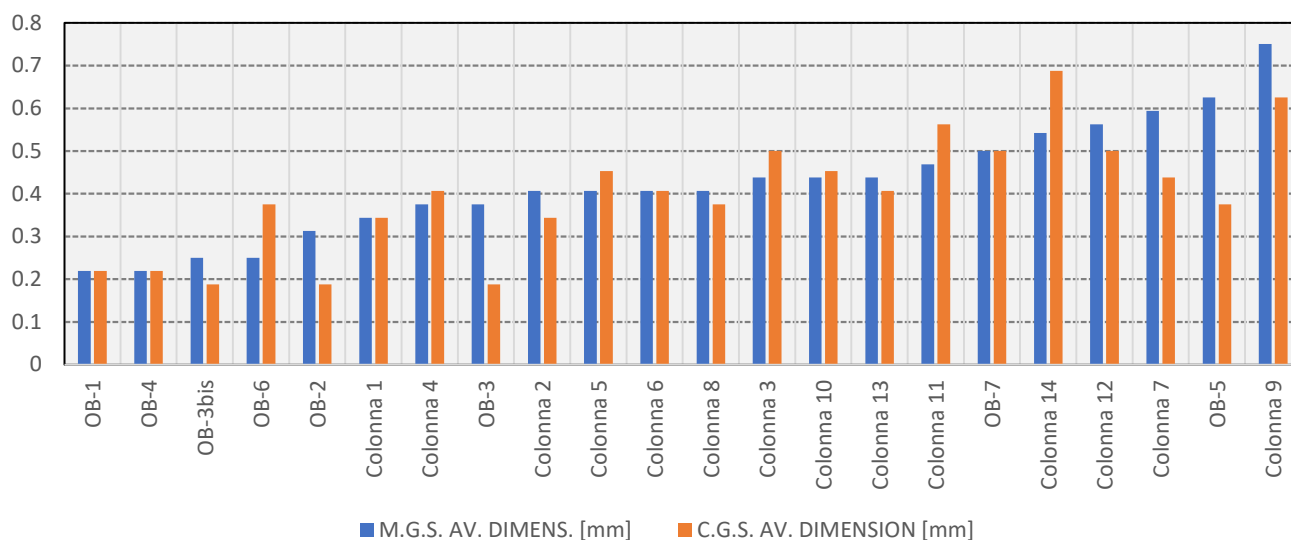


Figura 2-9 Confronto delle distribuzioni delle dimensioni medie della classe granulometrica prevalente tramite M.G.S. e C.G.S

2. Average Dimension Trend Metodo Macro(M.G.S.)/Metodo Classico(C.G.S.)

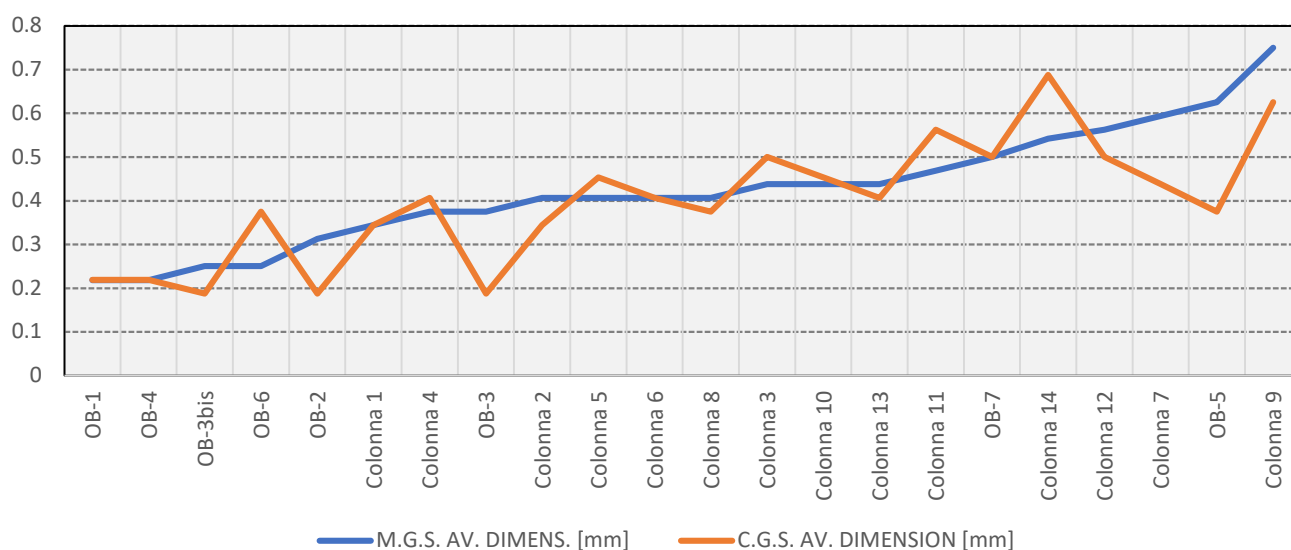


Figura 2-10 Linee di tendenza delle distribuzioni.

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC)	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
	<i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	marzo 2022
		Pag. 150 di 194

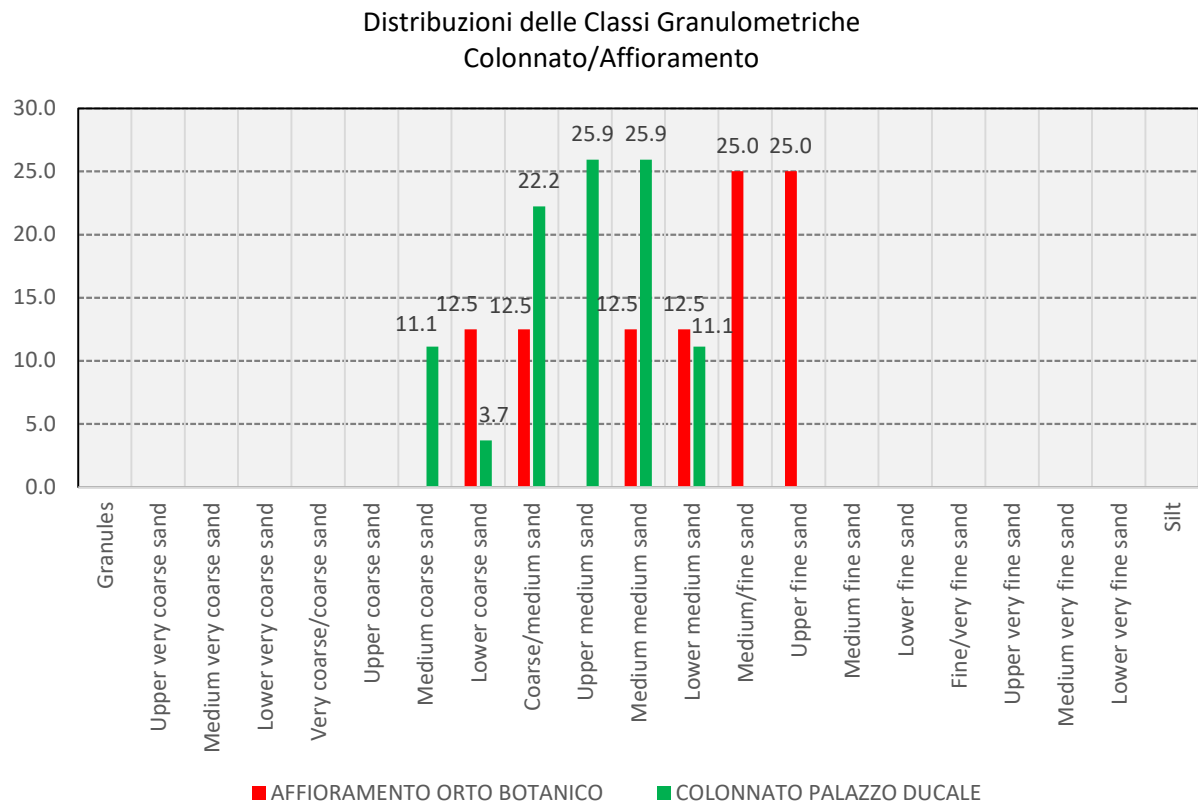


Figura 2-11 Confronto delle distribuzioni percentuale delle classi granulometriche prevalenti di punto di campionamento riferite al Colonnato di Palazzo Ducale e all’Affioramento dell’Orto Botanico.



Figura 2-12 Estrazione di una colonna in affioramento tra i set di fratture e i limiti di strato.

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 151 di 194

2.4.2 Osservazioni di carattere sedimentologico

Le arenarie di Camerino sono quindi dei depositi silicoclastici di mare profondo. Questi corpi si sono formati grazie al susseguirsi di diversi flussi gravitativi, non coesivi e turbolenti avvenuti lungo la scarpata continentale che hanno trasportato i sedimenti dalla vecchia piattaforma continentale all'interno del bacino. Questi flussi sono chiamati *correnti di torbida* (Figura 2-13) e si differenziano dagli altri tipi di flussi per la coesione, il meccanismo di supporto dei grani ed appunto la loro sequenza deposizionale, caratterizzata da una gradazione normale, ovvero una diminuzione della granulometria dei sedimenti, dalle sabbie (talvolta ghiaie) alle argille.



Figura 2-13 Corrente di torbida riprodotta in laboratorio
<https://www.youtube.com/watch?v=CE4vdar8-NA&t=9s>

Geometria, dimensione e organizzazione interna delle arenarie della Formazione di Camerino sono legate alle caratteristiche intrinseche dei flussi gravitativi che li hanno depositate, ovvero alla natura del sedimento trasportato, velocità, energia e spessore. Nello specifico, le arenarie utilizzate per le colonne del Palazzo Ducale sono caratterizzate da sedimenti della granulometria delle sabbie medie grossolane, organizzate con la tipica sequenza di Bouma, ovvero da cinque livelli (a- sabbie massive, b- sabbie con laminazioni piano-parallele, c- sabbie con laminazione incrociata, 4- silt e argille laminate, 5- argille emipelagiche massive) e quindi con gradazione granulometrica normale (granulometria che diminuisce verso l'alto Figura 2-14), che presuppongono la messa in posto di questi sedimenti da flussi significativamente energetici. Alcune di queste caratteristiche possono influire sul comportamento meccanico del monolite esprimendosi come piani di debolezza interni o amplificando l'erosibilità dello stesso.

Nelle colonne di Palazzo Ducale sono state individuate due di queste problematiche collegate direttamente alle caratteristiche sedimentologiche delle arenarie da cui sono state estratte:

- Le superfici di amalgamazione fra strati di arenarie sono livelli di materiale fine con spessore fino ad alcuni centimetri. Sono dovuti alla rielaborazione dei membri più fini e sommitali dello strato (Figura 2-15) da parte dei flussi successivi che al loro passaggio li erodono e modellano. Le potenziali superfici di debolezza legate a questi livelli sono dovute ad una competenza

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 152 di 194

meccanica minore e localizzata dei materiali coinvolti e sono quindi legate ad una proprietà intrinseca.

- Superfici di sfaldatura, ovvero piani preferenziali di disfacimento dovuti all'organizzazione interna dello strato. Si esprimono sui lati del monolite paralleli alla base dello strato (Figura 2-14) e sono potenzialmente più evidenti nelle porzioni più sommitali dove si passa gradualmente ad una laminazione parallela e potenzialmente a granulometrie minori. Lungo queste superfici si ha una maggiore erodibilità con perdita evidente di lamine di materiale (Figura 2-16).

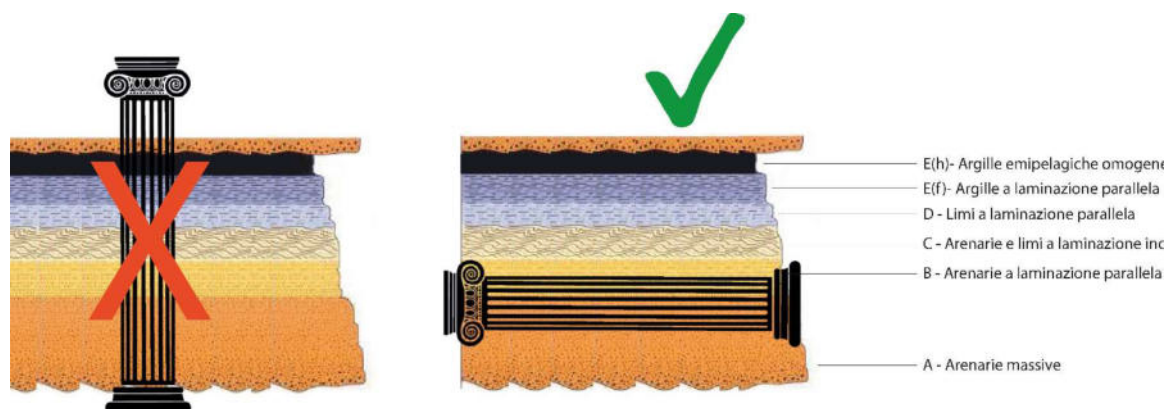


Figura 2-14 Estrazione del monolite: schema illustrativo della orientazione della colonna all'interno dello strato e dei membri della sequenza potenzialmente coinvolti.

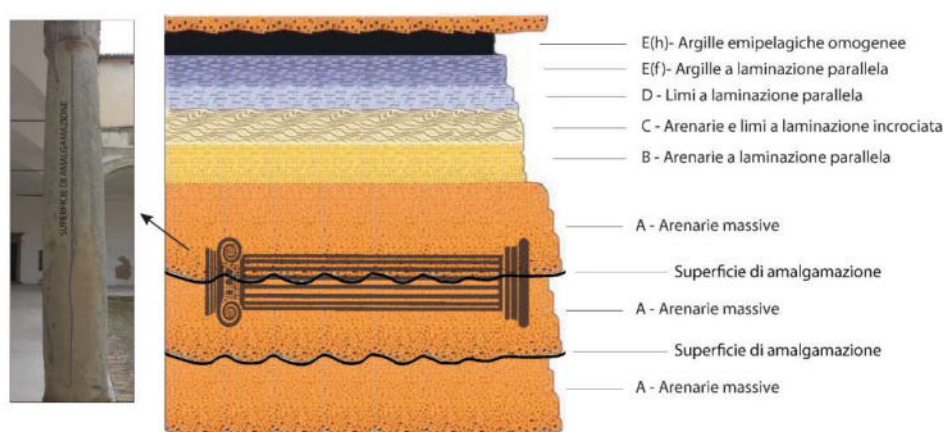


Figura 2-15 Superfici di amalgamazione all'interno delle Colonne di Palazzo Ducale.

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 153 di 194



Figura 2-16 Superfici di sfaldatura con evidente perdita di materiale dalla colonna

Tutte le informazioni contenute in questa sezione sono state estratte dal documento specifico redatto dai geologi del gruppo GEOMORE; per maggiori informazioni far riferimento all'Allegato B in calce.

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 154 di 194

2.5 Indagini Ultrasoniche Colonnato Portico Varano

L'indagine ultrasonica è un'indagine di tipo non distruttiva che fornisce una indicazione qualitativa in merito alla presenza o meno di discontinuità interne all'elemento lapideo legate a piani di frattura e di disomogeneità del materiale che compongono le colonne del Portico da Varano. Il principio dell'indagine si basa su alcune relazioni che legano la velocità di propagazione di onde elastiche in un mezzo materiale alle proprietà elastiche del mezzo stesso

2.5.1 Strumentazione

L'attrezzatura utilizzata è costituita da rilevatore ad ultrasuoni digitale NOVASONIC (numero di serie UT/NVS/oo75) caratterizzato da n.2 sonde, una trasmittente e una ricevente, da 55 kHz.

Per la determinazione dei tempi di propagazione degli impulsi ultrasonici si è fatto riferimento alla norma UNI EN 12504-4:2005, alle L.G. del Consiglio Superiore LL.PP. (ottobre 2017), alle norme ASTM C597 – 09 “Standar Test Method for Pulse Velocity Throught Concrete” e alle raccomandazioni RILEM TC 127-MS MS.D.1 “Measurement pulse velocity for masonry, 2001”.

Prima di eseguire la prova, le superfici di ciascun elemento da indagare sono state, per quanto possibile, rettificate fino a renderle sufficientemente lisce e prive di residui polverosi. Le sonde sono state accoppiate alla struttura per mezzo di specifico gel per ultrasuoni che permette di creare una superficie di interfaccia idonea per una corretta trasmissione e ricezione dell'onda ultrasonica.

2.5.2 Modalità di esecuzione

Le prove sono state effettuate "per trasparenza" o metodo diretto, disponendo le sonde in modo che il percorso più breve delle onde attraversi la sezione dell'elemento. In definitiva sono state indagate tutte le colonne costituenti il Portico da Varano con eccezione fatta alle colonne d'angolo in quanto l'importante dimensione e la forte disomogeneità superficiale non ha permesso l'esecuzione della prova.

Per ogni colonna sono state indagate n.2 sezioni, una a 60 cm dalla base e una a mezz'aria. Per ogni sezione sono state indagate le due diagonali principali effettuando per ognuna n.5 letture in successione o comunque un numero di letture tali per cui il tempo di percorrenza rimane stabile per almeno tre letture successive. In Figura 2-17 è rappresentato uno schema tipo della procedura prova effettuata.

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC)	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
	<i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	marzo 2022
		Pag. 155 di 194

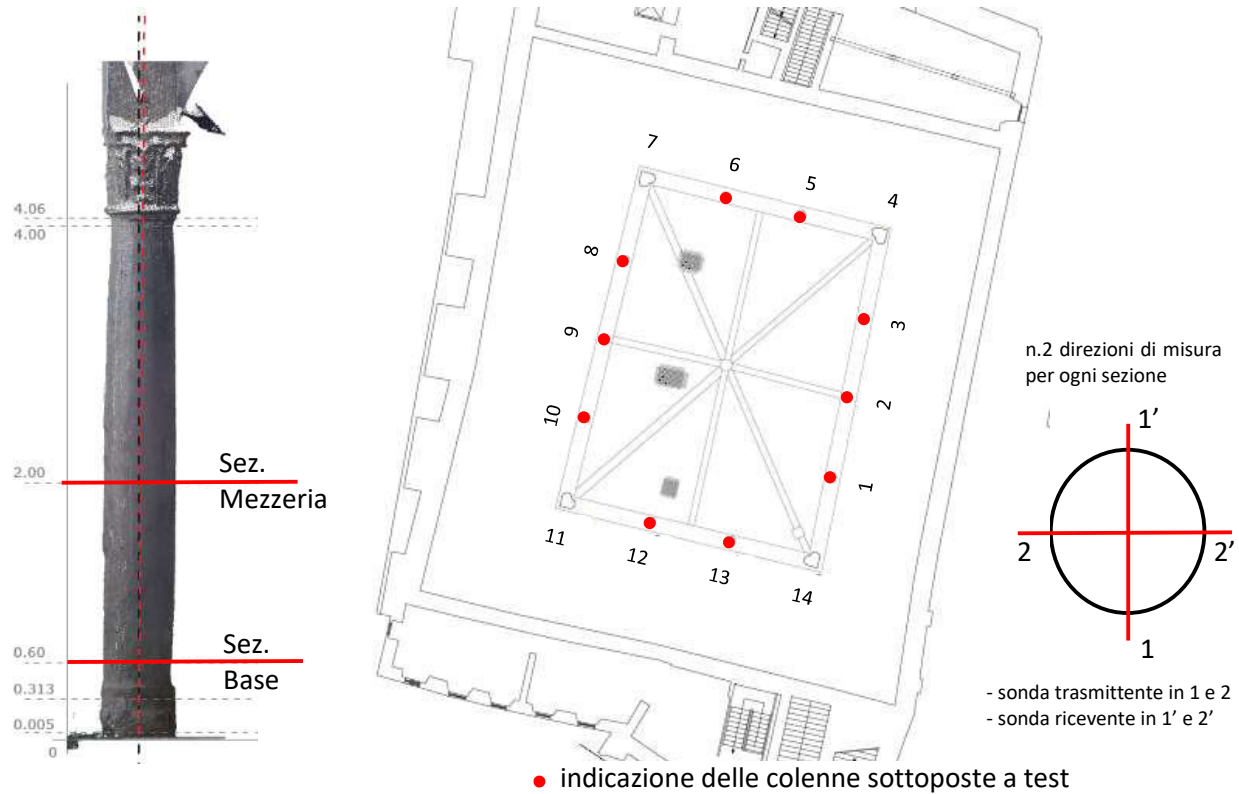


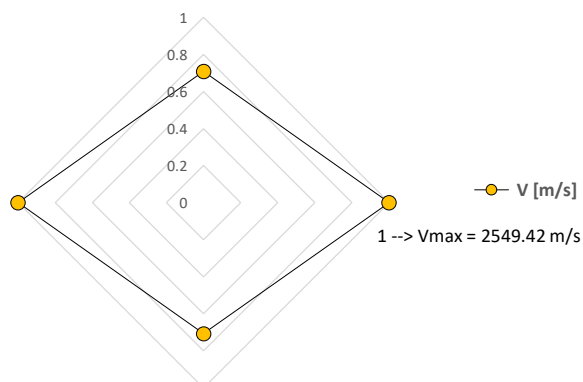
Figura 2-17 Indicazione colonne indagate e schema della procedura di prova seguita

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 156 di 194

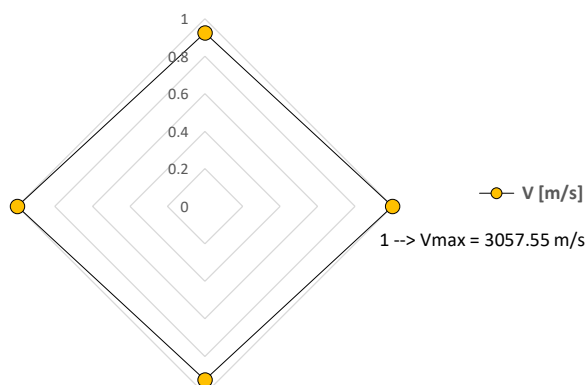
2.5.3 Risultati delle prove con ultrasuoni

COLONNA n. 1

Colonna n. 1 - sez Base q. = 60 cm			
	d [cm]	t [μ s.]	V [m/s]
C1-1721	58	316.20	1834.28
C1-1115	58	223.58	2594.15



Colonna n. 1 - sez Mezzeria q. = 224 cm			
	d [cm]	t [μ s.]	V [m/s]
C1-0913	60	212.22	2827.25
C1-1115	59.5	194.60	3057.55



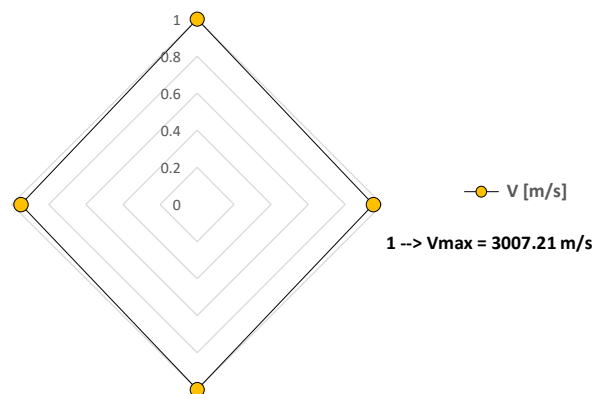
Risultati misurazioni:

Nella sezione di base si osserva che i valori delle velocità misurate lungo la direzione 1-1' risultano inferiori del 29% rispetto a quelle misurate lungo la direzione 2-2'. Questa differenza potrebbe essere principalmente imputata al degrado corticale del materiale alla base della colonna in quanto le superfici risultano essere molto scabrose e degradate. Tale considerazione è confermata dal fatto che nella sezione di mezzeria, dove le superfici risultano essere meno degradate, le velocità misurate lungo le due direzioni ortogonali presentano valori molto simili tra loro.

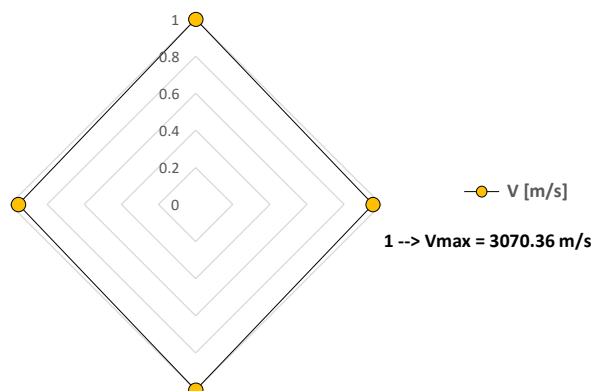
RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 157 di 194

COLONNA n. 2

Colonna n. 2 - sez Base q. = 60 cm			
	d [cm]	t [μs.]	V [m/s]
C2-1721	59.4	197.53	3007.21
C2-1923	58.3	204.04	2857.28



Colonna n. 2 - sez Mezzeria q. = 224 cm			
	d [cm]	t [μs.]	V [m/s]
C1-0913	59.7	194.44	3070.36
C1-1115	59.3	202.28	2931.58



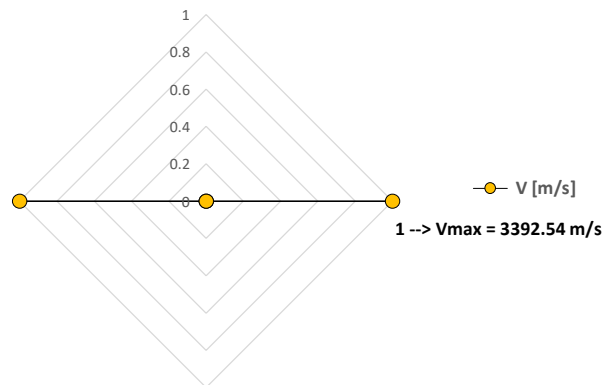
Risultati misurazioni:

Sia nella sezione di base che nella sezione di mezzeria, le velocità misurate nelle due direzioni ortogonali risultano essere molto vicine tra loro, pertanto, è possibile ipotizzare che sia sulla zona corticale che internamente alla colonna il materiale è integro.

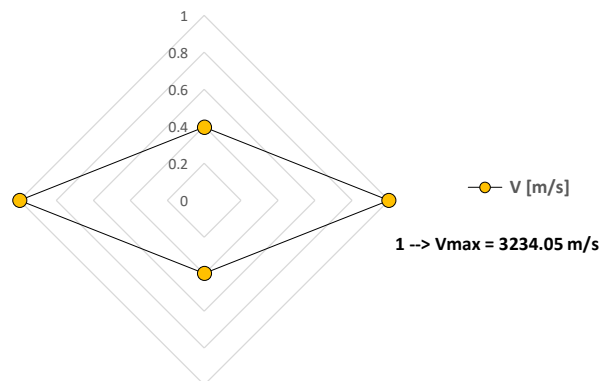
RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 158 di 194

COLONNA n. 3

Colonna n. 3 - sez Base q. = 60 cm			
	d [cm]	t [μs.]	V [m/s]
C3-1721	57	0.00	0.00
C3-1923	57.3	168.90	3392.54



Colonna n. 3 - sez Mezzeria q. = 224 cm			
	d [cm]	t [μs.]	V [m/s]
C3-0913	58.6	458.04	1279.36
C3-1115	58.2	179.96	3234.05



Risultati misurazioni:

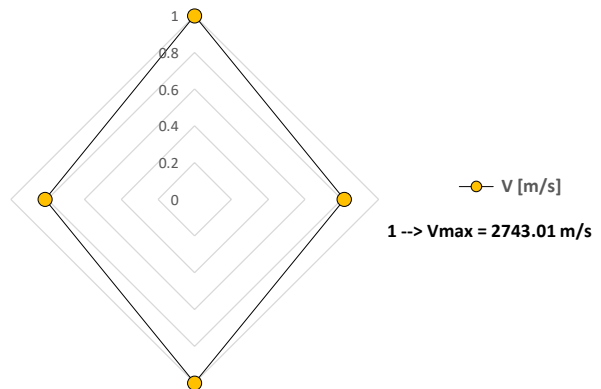
Nella sezione di base, lungo la direttrice 1-1', non è stato possibile misurare valori attendibili delle velocità dovute al degrado corticale del materiale in quanto le superfici si presentano molto irregolari (superficie sfaldata). Nella direzione 2-2' si osservano misure delle velocità in linea con quanto misurato nelle sezioni integre.

Nella sezione di mezzeria si osserva che i valori delle velocità misurate lungo la direzione 1-1' risultano inferiori del 60% rispetto a quelle misurate lungo la direzione 2-2'. Questa differenza potrebbe essere imputata oltre che al degrado corticale del materiale, anche dalla possibile presenza di discontinuità interne.

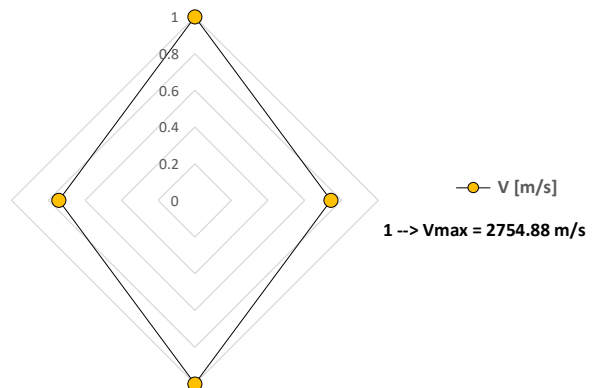
RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC)	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
	<i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	marzo 2022
		Pag. 159 di 194

COLONNA n. 5

Colonna n. 5 - sez Base q. = 60 cm			
	d [cm]	t [μs.]	V [m/s]
C5-1721	58.3	212.54	2743.01
C5-1923	57	255.74	2228.83



Colonna n. 5 - sez Mezzeria q. = 224 cm			
	d [cm]	t [μs.]	V [m/s]
C5-0913	59.5	215.98	2754.88
C5-1115	59.3	289.76	2046.52



Risultati misurazioni:

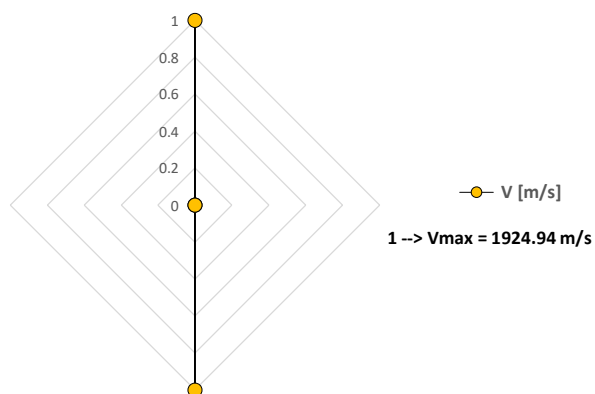
Nella sezione di base si osserva che i valori delle velocità misurate lungo la direzione 2-2' risultano inferiori del 19% rispetto a quelle misurate lungo la direzione 1-1'. Questa differenza potrebbe essere imputata al degrado corticale del materiale.

Nella sezione di mezzeria si osserva che i valori delle velocità misurate lungo la direzione 2-2' risultano inferiori del 26% rispetto a quelle misurate lungo la direzione 1-1'. Questa differenza potrebbe essere imputata al degrado corticale del materiale.

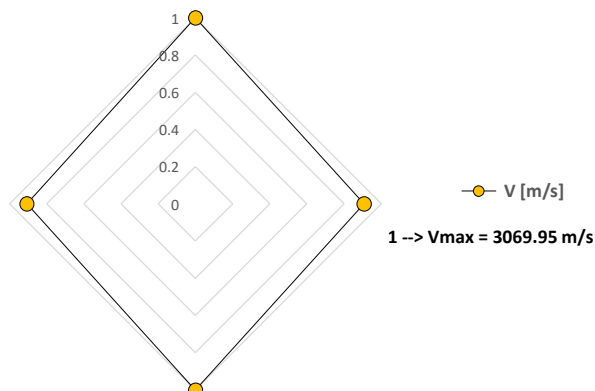
RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 160 di 194

COLONNA n. 6

Colonna n. 6 - sez Base q. = 60 cm			
	d [cm]	t [μs.]	V [m/s]
C6-1721	58.3	302.87	1924.94
C6-1923	56.4	0.00	0.00



Colonna n. 6 - sez Mezzeria q. = 224 cm			
	d [cm]	t [μs.]	V [m/s]
C6-0913	58.9	191.86	3069.95
C6-1115	59.2	212.62	2784.31



Risultati misurazioni:

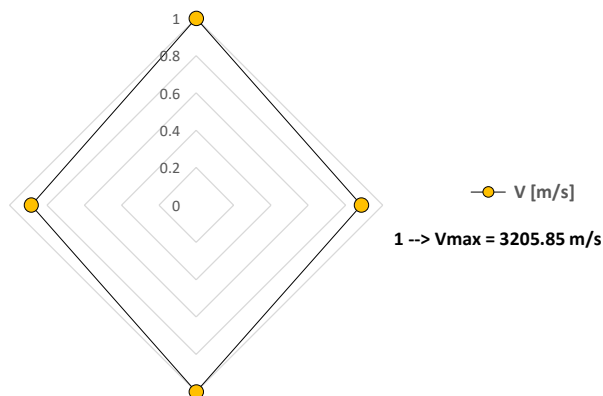
Nella sezione di base, lungo la direttrice 2-2', non è stato possibile misurare valori attendibili delle velocità dovute al degrado corticale del materiale in quanto le superfici si presentano molto irregolari (superficie sfaldata). Nella direzione 2-2' si osservano misure delle velocità inferiori rispetto a quanto misurato nelle sezioni integre dovuto alla presenza di degrado superficiale.

Nella sezione di mezzeria si osserva che i valori delle velocità misurate lungo le due direzioni ortogonali risultano essere molto vicine tra loro, pertanto, è possibile ipotizzare che sia sulla zona corticale che internamente alla colonna il materiale è integro.

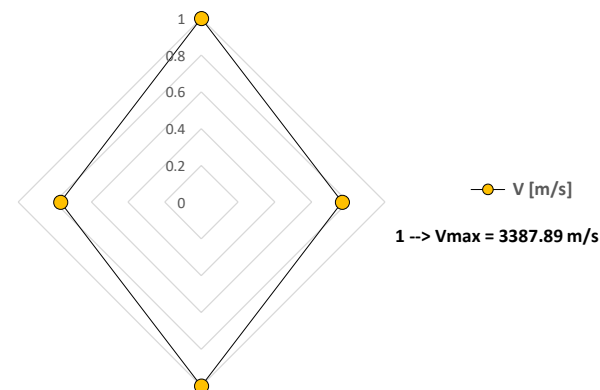
RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 161 di 194

COLONNA n. 8

Colonna n. 8 - sez Base q. = 60 cm			
	d [cm]	t [μs.]	V [m/s]
C8-1721	57	177.80	3205.85
C8-1923	58	204.64	2834.25



Colonna n. 8 - sez Mezzeria q. = 224 cm			
	d [cm]	t [μs.]	V [m/s]
C8-0913	59.2	174.74	3387.89
C8-1115	59.2	227.66	2600.37



Risultati misurazioni:

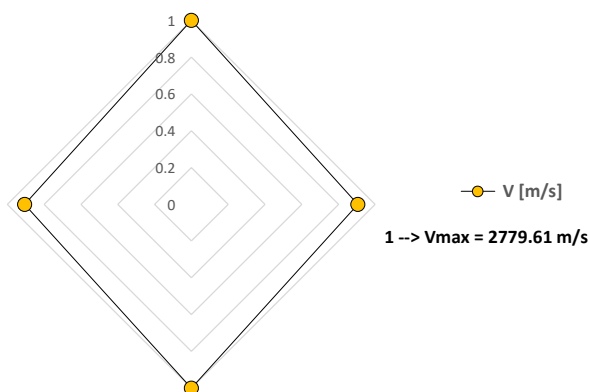
Nella sezione di base si osserva che i valori delle velocità misurate lungo la direzione 2-2' risultano inferiori del 11% rispetto a quelle misurate lungo la direzione 1-1'. Questa differenza potrebbe essere imputata al degrado corticale del materiale.

Nella sezione di mezzeria si osserva che i valori delle velocità misurate lungo la direzione 2-2' risultano inferiori del 23% rispetto a quelle misurate lungo la direzione 1-1'. Questa differenza potrebbe essere imputata al degrado corticale del materiale.

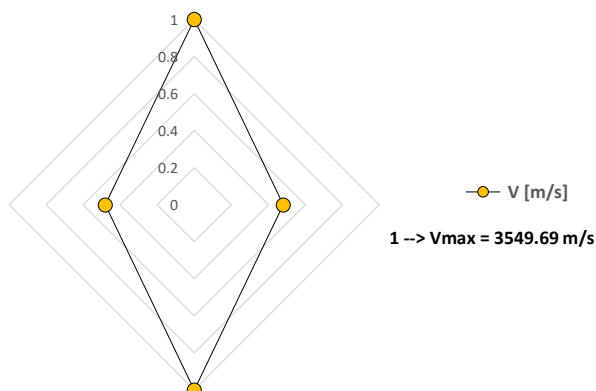
RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 162 di 194

COLONNA n. 9

Colonna n. 9 - sez Base q. = 60 cm			
	d [cm]	t [μs.]	V [m/s]
C9-1721	59	212.26	2779.61
C9-1923	57.3	227.83	2515.09



Colonna n. 9 - sez Mezzeria q. = 224 cm			
	d [cm]	t [μs.]	V [m/s]
C9-0913	59.2	166.78	3549.69
C9-1115	59.2	347.30	1704.58



Risultati misurazioni:

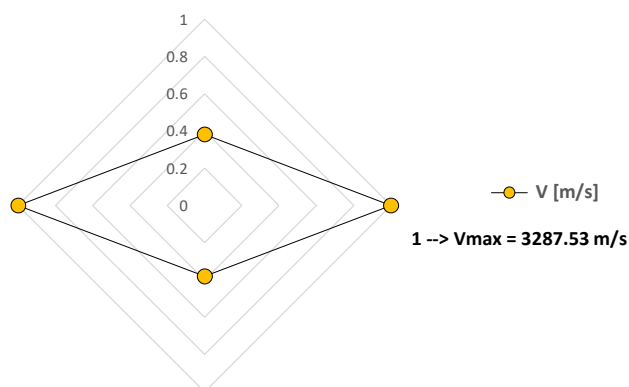
Nella sezione di base si osserva che i valori delle velocità misurate lungo le due direzioni ortogonali risultano essere molto vicine tra loro, pertanto, è possibile ipotizzare che sia sulla zona corticale che internamente alla colonna il materiale è integro.

Nella sezione di mezzeria si osserva che i valori delle velocità misurate lungo la direzione 2-2' risultano inferiori del 52% rispetto a quelle misurate lungo la direzione 1-1'. Questa differenza potrebbe essere imputata oltre che al degrado corticale del materiale, anche dalla possibile presenza di discontinuità interne.

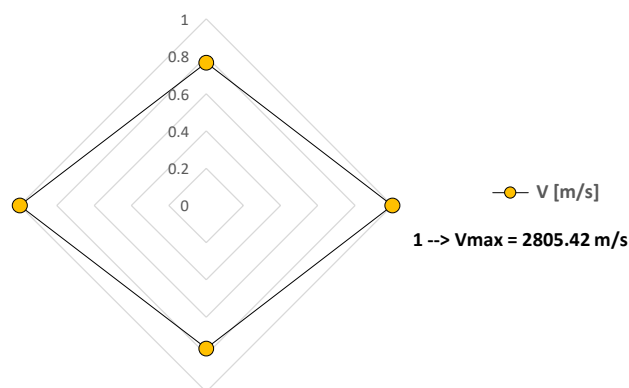
RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 163 di 194

COLONNA n. 10

Colonna n. 10 - sez Base q. = 60 cm			
	d [cm]	t [μ s.]	V [m/s]
C10-1721	57.9	462.80	1251.08
C10-1923	57.9	176.12	3287.53



Colonna n. 10 - sez Mezzeria q. = 224 cm			
	d [cm]	t [μ s.]	V [m/s]
C10-0913	58.9	273.70	2151.99
C10-1115	59.2	211.02	2805.42



Risultati misurazioni:

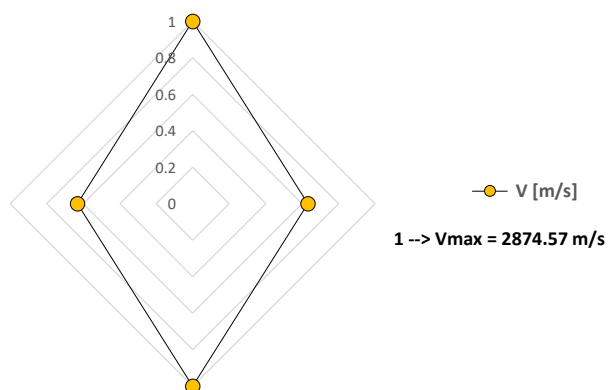
Nella sezione di base si osserva che i valori delle velocità misurate lungo la direzione 1-1' risultano inferiori del 62% rispetto a quelle misurate lungo la direzione 2-2'. Questa differenza potrebbe essere imputata oltre che al degrado corticale del materiale, anche dalla possibile presenza di discontinuità interne.

Nella sezione di mezzeria si osserva che i valori delle velocità misurate lungo la direzione 1-1' risultano inferiori del 23% rispetto a quelle misurate lungo la direzione 2-2'. Questa differenza potrebbe essere imputata al degrado corticale del materiale.

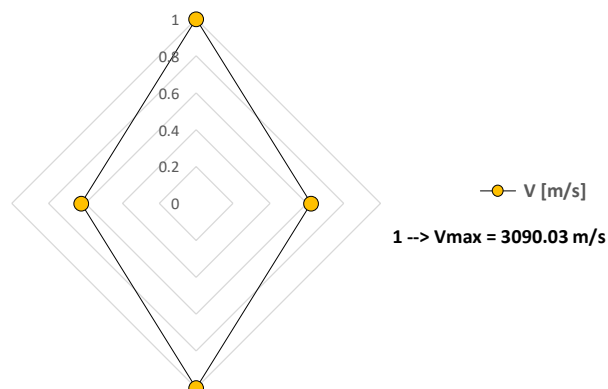
RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 164 di 194

COLONNA n. 12

Colonna n. 12 - sez Base q. = 60 cm			
	d [cm]	t [μs.]	V [m/s]
C12-1721	58.9	204.90	2874.57
C12-1923	58.1	320.00	1815.63



Colonna n. 12 - sez Base q. = 224 cm			
	d [cm]	t [μs.]	V [m/s]
C12-0913	60.2	194.82	3090.03
C12-1115	59.8	310.44	1926.30



Risultati misurazioni:

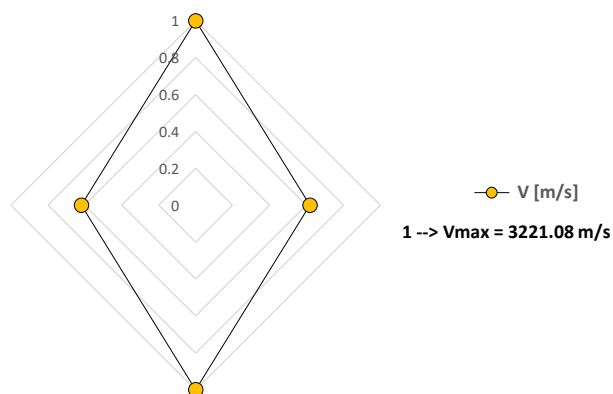
Nella sezione di base si osserva che i valori delle velocità misurate lungo la direzione 2-2' risultano inferiori del 37% rispetto a quelle misurate lungo la direzione 1-1'. Questa differenza potrebbe essere imputata al degrado corticale del materiale.

Nella sezione di mezzeria si osserva che i valori delle velocità misurate lungo la direzione 2-2' risultano inferiori del 38% rispetto a quelle misurate lungo la direzione 1-1'. Questa differenza potrebbe essere imputata al degrado corticale del materiale.

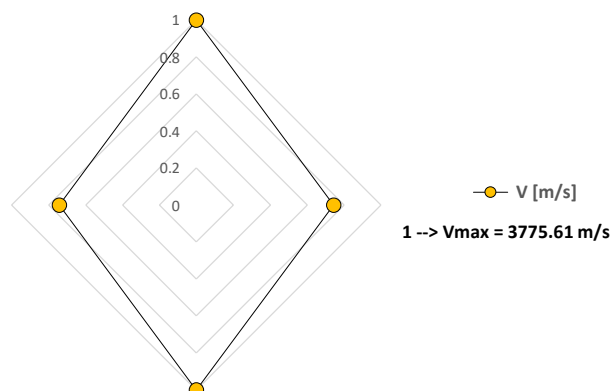
RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 165 di 194

COLONNA n. 13

Colonna n. 13 - sez Base q. = 60 cm			
	d [cm]	t [μs.]	V [m/s]
C13-1721	59.3	184.10	3221.08
C13-1923	59.2	297.17	1992.15



Colonna n. 13 - sez Mezzeria q. = 224 cm			
	d [cm]	t [μs.]	V [m/s]
C13-0913	59.7	158.12	3775.61
C13-1115	58.9	210.00	2804.76



Risultati misurazioni:

Nella sezione di base si osserva che i valori delle velocità misurate lungo la direzione 2-2' risultano inferiori del 38% rispetto a quelle misurate lungo la direzione 1-1'. Questa differenza potrebbe essere imputata al degrado corticale del materiale.

Nella sezione di mezzeria si osserva che i valori delle velocità misurate lungo la direzione 2-2' risultano inferiori del 26% rispetto a quelle misurate lungo la direzione 1-1'. Questa differenza potrebbe essere imputata al degrado corticale del materiale.

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 166 di 194

2.6 Prove Equotip (EQ) sulle colonne del Portico da Varano

Una versione compatta dell'Equotip (EQ), denominata Piccolo 2 (prodotto da Proceq, Svizzera), è stata utilizzata per la valutazione dell'indice di rimbalzo del materiale costituente le colonne; la misura è stata effettuata sia sulla superficie corticale che internamente praticando un piccolo foro dove inserire la prolunga dello strumento. Questo dispositivo risulta facile da maneggiare grazie alle sue dimensioni ridotte e al peso (solo 110 g).



Figura 2-18 EQ's probe DL (upper portion of the figure) and D.

Lo strumento è costituito da una sfera in carburo di tungsteno (3 mm di diametro) che costituisce la punta e da un pistone a molla. La punta di prova in carburo è montata in un corpo d'urto che colpisce, sotto la forza della molla, contro la superficie di prova da cui rimbalza. Il valore di durezza EQ è espresso come indice "L" (numero di Leeb), calcolato dal rapporto tra la velocità di rimbalzo e la velocità di impatto, moltiplicato per 1000. Secondo il manuale del produttore del durometro, la correzione del valore di impatto rispetto alla direzione verticale viene effettuata automaticamente dal dispositivo. Tutte le superfici devono risultare levigate prima del test per evitare l'influenza della rugosità sul rimbalzo. Per quanto riguarda i materiali lapidei, ad oggi non è stata definita una metodologia di raccolta dati affidabile, e secondo la letteratura, è possibile scegliere tra almeno due metodi principali, ovvero "prova di impatto ripetuto" o "prova di impatto singolo". La prova di impatto ripetuto si riferisce a impatti multipli sullo stesso punto mentre la prova di impatto singolo si riferisce a impatti individuali in una piccola area, in cui ogni prova è separata da quella più vicina da almeno una punta dello stantuffo. Inoltre, non esiste una metodologia su come levigare le superfici, né su come dovrebbero essere prese le misurazioni, né quale dimensione dovrebbe essere oggetto di campionamento e se è necessario rimuovere le misure degli estremi.

Pertanto, per quanto riguarda le misurazioni, è stata definita la seguente procedura di misurazione: per ogni punto di misura sono stati eseguiti 60 impatti ripetuti sullo stesso punto, inoltre, al fine di definire una metodologia completa di acquisizione dei dati, sono state studiate le variazioni dei valori di rimbalzo dell'EQ con il numero di impatti ripetuti nello stesso punto.

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 167 di 194

Due diverse sonde EQ disponibili da Proceq. La versione di Equotip scelta (Piccolo 2) è stata utilizzata con bocchetta D (standard) o bocchetta DL (disponibile come accessorio) con lo scopo di investigare:

- con la sezione frontale D (corpo d'urto lungo 27 mm), comunemente utilizzata per la maggior parte dei test di rimbalzo Leeb e definita come "sonda universale per la maggior parte delle applicazioni" (Figura 2-18) per analizzare la superficie corticale;
- con la sezione sottile facciale DL (corpo d'urto lungo 82 mm) utilizzata per accedere a spazi ristretti e superfici difficili da raggiungere (Figura 2-18 in basso) per analizzare la parte più interna della superficie previa realizzazione di un piccolo foro.

2.6.1 EQ test sulle colonne di arenaria costituenti le colonne del Palazzo Ducale

Le colonne in arenaria di Palazzo Ducale Palace sono state analizzate sia in superficie che in profondità, al fine di valutare la diminuzione della resistenza dovuta all'alterazione superficiale, e la resistenza della porzione più interna del materiale lapideo. I dati di rimbalzo superficiale sono stati raccolti per ciascuna colonna utilizzando la sonda D, considerando l'orientamento delle superfici esaminate rispetto al Nord. Nel dettaglio sono state effettuate misurazioni sia sul lato nord che su quello esposto a sud, per valutare se l'orientamento possa influenzare la qualità superficiale (in termini di alterazione) dell'arenaria.

Per la valutazione della resistenza della porzione più profonda della colonna sono stati realizzati due fori di diametro 2 mm nelle colonne, previa autorizzazione della Soprintendenza ai Beni Culturali (cerchi rossi in Fig. 4.25). I fori sono stati praticati a profondità progressiva, da 1 a 4 cm con 1 cm di avanzamento, per valutare la variazione della durezza della roccia con la profondità (Fig. 4.26).

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 168 di 194

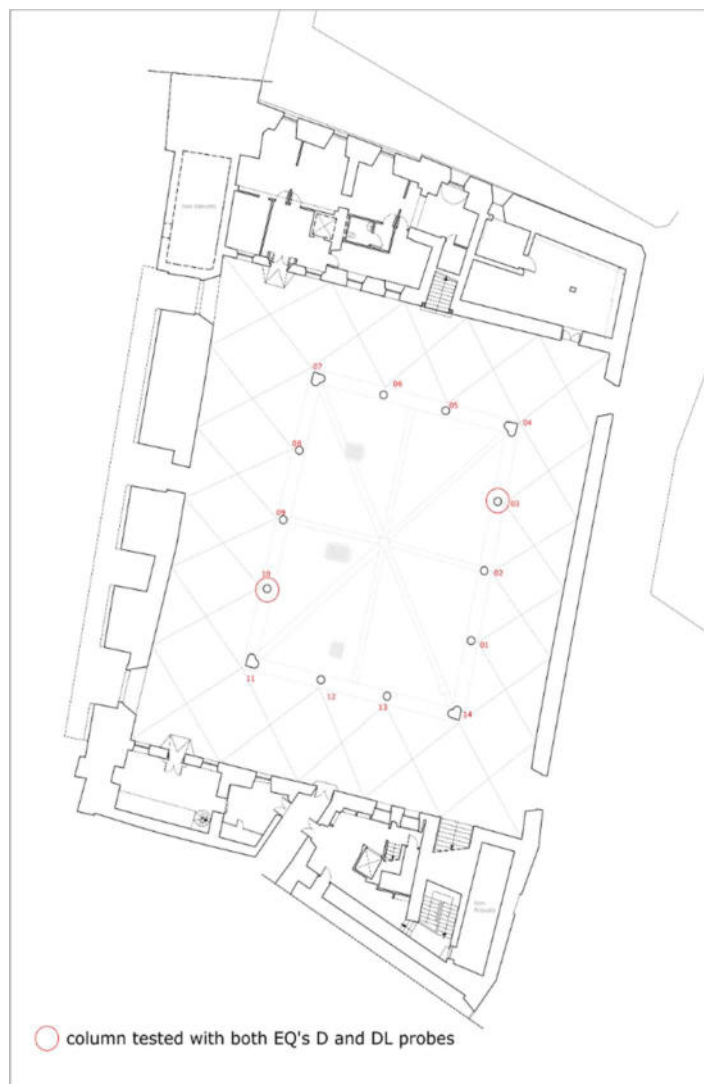


Figura 2-19 Posizione delle misurazioni effettuate con l'EQ. Tutte le colonne sono state testate utilizzando la sonda D e due di esse (identificate con cerchi rossi) sono state testate con la sonda DL.

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 169 di 194



Figura 2-20 a) una delle colonne esaminate al Palazzo Ducale; b) particolare della colonna in arenaria.

Nella tabella seguente sono riportati i valori delle misure effettuate:

Tabella 2-13 Confronto valore tiri sulle catene

Id	ID_stop	L medio	L min	L max	Dev.Std
4	4004	509.13	210	645	132.75
2	4002	519.81	388	622	63.25
6	4006	555.14	477	613	31.82
7	4007	568.54	226	692	117.92
8	4008	574.00	507	672	36.77
3	4003	578.64	417	680	60.68
10	4410	581.07	130	781	149.94
9	4009	597.83	445	701	71.33
14	4014	603.44	428	734	73.28
10	4010	609.69	566	653	20.66
13	4013	616.60	483	748	90.96
1	4001	625.24	535	656	29.08
12	4012	629.05	520	728	46.44
11	4011	638.89	242	780	109.48
1	4406	704.02	294	810	86.07
3	4403	724.73	586	836	70.67

Maggiori informazioni riguardanti i test di prova sono riportati nella specifica relazione prodotta da GEOMORE (Allegato B in calce) che ha effettuato le misurazioni con l'EQ.

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 170 di 194

2.7 Prove di caratterizzazione meccanica dei banchi di arenaria affioranti al livello dell'Orto Botanico e definizione delle espressioni per la valutazione indiretta della resistenza

Data l'impossibilità di procedere con l'estrazione di campioni dalle colonne di arenaria destinati alla valutazione della resistenza a compressione del materiale, sono stati utilizzati dei campioni di arenaria proveniente dai banchi affioranti al livello dell'Orto Botanico data la corrispondenza dell'origine del materiale. In aggiunta, con lo scopo di definire una procedura di valutazione della resistenza dell'arenaria a partire da misure non distruttive – tipo SONREB (Soniche e di Rimbalzo tramite EQ) i campioni estratti sono stati oggetto di misure di tipo Ultrasonico che di tipo Equotip.

Dai banchi di arenaria affioranti al livello dell'Orto Botanico sono state estratte 8 carote con carotiere a rotazione per calcestruzzo (Figura 2-21). Dalle carote estratte sono stati preparati 16 campioni con rapporto D/H circa unitario in modo da fornire a valle delle prove di schiacciamento delle resistenze di tipo "cubico" (vedi Figura 2-21).

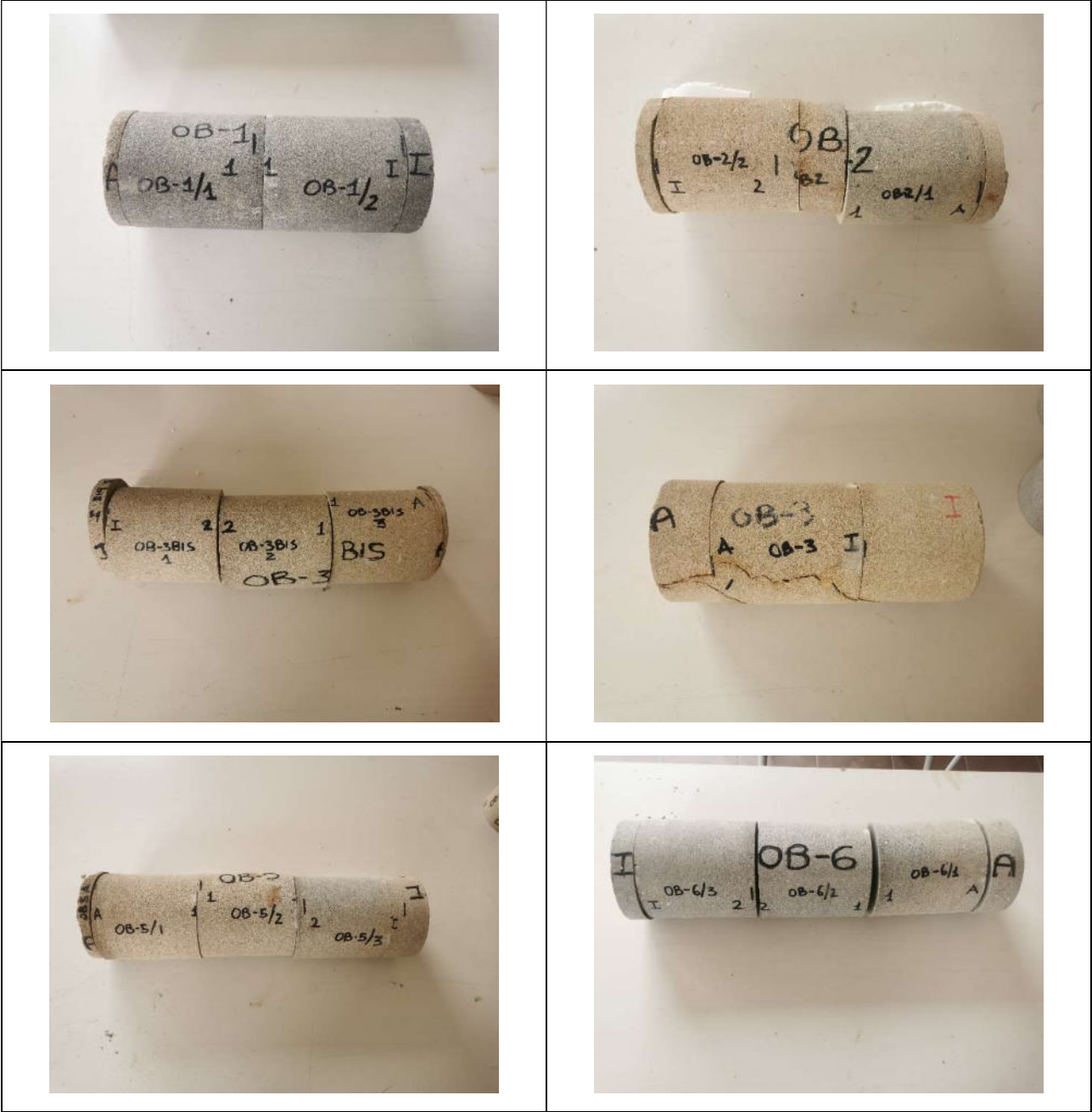
Le prove a compressione sono state eseguite dal LABORATORIO PROVE MATERIALI dell'ISTITUTO TECNICO STATALE COMMERCIALE E PER GEOMETRI " G. ANTINORI" (Autorizzazione Ministeriale n. 40266 del 11/12/1995 - Rinnovo n. 271 del 03/11/2015) presso Loc. Torre del Parco - Camerino (MC) - Tel. 3665373281 - e-mail: laboratoriomateriali@antinoricamerino.it. Il report completo di prova è riportato nell'Allegato C in calce.

Nella Tabella 2-14 sono riportati i risultati delle misure Equotip ed ultrasoniche ed i valori della tensione di rottura dei provini.



RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 171 di 194

Figura 2-21 Estrazione mediante carotiere a rotazione dei campioni di arenaria.



RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 172 di 194

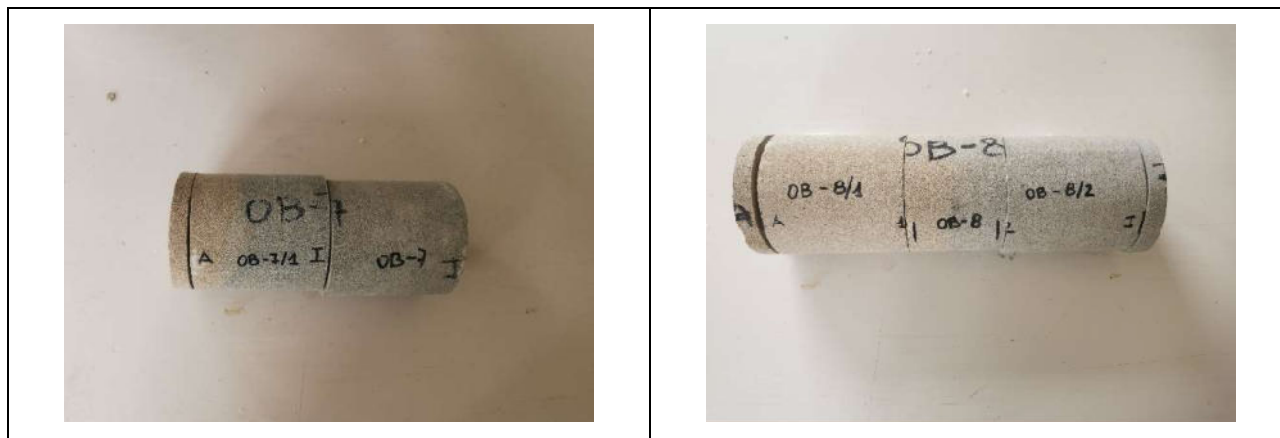


Figura 2-22 Carote estratte e preparazione dei provini destinati alle prove di schiacciamento.

Tabella 2-14 Risultati indagini su provini estratti dal banco di arenaria estratti dall'Orto Botanico

Id_e	Id_c	W [g]	rho [t/m ³]	D [mm]	H [mm]	A [mm ²]	Rc [N/mm ²]	I (mean) [n]	V (mean) [m/s]
OB-1/1	1	2187	2.3405	104	110	8495	17.53	587.6	2562.35
OB-1/2	2	2182	2.3351	104	110	8495	16.81	548.4	2555.82
OB-2/1	3	2303	2.5127	103	110	8332	17.22	635.3	3832.75
OB-2/2	4	2282	2.4898	103	110	8332	33.36	586.4	3548.39
OB-3BIS/1	6	2220	2.5375	103	105	8332	30.78	659	3478.55
OB-3BIS/2	7	2306	2.4678	104	110	8495	36.49	648	3516.77
OB-3BIS/3	8	2309	2.4242	105	110	8659	34.07	669.1	3589.44
OB-5/1	9	2370	2.5363	104	110	8495	38.85	632.5	4004.38
OB-5/2	10	2370	2.5363	104	110	8495	53.39	663.7	3971.38
OB-5/3	11	2363	2.5288	104	110	8495	41.68	647.1	4071.06
OB-6/1	12	2324	2.4871	104	110	8495	18.22	634	3897.04
OB-6/2	13	2338	2.502	104	110	8495	34.29	622.4	3778.11
OB-6/3	14	2340	2.5042	104	110	8495	43.57	595.1	3920.9
OB-7/1	15	2322	2.4849	104	110	8495	32.01	672.4	3614.86
OB-8/1	16	2330	2.4935	104	110	8495	31.27	673.6	3685.98
OB-8/2	17	2361	2.5267	104	110	8495	41.63	645.3	3407.87

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 173 di 194

2.7.1 Correlazione della resistenza con V e I

Con il metodo SonReb è stata determinata la resistenza dei campioni di arenaria combinando i dati sperimentali (prova a compressione, prova ultrasonica ed Equotip) mediante una correlazione del tipo esponenziale:

$$R_c = a \cdot V^b \cdot I^c \quad (4)$$

Dove

- R = resistenza attuale a compressione del materiale (N/mm²);
- V = velocità di propagazione degli ultrasuoni in m/s;
- I_R = indice di rimbalzo misurato dall'Equotip (-);
- a, b, c = parametri di correlazione adimensionali da determinare con le misure sperimentali;

I parametri incogniti a, b, c si determinano imponendo la condizione che essi rendano minimo l'errore quadratico medio o massimizza la sua verosimiglianza statistica, ottenendo in entrambi i casi i medesimi risultati. La condizione di minimo si individua annullando le derivate della funzione ε^2 rispetto ai parametri incogniti, ottenendo il sistema di equazioni:

$$\varepsilon^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n w_i [\ln(R) - (\ln(a) + b \cdot \ln(V_i) + c \cdot \ln(I_i)) \cdot V^b] \quad (5)$$

Dalle procedure di ottimizzazione ottengono i seguenti risultati: $a=1.032$, $b=0.2560$, $c=0.2018$; L'equazione precedente diventa:

$$R_c = 1.032 \cdot V^{0.2560} \cdot I^{0.2018} \quad (6)$$

Nella

Tabella 2-15 sono riportati i risultati della resistenza ottenuta a partire dalla espressione proposta ed il relativo errore di valutazione in percentuale riferito alla resistenza reale misurata.

Nel caso in cui fossero disponibili solo misure con EQ o con V, sono state valutate le seguenti espressioni:

$$R_c = 0.0001 \cdot V^{1.5393} \quad (7)$$

$$R_c = 3E(-7) \cdot I^{2.8469} \quad (8)$$

Nella Figura 2-23 sono riportate i valori R_c -V e R_c -I misurati con le relative curve di correlazione esponenziale.

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC)	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
	<i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	marzo 2022
		Pag. 174 di 194

Tabella 2-15 Risultati della procedura Sonreb dei provini estratti dall'Orto Botanico

Id	Rc [N/mm ²]	V [m/s]	I [n_mean]	Edin [kN/m ²]	Rc_eval [N/mm ²]	ΔRc [%]
OB-1/1	17.53	2562.35	587.57	13829936.33	27.85	59%
OB-1/2	16.81	2555.82	548.38	13728010.77	27.45	63%
OB-2/1	17.22	3832.75	635.31	33220105.57	31.36	82%
OB-2/2	33.36	3548.39	586.43	28213899.58	30.26	-9%
OB-3BIS/1	30.78	3478.55	658.95	27633647.67	30.82	0%
OB-3BIS/2	36.49	3516.77	647.95	27468817.17	30.80	-16%
OB-3BIS/3	34.07	3589.44	669.10	28109899.22	31.17	-9%
OB-5/1	38.85	4004.38	632.50	36602640.81	31.69	-18%
OB-5/2	53.39	3971.38	663.71	36001860.45	31.93	-40%
OB-5/3	41.68	4071.06	647.12	37719998.51	31.97	-23%
OB-6/1	18.22	3897.04	634.05	33993840.07	31.49	73%
OB-6/2	34.29	3778.11	622.43	32143013.15	31.12	-9%
OB-6/3	43.57	3920.90	595.10	34648197.88	31.13	-29%
OB-7/1	32.01	3614.86	672.43	29223874.19	31.25	-2%
OB-8/1	31.27	3685.98	673.60	30489767.59	31.42	0%
OB-8/2	41.63	3407.87	645.31	26409220.65	30.53	-27%

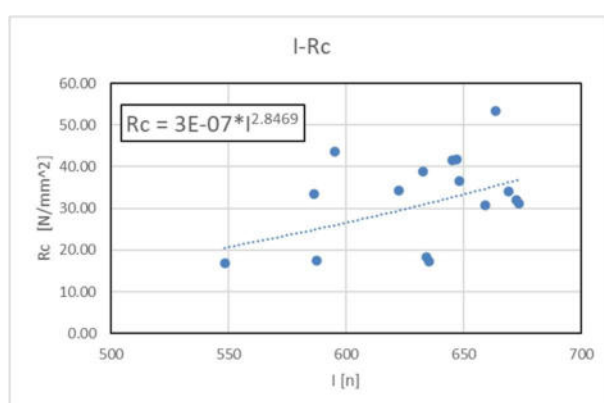
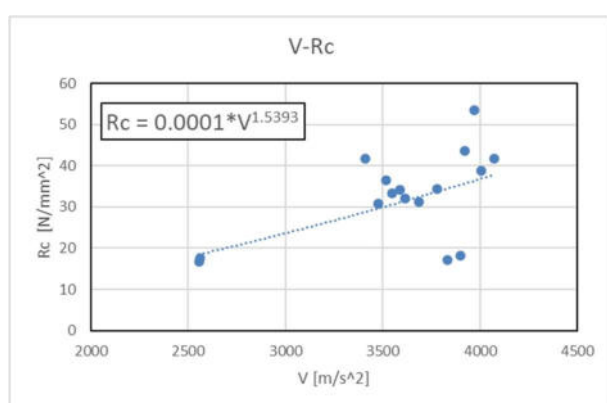


Figura 2-23 Valori misurati ed espressioni stimate V-Rc e I-Rc.

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 175 di 194

2.9.1 Analisi composizione interna colonnato Portico Varano con indagine radiografica

Nel seguito si fornisce una breve descrizione e rappresentazione dei risultati ottenuti successivamente alla campagna indagine effettuata con metodo radiografico dall'azienda EVOLVEA Your Partner in Business. Per maggiori dettagli riferirsi alla relazione esaustiva presente nell'Allegato A in calce.

L'indagine radiografica è una tecnica diagnostica non distruttiva che permette di ottenere immagini bidimensionali delle porzioni di strutture indagate. Il principio di funzionamento si basa sull'interazione di radiazioni ionizzanti con un corpo posto tra una sorgente emettente ed un ricevitore.

Nel loro percorso, le radiazioni possono essere assorbite dal corpo interposto, diffuse o trasmesse al ricevitore. Se nell'oggetto esaminato esistono difetti quali cavità, fessure, grosse inclusioni o discontinuità più dense come nel caso di ferri di armatura o di ferri di pre o post compressione, sul ricevitore si formano macchie più scure o più chiare con intensità proporzionale allo spessore del difetto.

Le colonne interessate dall'analisi radiografica sono la 1, 2, 3 e 5 secondo lo schema riportato in Figura 2-24

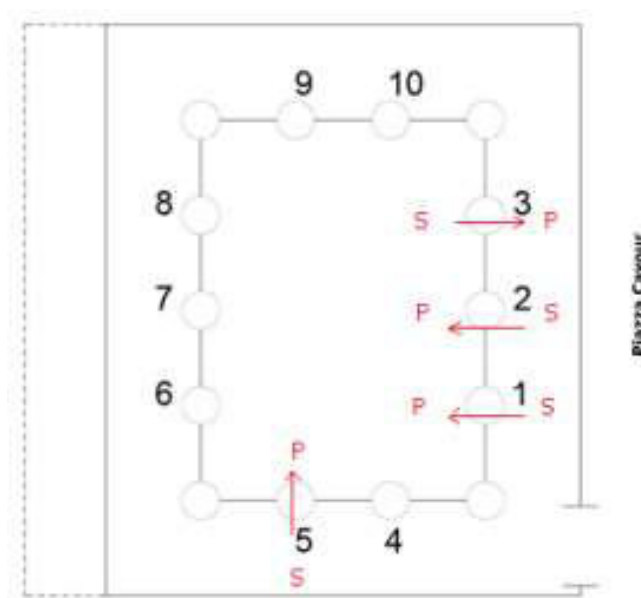


Figura 2-24 colonne sottoposte ad indagine radiografica

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 176 di 194

L'obiettivo della prova era valutare lo stato di conservazione del rinforzo delle colonne in riferimento agli interventi di manutenzione precedentemente effettuati. Nello specifico la prova ha evidenziato nella quasi totalità delle aree indagate una buona omogeneità del materiale di composizione interna delle colonne con qualche leggera disgregazione superficiale (visibile anche dall'esterno). Nella colonna 2 è stata rilevata la presenza diffusa di piccole cricche longitudinali; nella colonna 3 è stata rilevata una cricca di dimensioni più rilevanti. Internamente si è verificata la presenza di 6 ferri nella parte medio-bassa della colonna e 3 nella parte medio-alta. Nel complesso i ferri risultano ben conservati ma disposti in maniera differente nelle diverse colonne. L'unica anomalia riscontrata è relativa al basamento della colonna 5 dove sebbene visivamente la colonna sia pendente verso il centro del portico, dalle radiografie non è visibile nessuna frattura in questo senso.

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 177 di 194

2.10 Prove dinamiche verifica tiro catene Portico Varano

Nel presente paragrafo viene descritta la strumentazione utilizzata per l'esecuzione delle prove di vibrazione sulle catene del Palazzo da Varano di Camerino i giorni 26 e 27 gennaio 2022.

Scopo della campagna di prove effettuata è la determinazione delle frequenze proprie di vibrazione in direzione trasversale delle catene, volta alla successiva stima dello stato di tensione delle stesse attraverso una valutazione mediante l'utilizzo di relazioni in forma chiusa.

La stima delle frequenze proprie è stata ottenuta mediante l'imposizione di una sollecitazione impulsiva alla catena e la misura della risposta corrispondente. La strumentazione utilizzata è riassunta nella tabella seguente.

2.10.1 Descrizione della strumentazione utilizzata

La strumentazione impiegata per la valutazione della risposta in frequenza delle catene e la valutazione indiretta del relativo tiro si compone dei seguenti elementi:

- Accelerometri sismici uniassiali di tipo piezoelettrico a meccanismo a taglio ad alta sensibilità, produttore PCB, modello 393A03, Sensitivity: ($\pm 5\%$) 1.0 V/g(102 mV/(m/s²)), Broadband Resolution: 0.00001 g rms (0.0001 m/s² rms), Measurement Range: ± 5 g pk (± 49 m/s² pk), Frequency Range: ($\pm 5\%$) 0.5 to 2000 Hz, Diameter 30.2 mm, Height 55.6 mm, Mass 210 g (Figura 2-25a);
- Impulse Force Test Hammer, produttore PCB, modello 086D20, Sensitivity: ($\pm 15\%$) 1 mV/lbf (0.23 mV/N), Measurement Range: ± 5000 lbf pk (± 22240 N pk), Resonant Frequency > 12kHz, Diameter Head 51 mm, Length 370 mm, Mass 1.1kg (Figura 2-25b);
- Cavi coassiali schermati con connettori BNC di lunghezza di 25m;
- Schede di acquisizione del segnale e conversione analogico/digitale, produttore National Instruments, modello NI 9234, 51.2 kS/s for channel maximum sampling rate; ± 5 V input, 24-bit resolution; 102 dB dynamic range; anti-aliasing filters (Figura 2-25c);
- Modulo di temporizzazione, sincronizzazione e trasferimento dati tra moduli di acquisizione del segnale e computer via USB, produttore National Instruments, modello cDAQ-9171, Timing accuracy 50 ppm of sample rate, Timing resolution 12.5 ns (Figura 2-25d);
- Workstation DELL Precision 7540, con processore Intel Core i7-9859H, 16Gb di RAM per controllo software acquisizione e immagazzinamento dati (Figura 2-25e).

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 178 di 194



a) accelerometro PCB 393A03



b) Impulse Force Test Hammer PCB 393B31



c) scheda NI 9234



d) modulo cDAQ-9171



e) Workstation Dell Precision 7540

Figura 2-25 Principale strumentazione utilizzata.

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 179 di 194

2.10.2 Software per acquisizione dati accelerometrici e post-processing

Il software utilizzato per il monitoraggio della scaffalatura in oggetto e la successiva attività di elaborazione dei dati è il seguente:

- Acquisizione dati tramite Signal Express 2015, produttore National Instruments (Figura 2-26);
- Post-processing dati tramite software sviluppato presso l'Università di Camerino su piattaforma Matlab, produttore Mathworks.

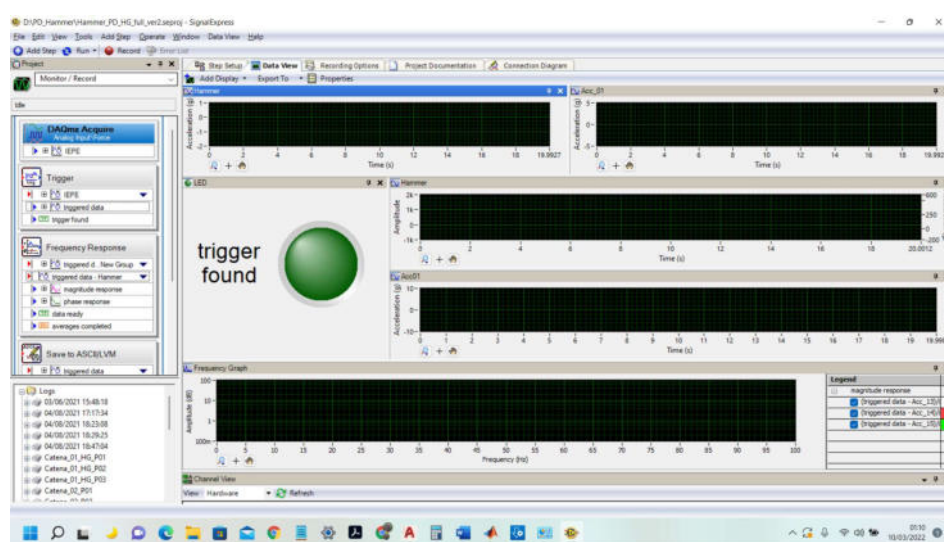


Figura 2-26 Schermata della fase di acquisizione dati tramite National Instruments Signal Express.

2.10.3 Procedura di prova ed analisi dei dati

Al fine di stimare correttamente le prime frequenze proprie in direzione trasversale delle catene si è operato secondo la presente procedura:

- Fissaggio di tre accelerometri alla catena in prova mediante apposita basetta magnetica;
- Misura delle vibrazioni libere e controllo del buon funzionamento della catena di misura;
- Eccitazione della catena mediante tre impulsi fomitati attraverso il martello dinamometrico e contemporanea misura della risposta;
- Analisi dei dati acquisiti per fornire la funzione di risposta in frequenza (FRF) mediando le risposte agli impulsi fomitati;
- Determinazione delle frequenze proprie applicando il metodo del peak-picking.

Per la stima delle frequenze proprie si è utilizzato lo stimatore H1 che è ritenuto essere il più adatto alla tipologia di segnali a disposizione.

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 180 di 194

Gli accelerometri, in numero di 3, sono stati disposti orientativamente ai quarti lungo la catena in modo da riuscire a identificare con ridondanza fino alla frequenza della terza forma modale (Figura 2-27). L'impulso è stato applicato in direzione orizzontale (lungo y) eccitando trasversalmente la catena ed in prossimità del punto di misura A2 (mezzeria). Per ogni catena sono stati applicati almeno 3 impulsi in modo da avere un maggiore controllo dei risultati. La durata di ogni acquisizione è stata di almeno $T=20$ s per garantire una buona risoluzione in frequenza ($\Delta f = 0.05$ Hz). La frequenza di campionamento del segnale del sistema di acquisizione è stata definita a 2048 sample/s.

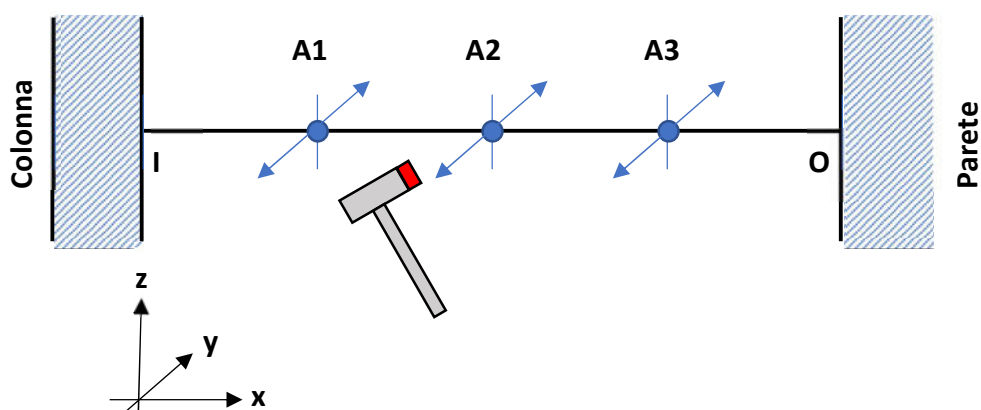


Figura 2-27 schema punti di misura

In Figura 2-28 si osserva la procedura di prova e le componenti che costituiscono il sistema di acquisizione mentre in Figura 2-29 viene indicata la numerazione delle catene sottoposte a prova,

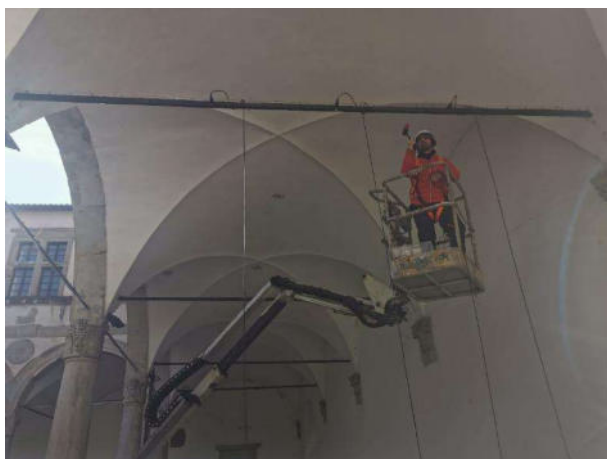


Figura 2-28 fase di esecuzione della prova e sistema di acquisizione

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 181 di 194

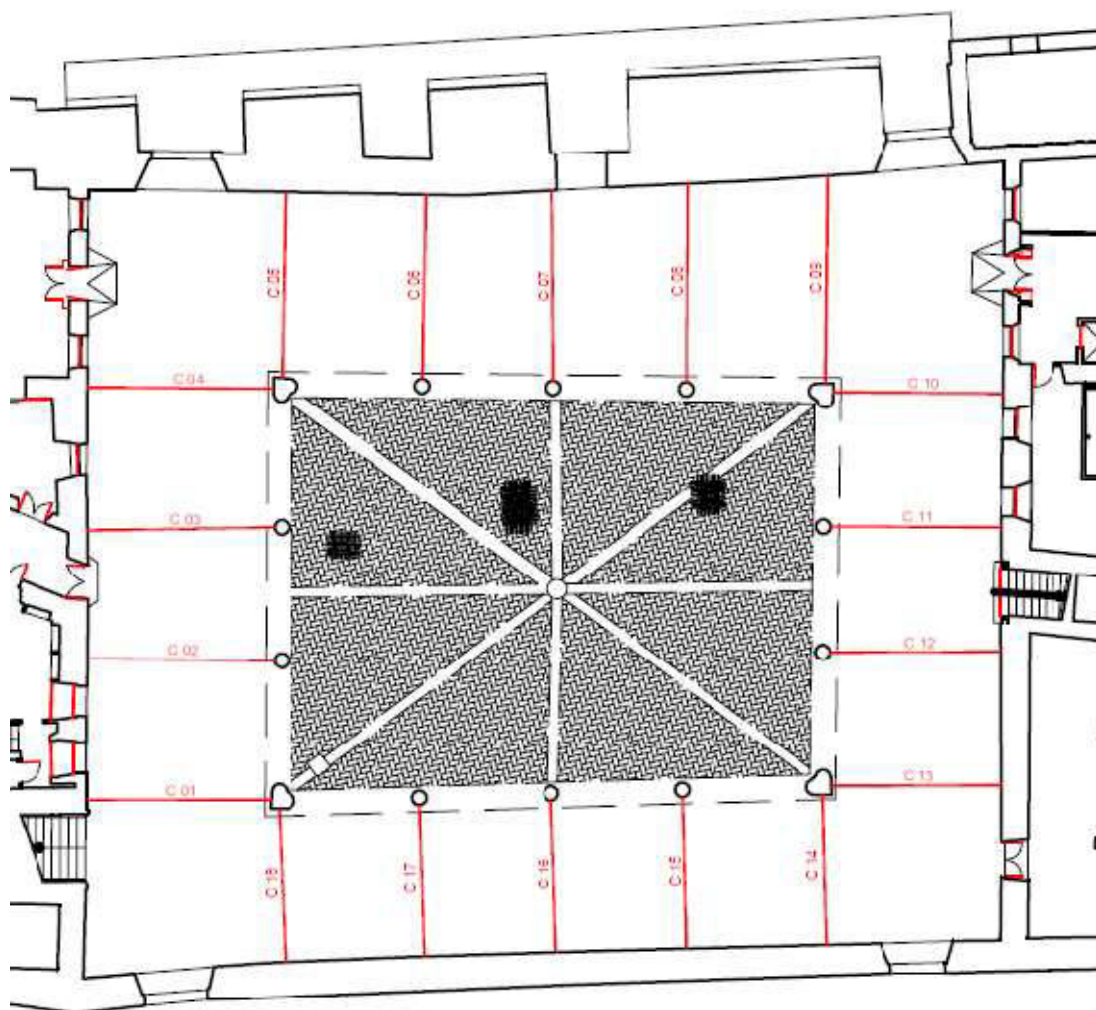


Figura 2-29 schema generale numerazione catene

Le catene identificate dall'etichetta C04 e C10 non sono state sottoposte a prova poiché avendo una sezione circolare non fornivano una solidale base di appoggio agli accelerometri necessaria per la giusta esecuzione della prova. Oltre a queste, non sono state sottoposte a prova le catene localizzate nella porzione del porticato che dà verso l'orto botanico, nello specifico dalla catena C05 alla C09, in quanto non ritenute rappresentative poiché le volte in quella zona sono tutte in camorcanna.

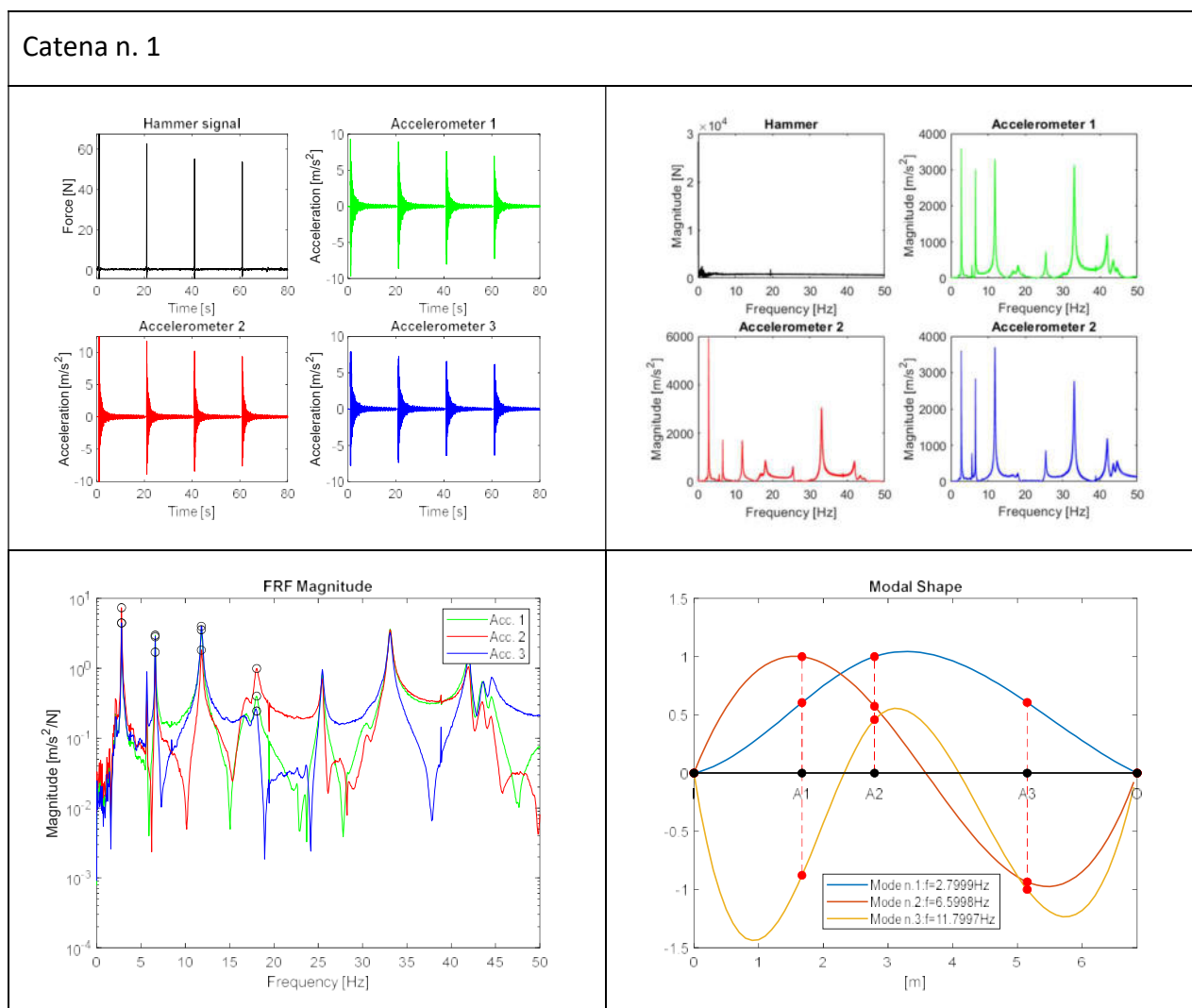
RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC)	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
	<i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	marzo 2022
		Pag. 182 di 194

2.10.4 Risultati sperimentali

Nel seguito vengono mostrati per ogni catena testata i risultati in termini di segnali registrati, analisi in frequenza, la Frequency Response Functions (FRF) e le forme modali dei primi tre modi.

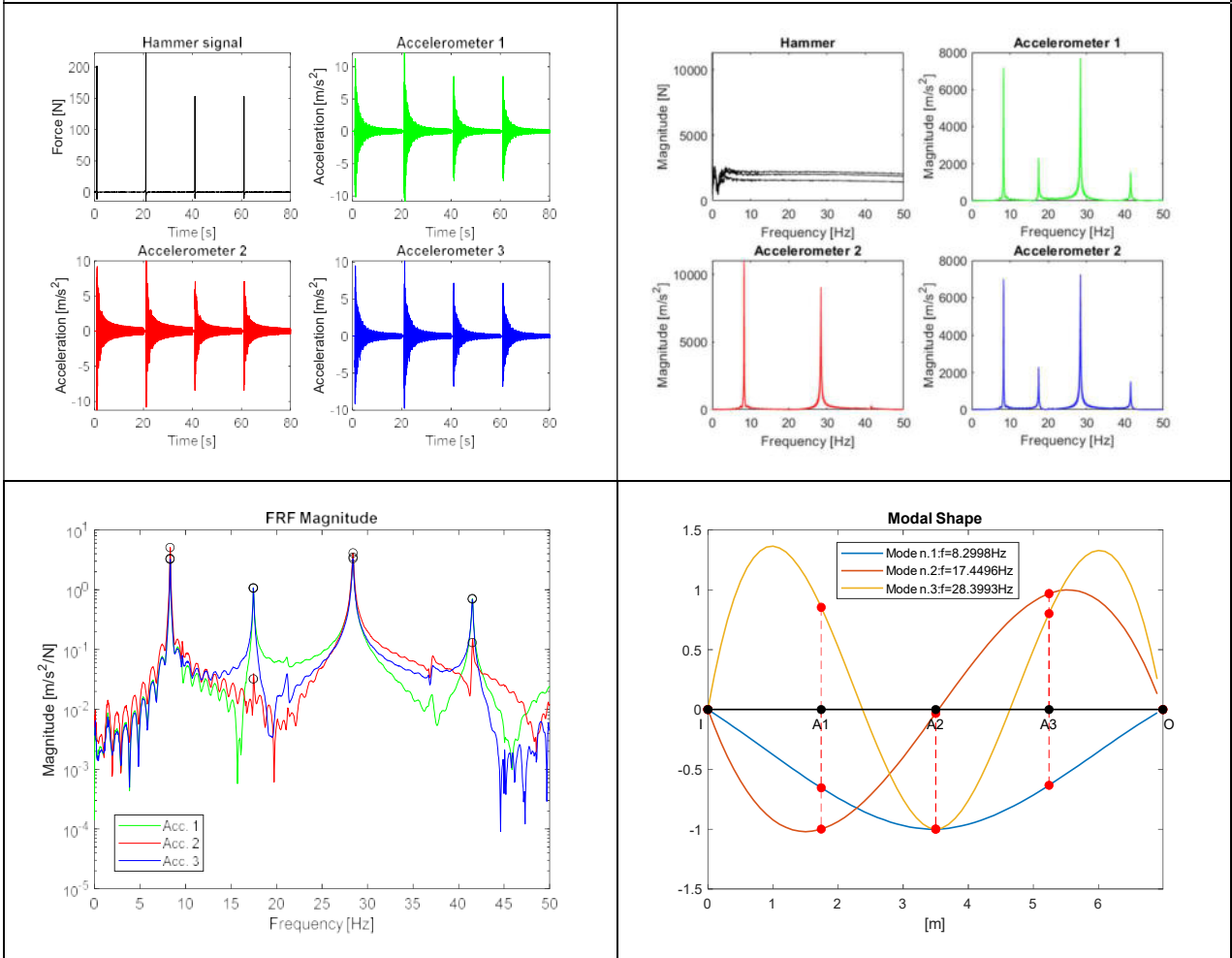
Nella Tabella 2-16 sono riportate le prime 4 frequenze proprie delle 13 catene sottoposte al test di vibrazione confrontate con le misure ottenute nelle indagini effettuate dalla Università di Parma nel 2012 (riportate tra parentesi in rosso).

La misura della sezione resistente delle catene a sezione rettangolare è da considerarsi una media di alcune misurazioni effettuate, in quanto tali catene sono antiche e battute presumibilmente a mano.



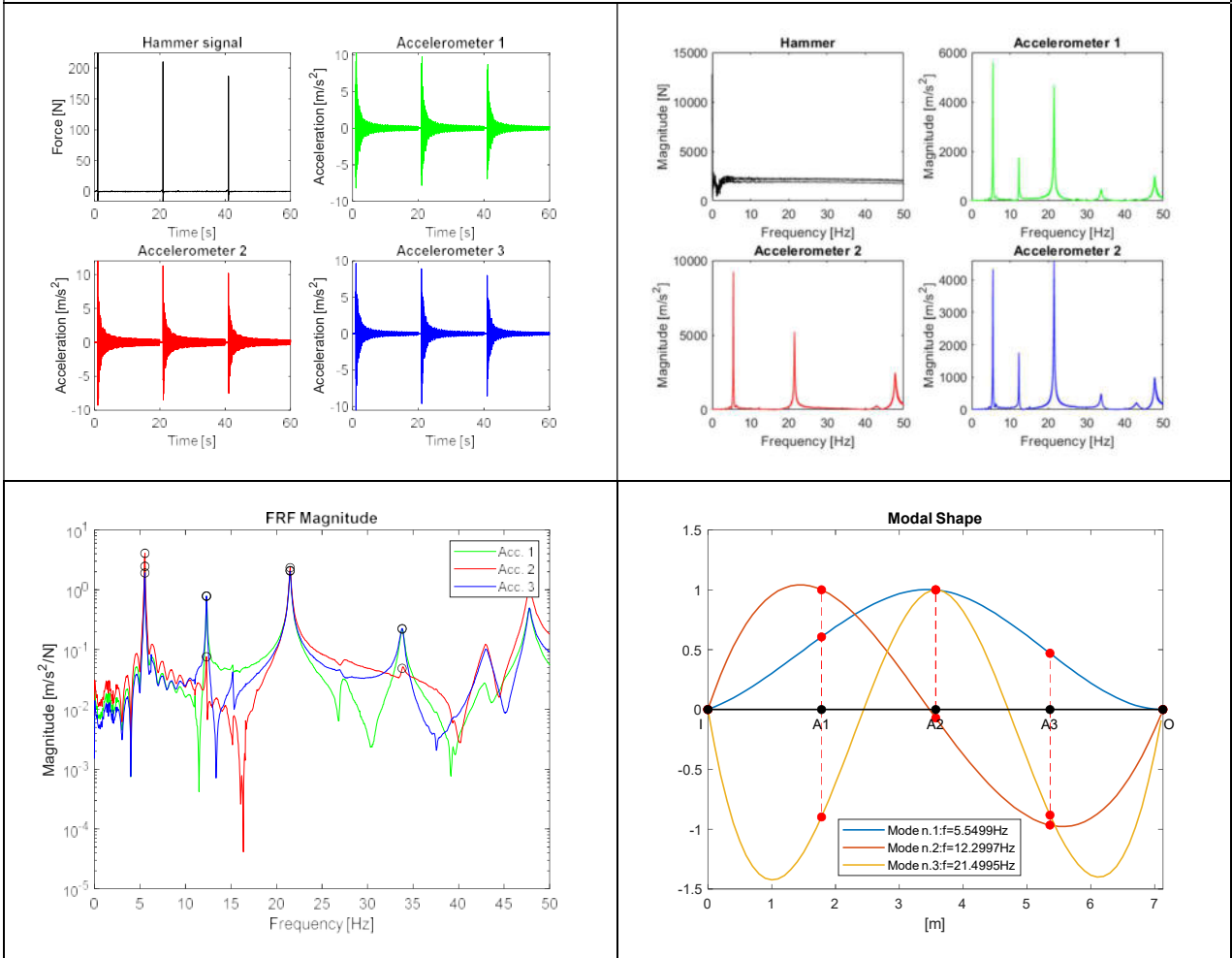
RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC)	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
	<i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	marzo 2022
		Pag. 183 di 194

Catena n. 2



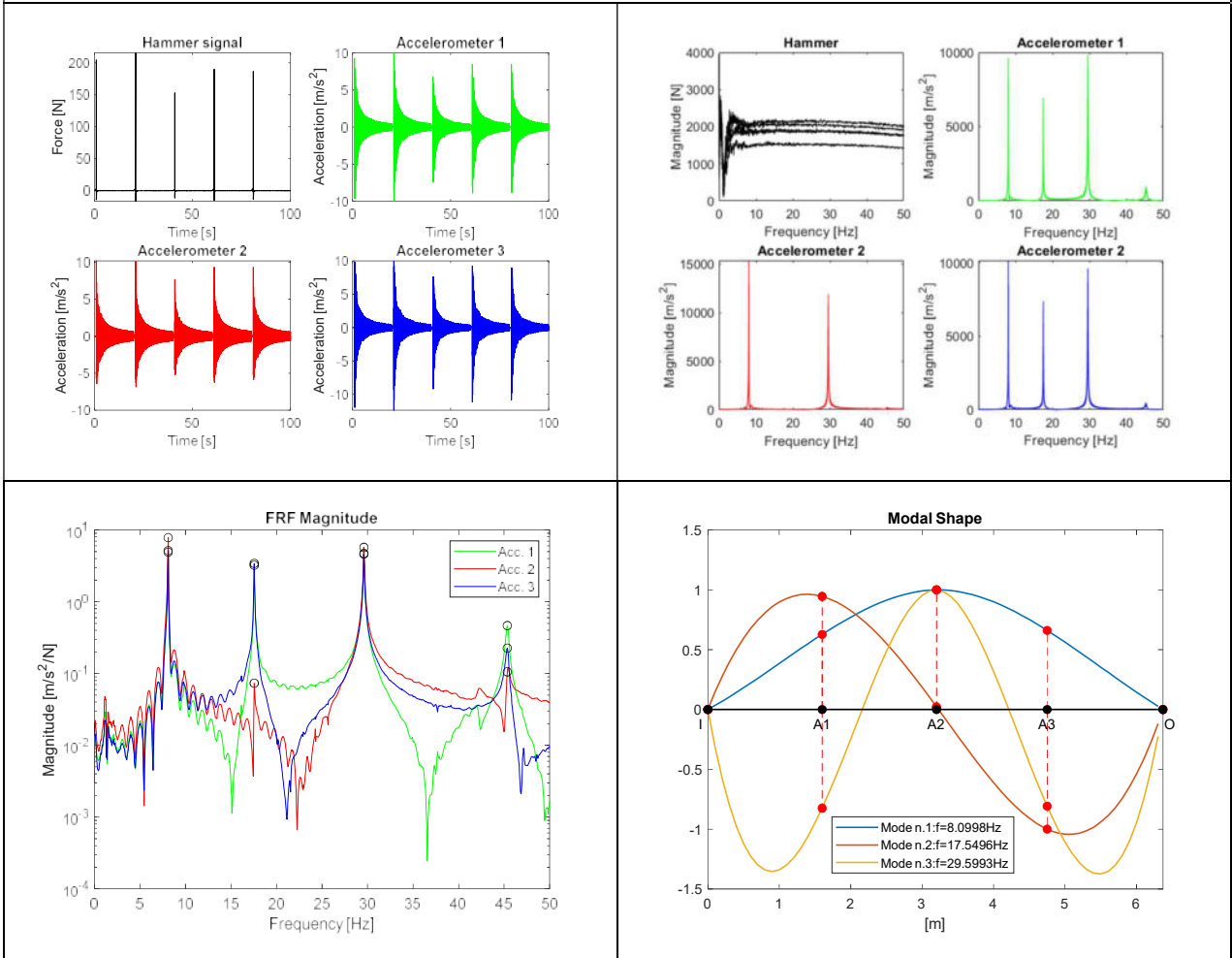
RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC)	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
	<i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	marzo 2022
		Pag. 184 di 194

Catena n. 3



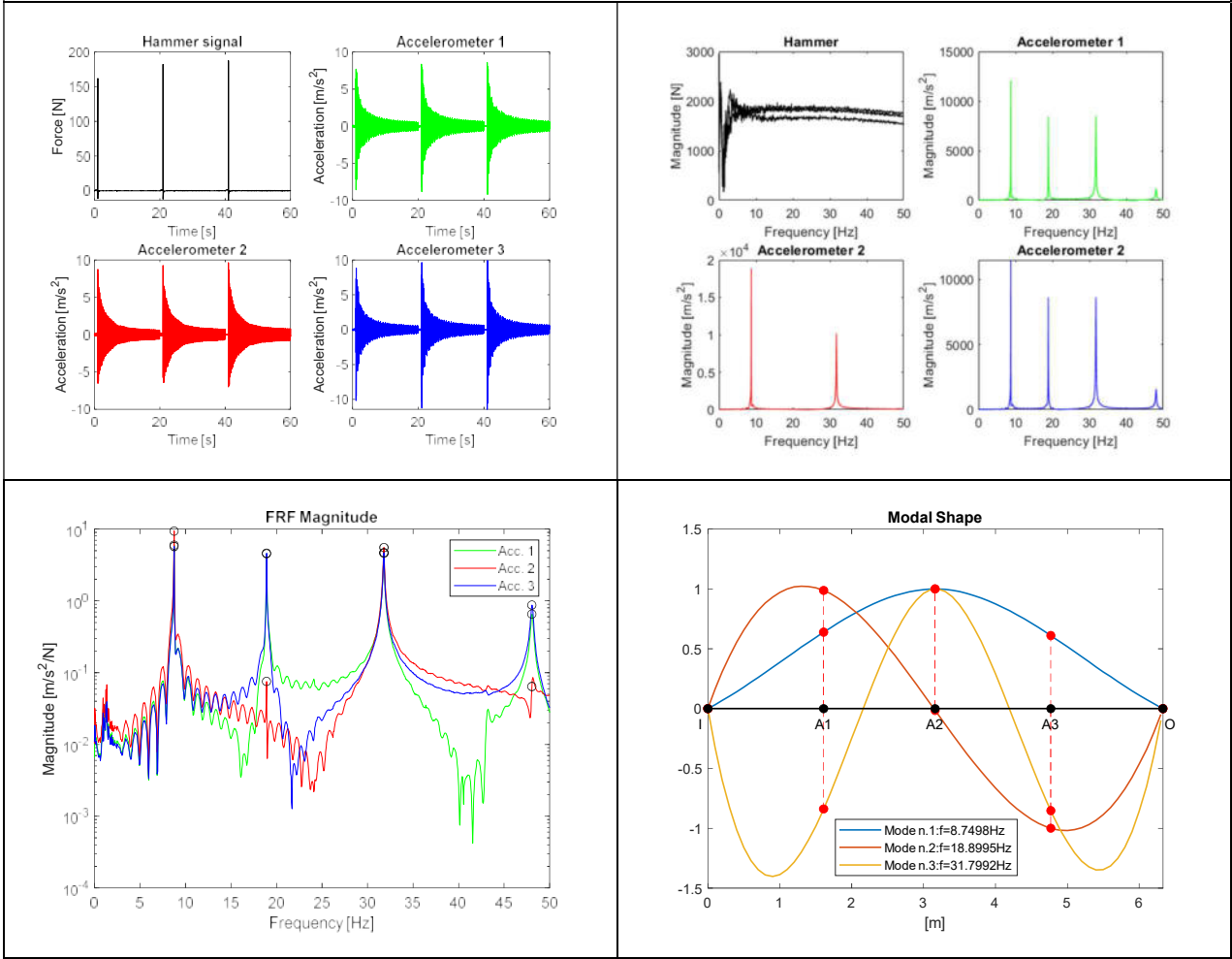
RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC)	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
	<i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	marzo 2022
		Pag. 185 di 194

Catena n. 11



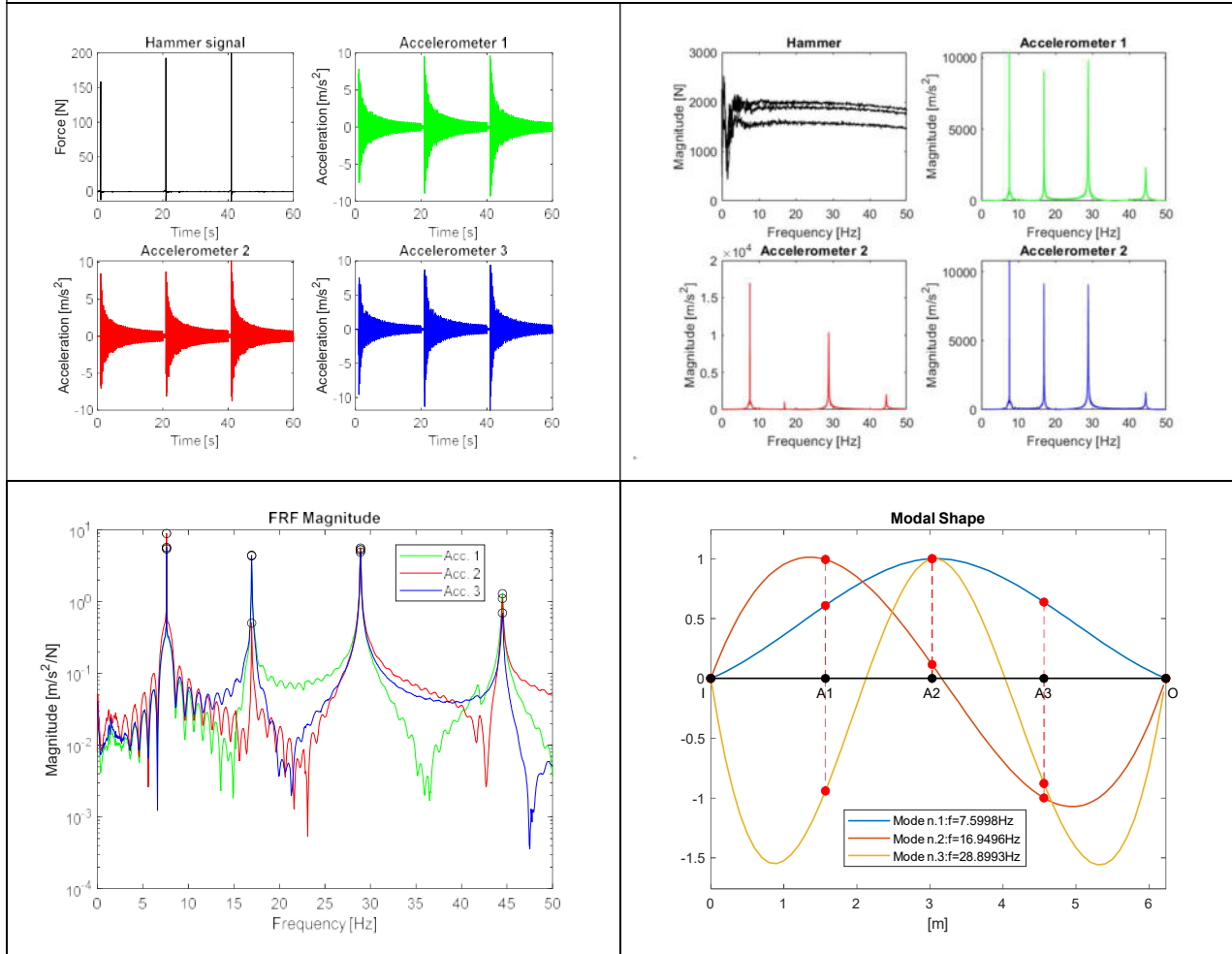
RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC)	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
	<i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	marzo 2022
		Pag. 186 di 194

Catena n. 12



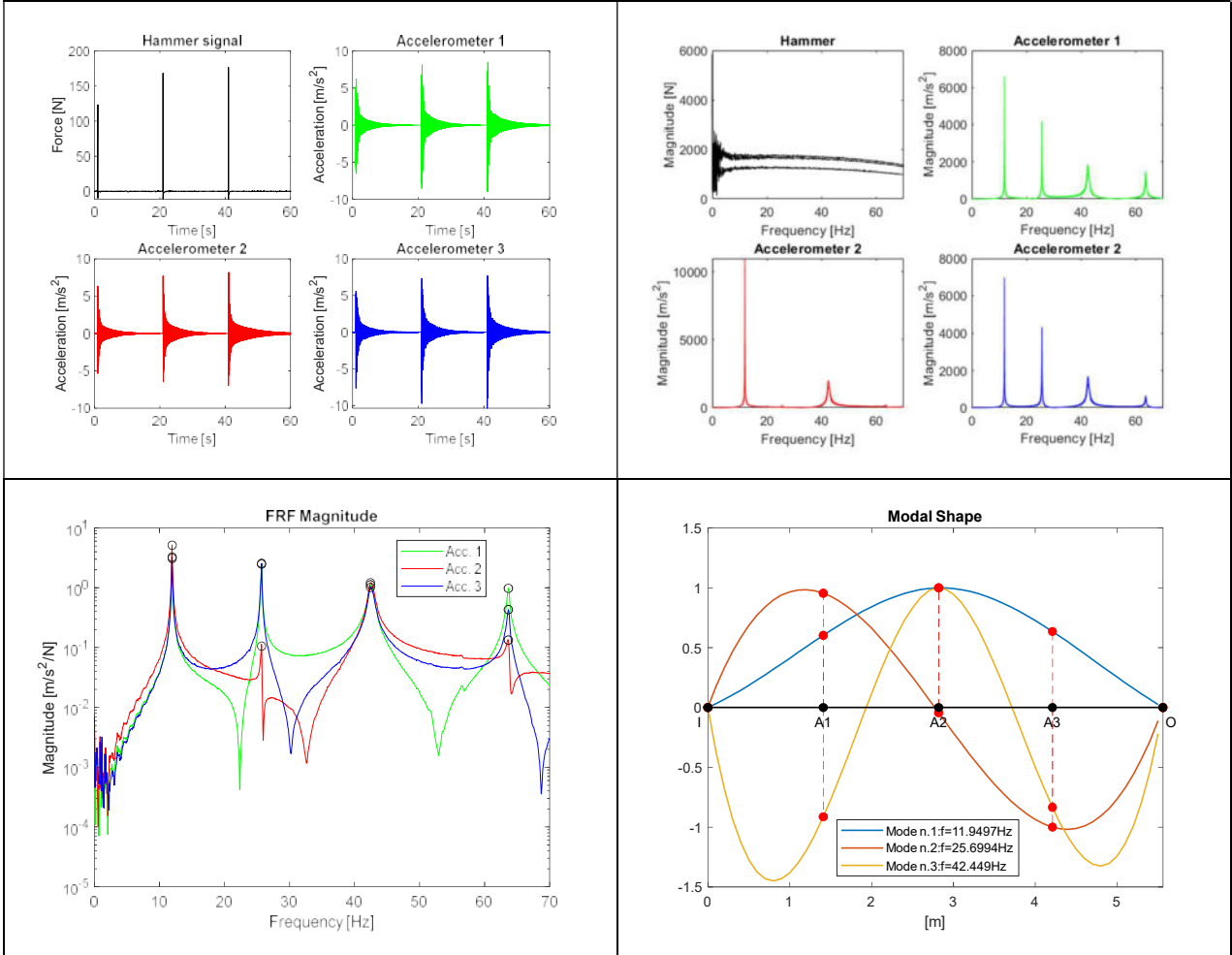
RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC)	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLLE STRUTTURE
	<i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	marzo 2022
		Pag. 187 di 194

Catena n. 13



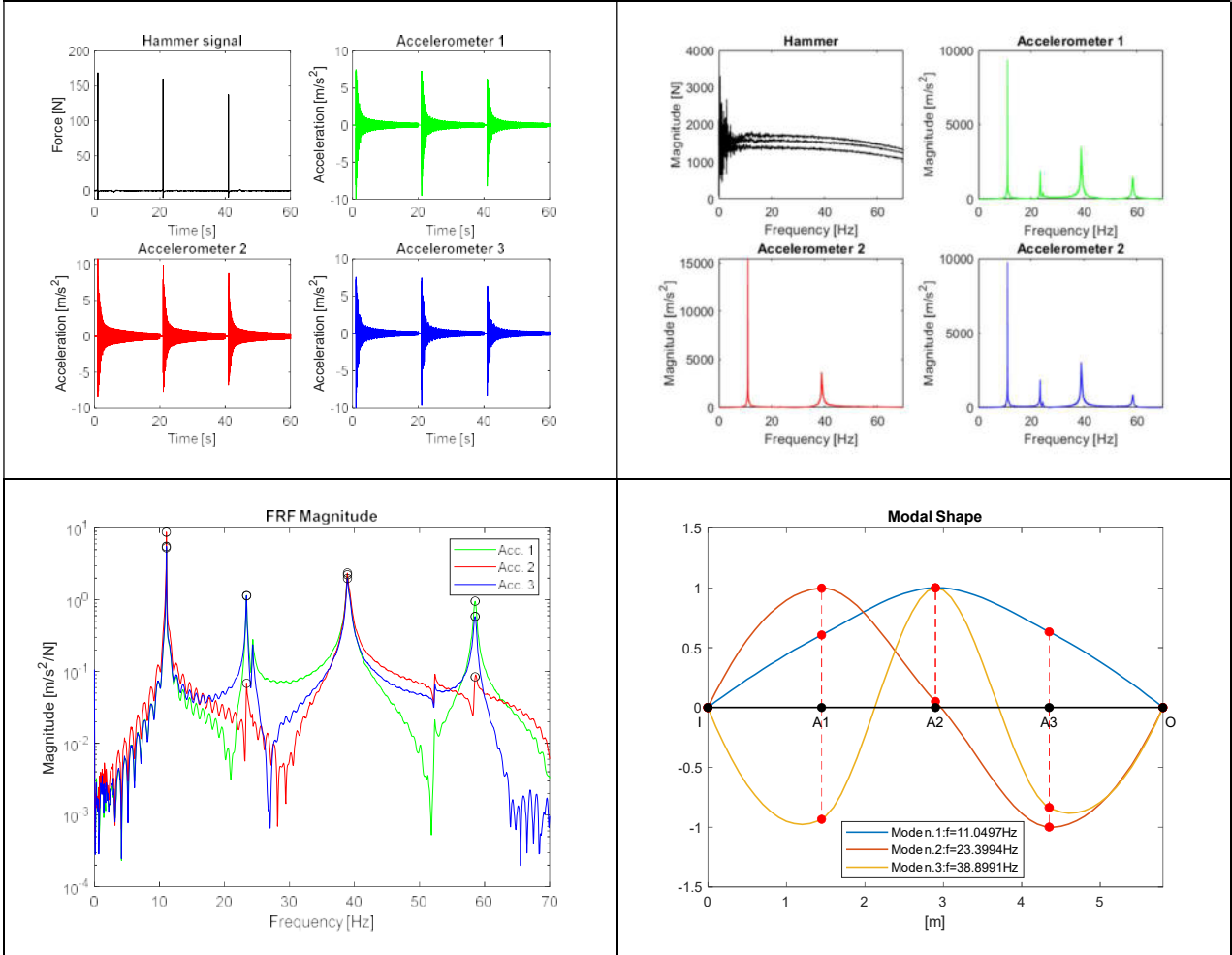
RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC)	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
	<i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	marzo 2022
		Pag. 188 di 194

Catena n. 14



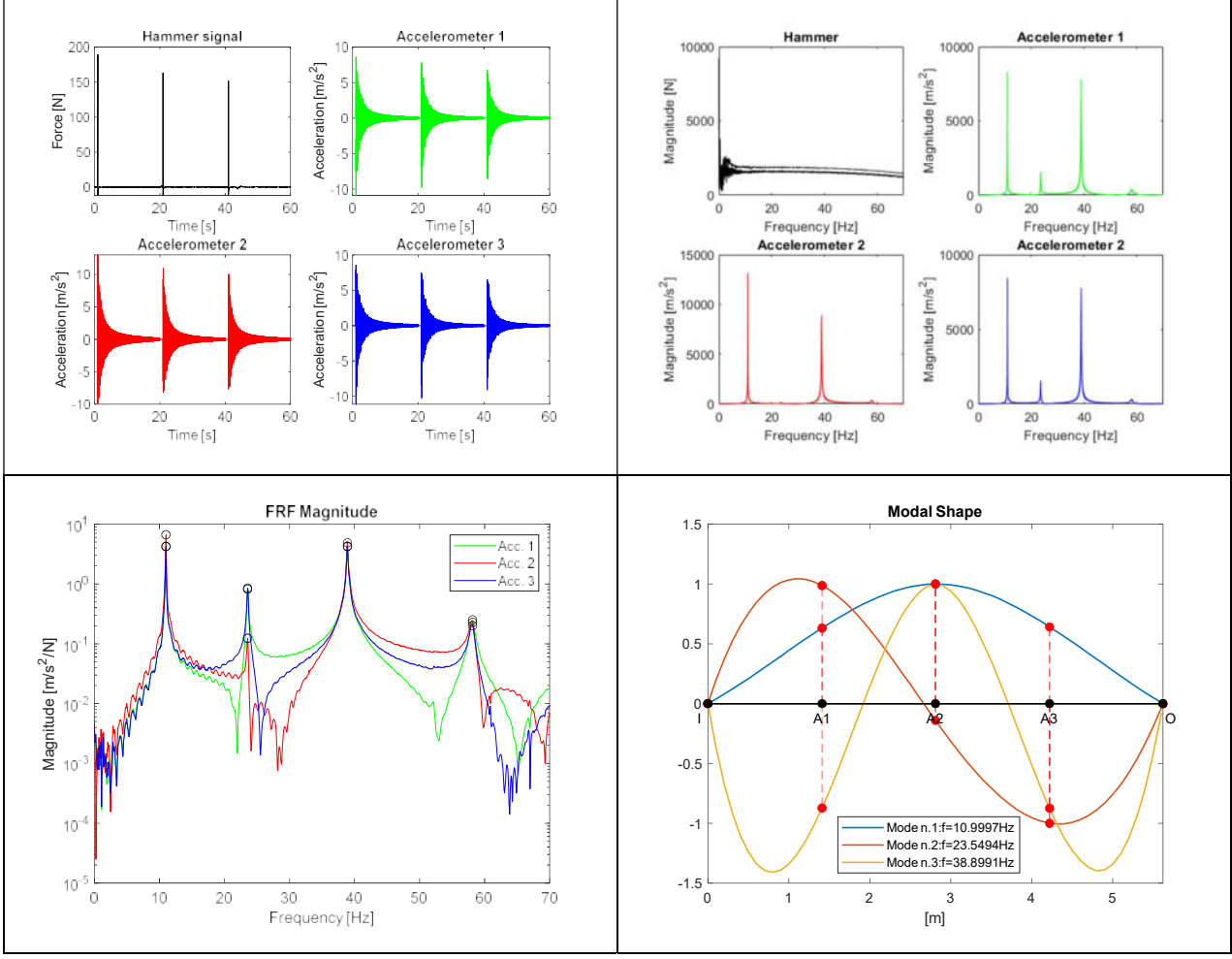
RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC)	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
	<i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	marzo 2022
		Pag. 189 di 194

Catena n. 15



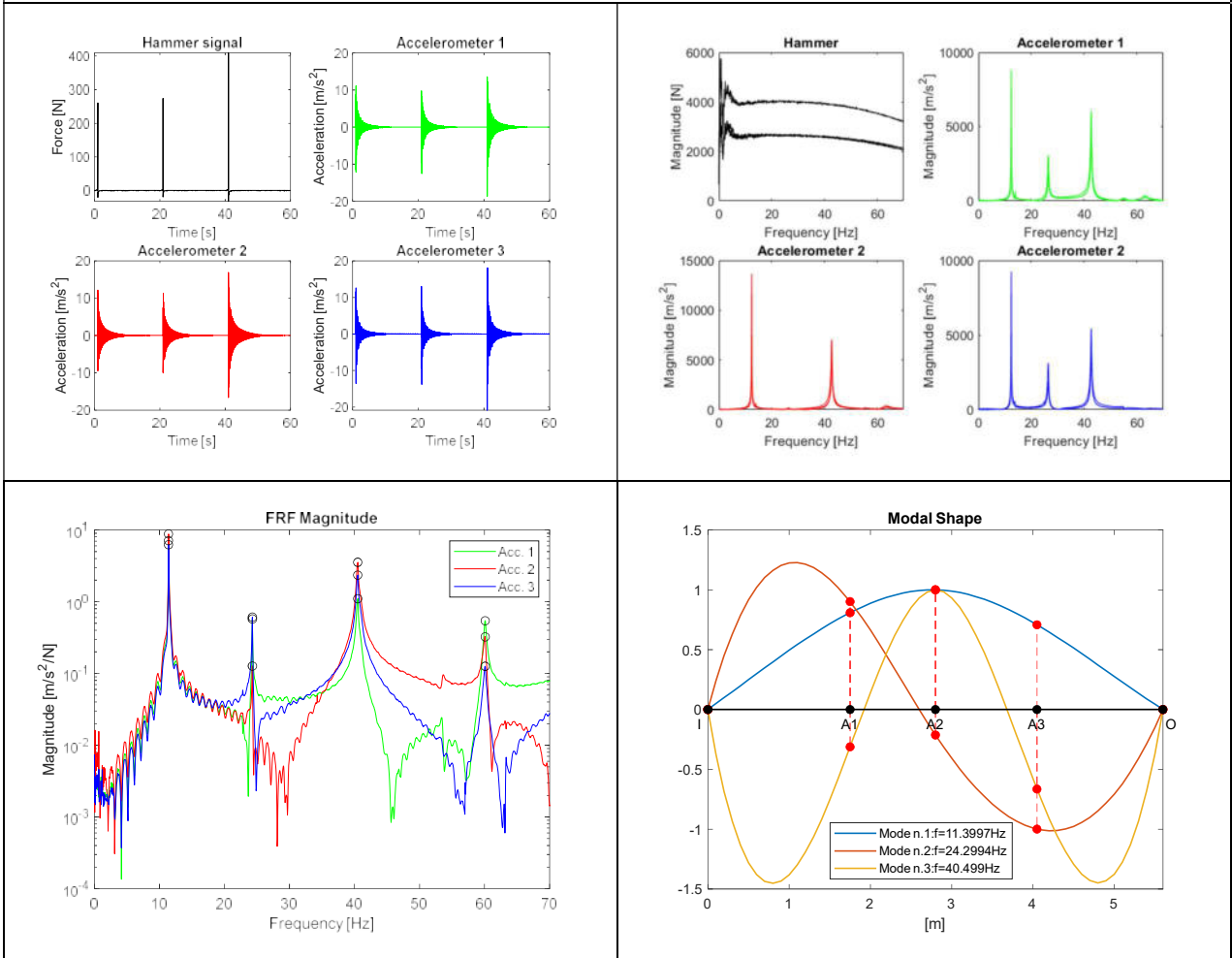
RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC)	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
	<i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	marzo 2022
		Pag. 190 di 194

Catena n. 16



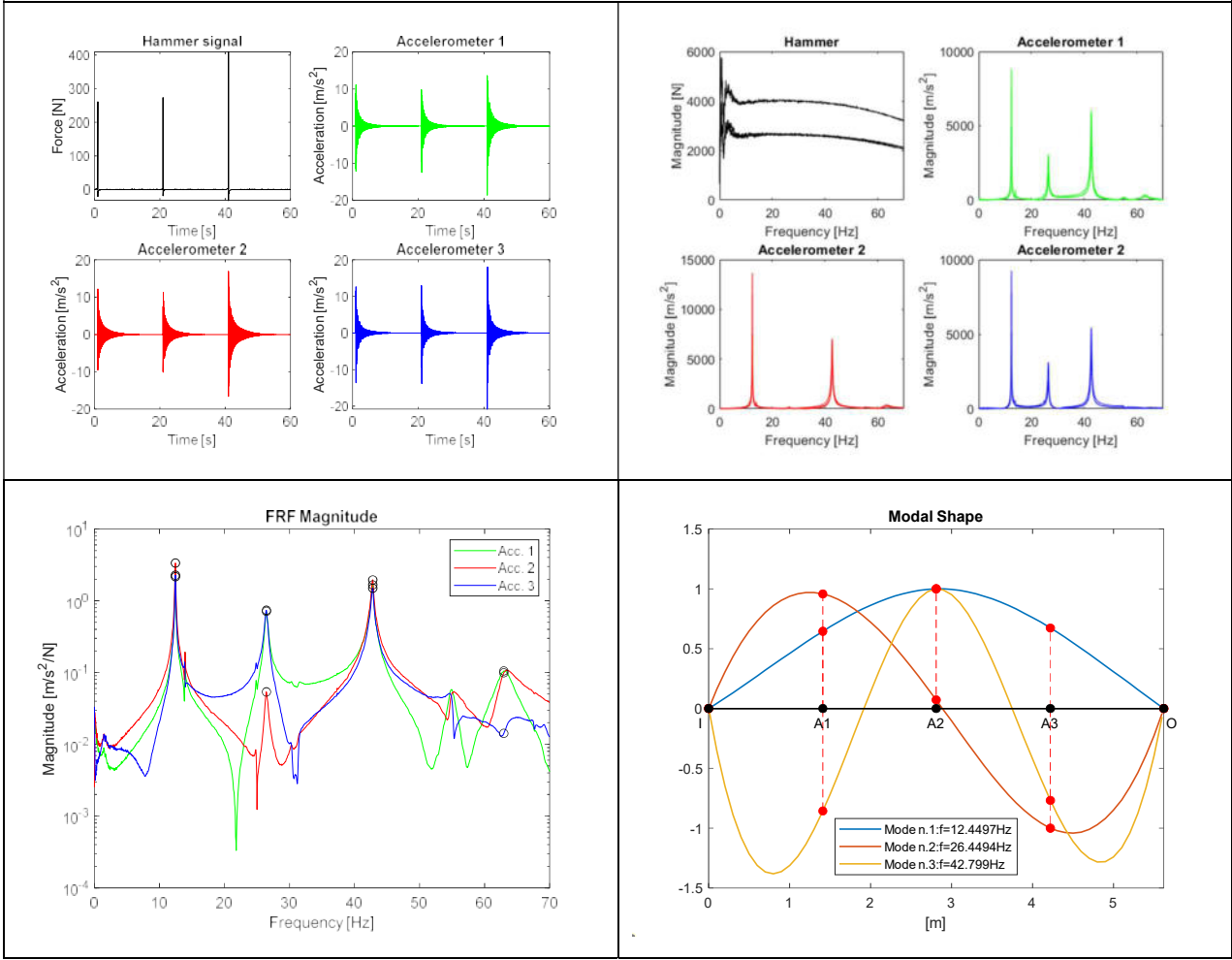
RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC)	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
	<i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	marzo 2022
		Pag. 191 di 194

Catena n. 17



RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC)	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
	<i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	marzo 2022
		Pag. 192 di 194

Catena n. 18



RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 193 di 194

Tabella 2-16 – prime quattro frequenze proprie delle n.13 catene analizzate

Catena	Sezione [mm ²]	Note	Frequenze proprie [Hz] – nuove (vecchie)			
			Prima	Seconda	Terza	Quarta
1	35x25	Tenditore	2.80 (5.30)	6.60 (11.10)	11.80 (17.10)	18.05 (24.90)
2	54x32		8.30 (8.30)	17.44 (17.50)	28.39 (28.50)	41.50 (41.50)
3	56x33	Asola	5.55 (5.00)	12.30 (11.60)	21.49 (20.80)	33.79 (32.90)
4	Tondo ϕ 32	Tenditore	NV (7.90)	NV (16.70)	NV (26.40)	NV (40.30)
10	Tondo ϕ 32	Tenditore	NV (5.40)	NV (13.00)	NV (22.70)	NV (36.50)
11	55x35		8.10 (7.80)	17.55 (17.00)	29.59 (28.90)	45.35 (44.30)
12	54x35		8.75 (9.10)	18.90 (19.50)	31.80 (32.80)	48.04 (49.00)
13	57x35		7.60 (6.80)	16.95 (15.70)	28.90 (27.40)	44.45 (42.50)
14	56x35		11.95 (11.70)	25.65 (25.30)	42.45 (41.90)	63.64 (62.00)
15	55x35		11.04 (11.10)	23.40 (23.80)	38.90 (39.10)	58.55 (58.20)
16	56x35		11.00 (11.20)	23.54 (24.10)	38.90 (39.80)	58.10 (58.60)
17	55x33		11.40 (11.20)	24.30 (23.80)	40.50 (39.60)	60.09 (59.40)
18	59x33		12.45 (12.20)	26.45 (25.40)	42.75 (43.00)	62.80 (64.10)

2.10.5 Valutazione del tiro sulle catene

Il calcolo dei tiri delle catene è effettuato a partire dai valori delle frequenze misurate utilizzando la teoria della trave tesa. In questo caso la forza di trazione dipende dalla massa distribuita M , dalla lunghezza L , dalla rigidezza flessionale EJ . Per ogni frequenza k misurata si può calcolare una forza di trazione secondo la seguente formula

$$F = \frac{ML^2(2f_k)^2}{k^2} - \frac{EJ}{L^2}(k\pi)^2 \quad (9)$$

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 194 di 194

Con le k frequenze si può quindi calcolare un tiro medio ed un coefficiente di variazione CV tra i diversi valori. Il modello fornisce dei valori affidabili nel caso in cui la variazione tra i tiri calcolati con le differenti frequenze sono molto simili, come ben visibile nel caso delle misurazioni effettuate (sia per le vecchie che per le nuove). Dai confronti tra le misurazioni nel tempo si osserva un andamento non univoco delle variazioni, ma all'interno di un range abbastanza ristretto -8% +25%.

Tabella 2-17 – confronto valore tiri sulle catene

CATENA	B/D	H	A	J	M	L	Tiri (nuovi)		Tiri (vecchi)		Var tiro
							Fmedio	CV	Fmedio	CV	
	[mm]	[mm]	[mm ²]	[mm ⁴]	kg/m	[m]	[kN]	[%]	[kN]	[%]	[%]
1	35	25	875	4.56E+04	6.88	6.85	3	-	27	24%	
2	54	32	1728	1.47E+05	13.58	6.99	180	2%	181	2%	0%
3	56	33	1848	1.68E+05	14.53	7.13	90	8%	77	11%	16%
4	32	0	804	5.15E+04	6.32	6.62	-	-	68	5%	-
10	32	0	804	5.15E+04	6.32	7.17	-	-	53	27%	-
11	55	35	1925	1.97E+05	15.13	6.37	151	2%	139	1%	9%
12	54	35	1890	1.93E+05	14.86	6.33	177	3%	192	3%	-8%
13	57	35	1995	2.04E+05	15.68	6.23	129	1%	104	2%	25%
14	56	35	1960	2.00E+05	15.41	5.56	262	1%	248	1%	5%
15	55	35	1925	1.97E+05	15.13	5.8	236	2%	238	1%	-1%
16	56	35	1960	2.00E+05	15.41	5.76	233	1%	244	1%	-5%
17	55	33	1815	1.65E+05	14.27	5.6	225	2%	214	2%	5%
18	59	33	1947	1.77E+05	15.30	5.62	290	1%	286	6%	1%

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 195 di 195

ALLEGATO A

Relazione della campagna di indagine con metodo radiografico

EVOLVEA

Your Partner in Business

Gruppo **Filippetti**



Engineering

Titolo: Digital X-Ray Inspection

Autore: Giulia Pigliapoco

Status: Draft

EVOLVEA

Your Partner in Business

RELAZIONE DELLA CAMPAGNA DI INDAGINE CON METODO RADIOGRAFICO

Camerino – Colonne del palazzo Ducale

Committente:

Unicam

Data relazione:

04/ 08/ 2021

Revisione

Rev. 0



Sommario

Sommario.....	2
1. Introduzione.....	3
2. Metodo Radiografico	4
2.1 Messa in opera della strumentazione	7
3. Analisi.....	8
3.1 Colonna 1.....	9
3.2 Colonna 2.....	10
3.3 Colonna 3.....	11
3.4 Colonna 5.....	13
4. Conclusioni	14



1. Introduzione

Il presente elaborato, redatto su incarico dell'Università di Camerino, espone le risultanze della campagna di indagine radiografica avente come oggetto l'analisi della composizione interna delle colonne del cortile di Palazzo Ducale, sito a Camerino in Piazza Cavour.



Fig. 1 – Colonne oggetto d'indagine



2. Metodo Radiografico

L'indagine radiografica è una tecnica diagnostica non distruttiva che permette di ottenere immagini bidimensionali delle porzioni di strutture indagate.

Il principio di funzionamento si basa sull'interazione di radiazioni ionizzanti con un corpo posto tra una sorgente emettente ed un ricevitore.

Per radiazione si intende il trasporto di energia:

- sotto forma di quanti o fotoni associato alla propagazione di un'onda elettromagnetica (raggi x e raggi gamma);
- cinetica associata alla velocità elevatissima di particelle cariche aventi massa non nulla come raggi alfa, raggi beta (elettroni e positroni), protoni, neutroni, ioni.

TIPO	NATURA	POTERE DI PENETRAZIONE	ORIGINE
Raggi x	Elettromagnetica	+++	Tubi radiogeni
Raggi gamma	Elettromagnetica	+++	Nuclei di radioisotopi
Raggi alfa	Corpuscolare	+	Nuclei di radioisotopi
Raggi beta	Corpuscolare	++	Atomi di radioisotopi
Neutroni	Corpuscolare	++++	Impianti nucleari

Tab. 1 – Schema delle radiazioni ionizzanti

Nel loro percorso, le radiazioni possono essere assorbite dal corpo interposto, diffuse o trasmesse al ricevitore.

Quando le radiazioni passano attraverso l'oggetto da esaminare, queste vengono assorbite con legge esponenziale in funzione dello spessore e della densità della materia attraversata.

Le radiazioni passanti e variamente attenuate raggiungono il ricevitore posto dietro l'oggetto da esaminare; parte dell'energia passante viene acquisita dal ricevitore e ciò si traduce in un'immagine radiografica, ovvero in un'immagine fedele del corpo ma "in negativo".

Se nell'oggetto esaminato esistono difetti quali cavità, fessure, grosse inclusioni o discontinuità più dense come nel caso di ferri di armatura o di ferri di pre o post compressione, allora sul ricevitore si formeranno macchie più scure o più chiare con intensità proporzionale allo spessore del difetto.

La fattibilità dell'indagine radiografica dipende soprattutto dalle caratteristiche del corpo indagato che influenzano l'attenuazione dell'energia trasportata dalla radiazione.

I parametri significativi per l'indagine sono:

- La capacità penetrante della radiazione;
- Lo spessore dell'elemento da indagare;
- Il materiale costituente il corpo, ovvero il coefficiente empirico " μ " (coefficiente di attenuazione lineare) ottenibile in laboratorio.

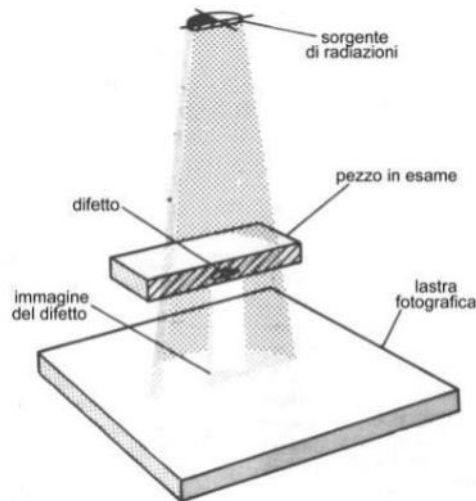


Fig.2 – Schema esemplificativo dell'acquisizione radiografica

Inoltre, per una corretta esecuzione dell'esame radiografico, in termini di qualità dell'immagine, risultano di basilare importanza altri parametri quali:

- Il tempo di esposizione,
- Le distanze relative del corpo rispettivamente con la sorgente e il ricevitore.

In questa sede si è scelto di usare come sorgente un tubo radiogeno in grado di emettere raggi X; per generare un fascio di raggi X occorre una sorgente di elettroni, costituita da un filamento di tungsteno in cui scorre una corrente con intensità a basso amperaggio, che imponga tra anodo e catodo un'elevata differenza di potenziale in grado di accelerare gli elettroni stessi contro un bersaglio. La tensione (kV) applicata al tubo e l'intensità di corrente passante nel filamento in tungsteno (mA) sono parametri regolabili dagli operatori entro il valore massimo erogabile dalla macchina radiogena.

La campagna di indagini è stata effettuata utilizzando come sorgente un tubo radiografico portatile, al massimo delle sue prestazioni, e l'emissione di raggi X è stata controllata a distanza per mezzo di un'unità di controllo; per l'acquisizione del dato è stato usato un pannello ricevitore, connesso in remoto ad un tablet che permette la visualizzazione e il salvataggio delle immagini radiografiche in formato digitale.

Le caratteristiche delle sorgenti sono di seguito riassunte.



Energia di picco della radiazione	7.5MeV
Range di energia emessa	Da 2.0 a 7.5MeV
Dose uscente a 1m	> 5 R/minuto
Peso sorgente	109 kg
Dimensione sorgente	60 x 40 x 23 cm
Spessori analizzati	Fino a 90 cm

Fig. 3 – Immagine e specifiche dei tubi radiogeni usati durante l'acquisizione

Il sistema di ricezione ed acquisizione dati usato si compone di due strumenti principali:

- Pannello ricevitore da 22"
- Tablet 4K su cui è installato il software in grado di acquisire le immagini radiografiche in tempo reale, rielaborarle e storicizzarle.



2.1 Messa in opera della strumentazione

L'indagine tramite radiografia digitale viene eseguita con l'ausilio di tre diverse strutture motorizzate e controllate da remoto necessarie a raggiungere agilmente la parte di struttura in esame. Su tale struttura viene posizionata la sorgente di raggi x, il pannello di acquisizione e tutta la strumentazione necessaria.

Si posiziona la sorgente da una parte della colonna e il pannello dall'altra, come mostrato in figura, e si procede all'esecuzione dello shot radiografico dopo essersi accertati che tutti gli operatori siano all'interno del perimetro di sicurezza.



Fig. 4 – Modalità di esecuzione della prova radiografica

Il pannello ricevitore viene perciò impressionato dai raggi e trasmette in tempo reale l'immagine al tablet; la strumentazione è in grado di funzionare sia mediante cablaggio sia in modalità wireless, questo permette di poter analizzare l'immagine, appena prodotta, da remoto all'interno dell'ufficio mobile posto a distanza di sicurezza.

L'immagine viene perciò immediatamente valutata dagli operatori e, in caso di esito positivo, storicizzata.

L'esecuzione dello shot richiede in generale pochissimi secondi; nell'ispezione in oggetto sono stati impiegati tempi di esposizione pari a 5 secondi per spessori di 20cm e 15 secondi per spessori di 40cm. Qualora l'immagine prodotta non rispetti gli standard qualitativi prefissi l'immagine viene immediatamente rifatta.

L'inizio dell'attività è subordinato all'apertura del cantiere radiografico, ottenibile solo in seguito alla presentazione della relazione tecnica di radioprotezione, redatta e firmata da un esperto qualificato, che tiene conto della potenza e del tipo di radiazione emessa dalle sorgenti, dell'orografia del terreno e dell'antropizzazione del territorio.

Oltre alla verifica preliminare di fattibilità, eseguita in fase di apertura del cantiere radiografico, per l'intera durata dell'attività i tecnici radiologi, mediante dispositivi geiger, eseguono un monitoraggio continuo dei livelli di radiazione emessa nell'ambiente al fine di garantire la sicurezza degli operatori coinvolti e dell'ambiente circostante.

3. Analisi

Le colonne interessate dall'analisi radiografica sono la 1, 2, 3 e 5 secondo lo schema riportato di seguito. L'obiettivo è stato quello di indagare la composizione interna delle colonne e verificare lo stato di conservazione in riferimento agli interventi di manutenzione precedentemente effettuati.

Si precisa che la ricostruzione delle immagini radiografiche è di tipo qualitativo; eventuali incongruenze tra le immagini dipendono dalla proiezione radiografica dovuta alle modalità di esecuzione dell'esame.

Ogni immagine viene analizzata singolarmente e consente di valutare composizione, qualità del materiale e degrado degli elementi interni; la ricostruzione consente di mettere insieme i risultati ottenuti da ciascuna immagine ottenendo una valutazione qualitativa globale dell'oggetto nella sua interezza.

Nel mostrare le risultanze della campagna dimostrativa occorre prima di tutto procedere alla presentazione del sistema di riferimento utilizzato per l'ispezione.

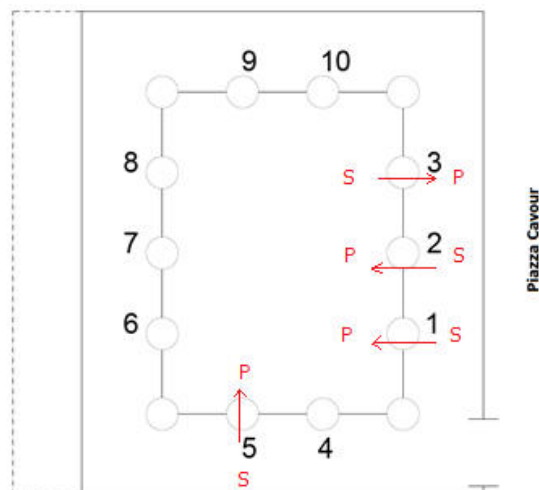


Fig. 5 – Numerazione delle colonne

In figura è riportato anche il verso di emissione dei raggi e la posizione di sorgente e pannello.

Le immagini radiografiche vengono riportate di seguito sovrapposte alla sezione delle colonne; viene riportato anche il codice di ciascuna immagine così che per ognuna sia possibile consultare l'ingrandimento nella cartella allegata alla presente relazione.



3.1 Colonna 1



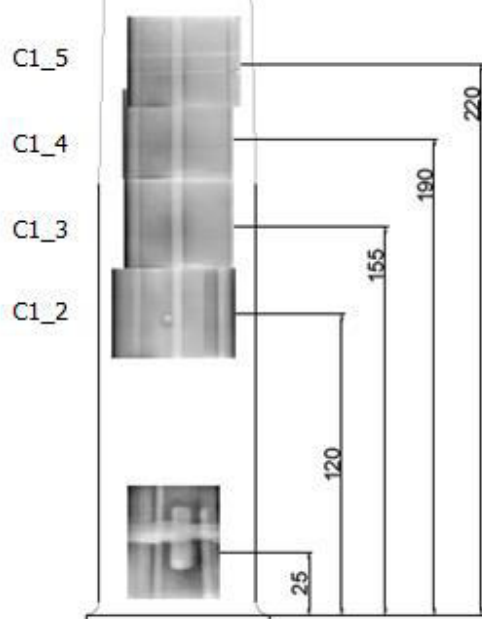
Nella porzione di colonna esaminata non si riscontrano anomalie: il materiale di composizione della colonna risulta essere compatto e uniforme e i ferri ben delineati.

Questo fa pensare ad un buono stato di conservazione.

Alla base della colonna si vede una piastra, probabilmente in piombo, e un perno centrale alla colonna.

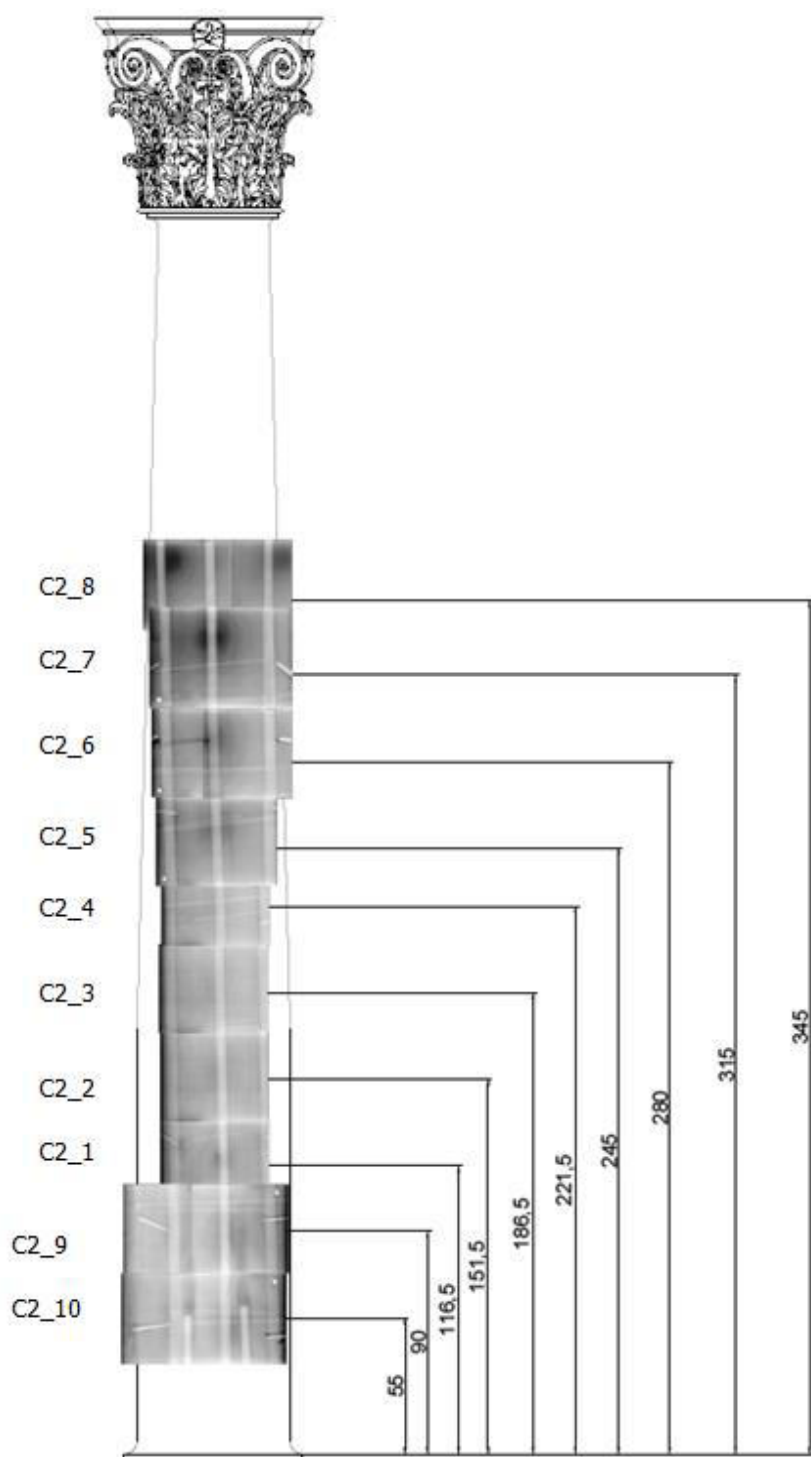
Si individuano 3 ferri su tutta la lunghezza della colonna e un numero maggiore in corrispondenza della piastra sul basamento.

La figura di seguito, una vista dall'alto della piastra, mostra la non omogeneità della stessa:





3.2 Colonna 2



Nella porzione di colonna esaminata il materiale di composizione risulta essere compatto e uniforme e i ferri ben delineati.

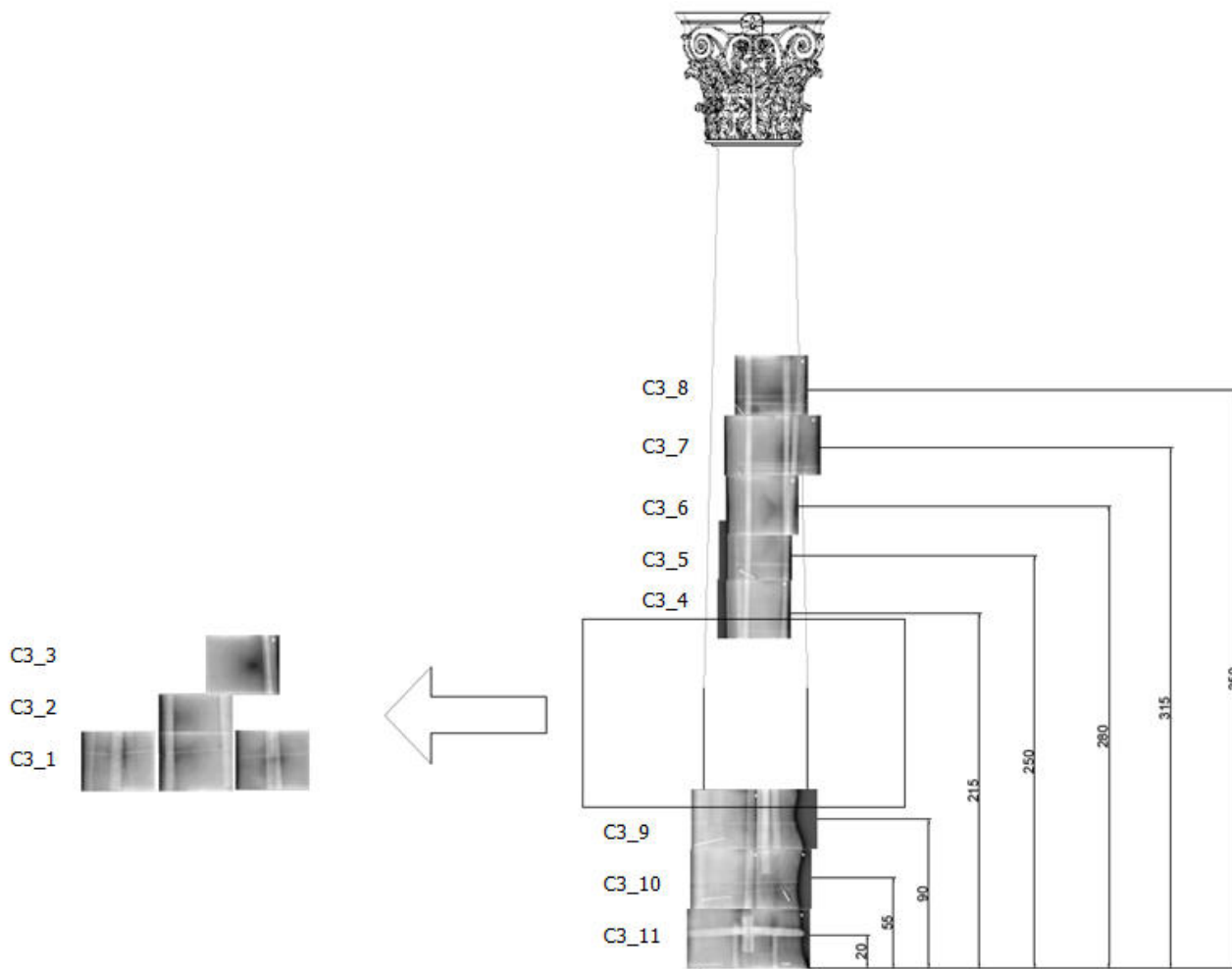
Tuttavia si notano in quasi tutte le immagini delle piccole cricche interne longitudinali e un foro trasversale visibile nell'immagine C2_6.

Si individuano 3 ferri su tutta la lunghezza della colonna e 6 nella parte bassa (non ben delineati a causa della proiezione radiografica).

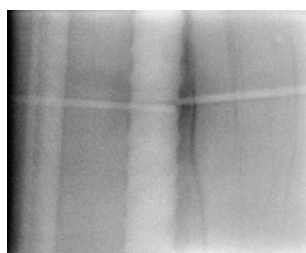
In alcune immagini sono visibili i ferri trasversali inseriti nella colonna; l'inclinazione è dovuta alla proiezione radiografica.



3.3 Colonna 3



Il materiale di composizione della colonna risulta essere compatto e uniforme e i ferri ben delineati. Solo nell'immagine C3_1 LATERALE, riportata di seguito, si può notare una fessurazione longitudinale interna di piccolo spessore.





Nella parte bassa della colonna è presente una parte con colorazione più scura dovuta ad una leggera mancanza superficiale di materia.

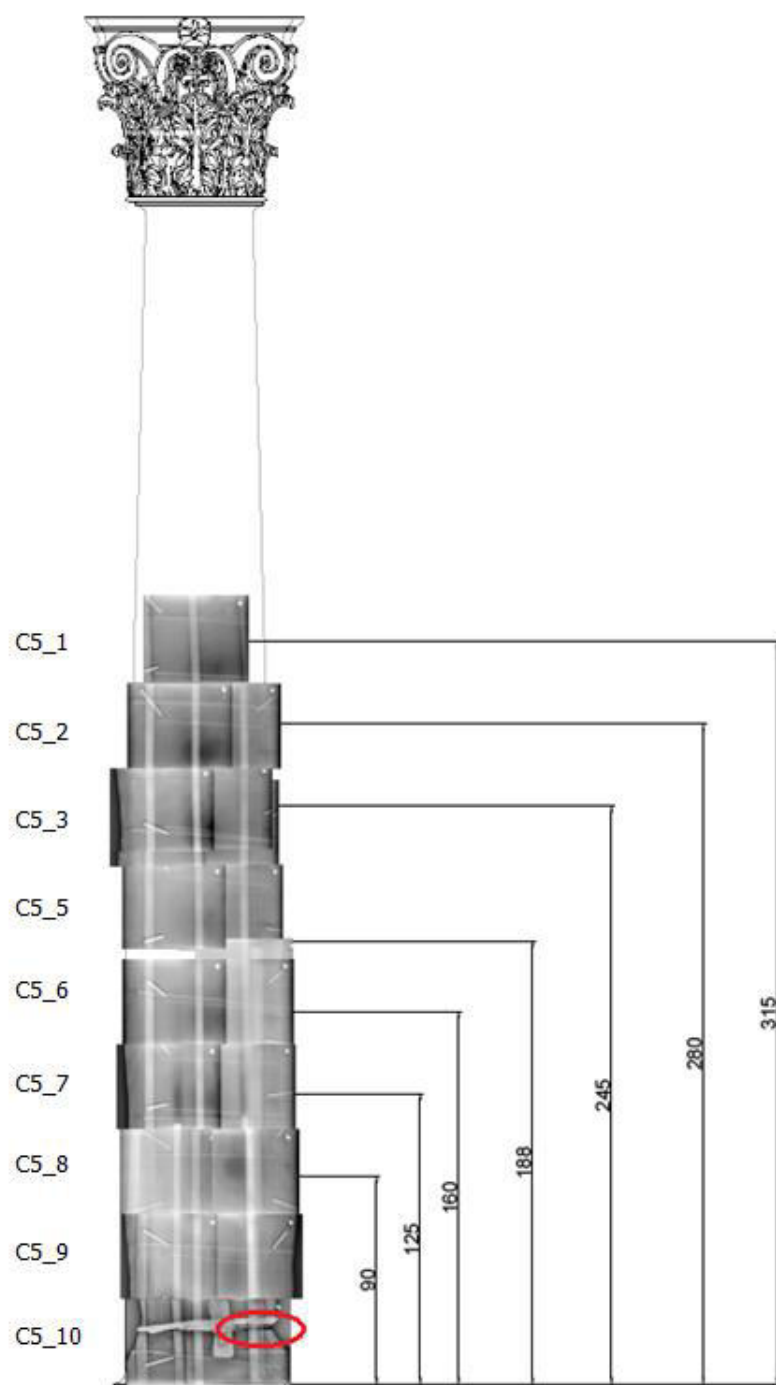
La parte centrale della colonna è stata analizzata secondo diverse angolazioni cercando di identificare i cavi separatamente al fine di identificare l'eventuale ammaloramento; per questo motivo non è possibile inserire le immagini nella ricostruzione. Fino all'immagine C3_5 si nota la presenza di 4 ferri.

La composizione della piastra risulta essere discretamente omogenea come da figura.





3.4 Colonna 5



Nella porzione di colonna esaminata non si riscontrano anomalie: il materiale di composizione della colonna risulta essere compatto e uniforme e i ferri ben delineati.

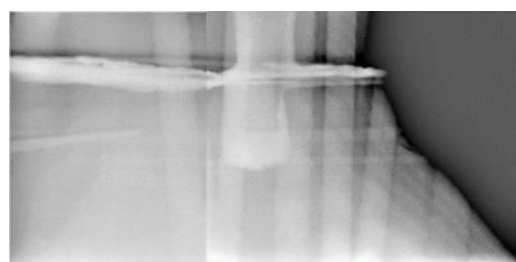
Sono riconoscibili 6 ferri alla base e solo 3 nella parte medio-alta della colonna.

L'unica anomalia riscontrata è la presenza di vuoto alla base della colonna, lato destro.

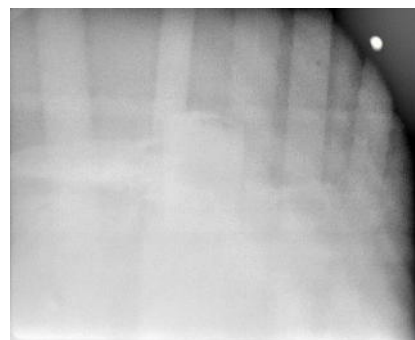
Tale vuoto fa pensare ad un'inclinazione della colonna verso sinistra.

Il basamento della colonna è stato verificato anche da una seconda angolazione per indagare l'eventuale inclinazione in una seconda direzione.

L'esito della verifica è stato negativo e l'immagine è riportata di seguito.



È stata inoltre valutata la piastra, mediante una sua vista dall'alto, che in questo caso risulta essere omogenea.





4. Conclusioni

L'ispezione in oggetto ha avuto come obiettivo quello di verificare composizione interna e conservazione delle colonne del porticato del Palazzo Ducale di Camerino.

La risultanza della campagna radiografica viene di seguito descritta.

È stata evidenziata nella quasi totalità delle aree indagate una buona omogeneità del materiale di composizione interna delle colonne con qualche leggera disgregazione superficiale (visibile anche dall'esterno).

Nella colonna 2 è stata rilevata la presenza diffusa di piccole cricche longitudinali; nella colonna 3 è stata rilevata una cricca di dimensioni più rilevanti.

Internamente si è verificata la presenza di 6 ferri nella parte medio-bassa della colonna e 3 nella parte medio-alta.

Nel complesso i ferri risultano ben conservati ma disposti in maniera differente nelle diverse colonne.

L'unica anomalia riscontrata è relativa al basamento della colonna 5: sebbene visivamente la colonna sia pendente verso il centro del portico, dalle radiografie non è visibile nessuna frattura in questo senso, al contrario è visibile una mancanza di materiale segno di una leggera pendenza nella direzione opposta a Piazza Cavour.

Tecnico radiologo

Romano Masciarelli

UNI EN ISO 9712 - NDT Level II

Cert. RT - N° IND-19-00957-R

RT 01	Palazzo Ducale di Camerino (MC) <i>Campagna di indagini sulle strutture murarie, sugli orizzontamenti e sul colonnato del Portico Varano</i>	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SULLE STRUTTURE
		marzo 2022
		Pag. 195 di 195

ALLEGATO B

Report prove di schiacciamento effettuate dal Laboratorio Prove Materiali dell'Istituto Tecnico Antinori di Camerino e Matelica

ISTITUTO TECNICO STATALE COMMERCIALE E PER GEOMETRI "G. ANTINORI"

Cod. Fisc. 81000880435 - Part. I.V.A. 00958330433

Via Madonna delle Carceri, snc, 62032 Camerino (MC) - Tel. 0737/632604

e-mail: mctd030004@istruzione.it - Pec: MCTD030004@PEC.ISTRUZIONE.IT - Cod. mec. MCTD030004

LABORATORIO PROVE MATERIALI

(Autorizzazione Ministeriale n. 40266 del 11/12/1995 - Rinnovo n. 386 del 16/11/2020)

Loc. Torre del Parco - Camerino (MC) - Tel. 3665373281 - e-mail: laboratoriomateriali@antinoricamerino.it

Da assoggettare all'imposta di bollo in caso d'uso

ai sensi dell'art. 50 - All. A Parte II delle tariffe DPR 642/72

Certificato	n.	413-21
Prot.	n.	413-21
	Foglio n.	01 di 01

VERBALE ACCETTAZIONE N. 1077 del 15-07-2021

Dati forniti dal richiedente:

Opera: Indagini diagnostiche in situ (prelievo carote di arenria) su edificio Palazzo Ducale - Camerino (MC)

Committente: n.d.

Impresa esecutrice: n.d.

Direttore dei lavori: Ing. MARUCCI Gianluca

Richiesta di prove: Sottoscritta dal Direttore dei Lavori

Numero dei provini cilindrici: sei (6)

Rck dichiarato: n.d. Mpa

Cemento tipo: ---

Dosaggio [kg/m³]: ---

Rapporto acqua/cemento: ---

Slump [cm]: ---

RISULTATI DELLE PROVE DI COMPRESSIONE

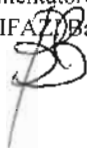
Data delle prove: 15-07-2021

Prova di Compressione effettuata secondo Norma UNI EN 12390-3:2019; UNI EN 12504-1:2021; D.M. 17-01-18

Determinazione Massa Volumica effettuata secondo Norma UNI 12390-7:2021

Provino n.	Rck dich.	Data del prelievo dichiarato	Posizione in opera del getto dichiarata	Dimensioni			Massa Volum. [Kg/mc]	Area Sez. [mm ²]	Carico di rottura		Tipo di rottura	Provino rettificato
				D [mm]	H [mm]	H/D			Totale [KN]	f _c [N/mm ²]		
1	---	n.d.	Provino OB-1/1	104	110	1.06	2342	8491	148.9	17.5	soddisf.	si
2	---	n.d.	Provino OB-1/2	104	110	1.06	2336	8491	142.8	16.8	soddisf.	si
3	---	n.d.	Provino OB-2/1	103	110	1.07	2514	8328	143.5	17.2	soddisf.	si
4	---	n.d.	Provino OB-2/2	103	110	1.07	2491	8328	278.0	33.4	soddisf.	si
5	---	n.d.	Provino OB-3	103	110	1.07	2438	8328	158.5	19.0	soddisf.	si
6	---	n.d.	Provino OB-3BIS/1	103	105	1.02	2539	8328	256.5	30.8	soddisf.	si

Data emissione: 15-07-2021

Lo Sperimentatore
Dott.ssa BONIFAZI Barbara

Il Direttore del Laboratorio
Ing. MONNI Francesco



ISTITUTO TECNICO STATALE COMMERCIALE E PER GEOMETRI "G. ANTINORI"

Cod. Fisc. 81000880435 - Part. I.V.A. 00958330433

Via Madonna delle Carceri, snc, 62032 Camerino (MC) - Tel. 0737/632604

e-mail: mctd030004@istruzione.it - Pec: MCTD030004@PEC.ISTRUZIONE.IT - Cod. mec. MCTD030004

LABORATORIO PROVE MATERIALI

(Autorizzazione Ministeriale n. 40266 del 11/12/1995 - Rinnovo n. 386 del 16/11/2020)

Loc. Torre del Parco - Camerino (MC) - Tel. 3665373281 - e-mail: laboratoriomateriali@antinoricamerino.it

Da assoggettare all'imposta di bollo in caso d'uso

ai sensi dell'art. 50 - All. A Parte II delle tariffe DPR 642/72

Certificato	n.	414-21
Prot.	n.	414-21
Foglio	n.	01 di 01

VERBALE ACCETTAZIONE N. 1077 del 15-07-2021

Dati forniti dal richiedente:

Opera: Indagini diagnostiche in situ (prelievo carote di arenaria) su edificio Palazzo Ducale - Camerino (MC)

Committente: n.d.

Impresa esecutrice: n.d.

Direttore dei lavori: Ing. MARUCCI Gianluca

Richiesta di prove: Sottoscritta dal Direttore dei Lavori

Numero dei provini cilindrici: sei (6)

Rck dichiarato: n.d. Mpa

Cemento tipo: ---

Dosaggio [kg/m³]: ---

Rapporto acqua/cemento: ---

Slump [cm]: ---

RISULTATI DELLE PROVE DI COMPRESSIONE

Data delle prove: 15-07-2021

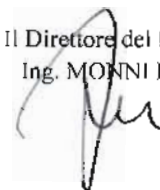
Prova di Compressione effettuata secondo Norma UNI EN 12390-3:2019; UNI EN 12504-1:2021; D.M. 17-01-18

Determinazione Massa Volumica effettuata secondo Norma UNI 12390-7:2021

Provino n.	Rck dich.	Data del prelievo dichiarato	Posizione in opera del getto dichiarata	Dimensioni			Massa Volum. [Kg/mc]	Area Sez. [mm ²]	Carico di rottura		Tipo di rottura	Provino rettificato
				D [mm]	H [mm]	H/D			Totale [KN]	fc [N/mm ²]		
7	---	n.d.	Provino OB-3BIS/2	104	110	1.06	2469	8491	310.0	36.5	soddisf.	si
8	---	n.d.	Provino OB-3BIS/3	105	110	1.05	2425	8655	295.0	34.1	soddisf.	si
9	---	n.d.	Provino OB-5/1	104	110	1.06	2538	8491	330.0	38.9	soddisf.	si
10	---	n.d.	Provino OB-5/2	104	110	1.06	2538	8491	453.5	53.4	soddisf.	si
11	---	n.d.	Provino OB-5/3	104	110	1.06	2530	8491	354.1	41.7	soddisf.	si
12	---	n.d.	Provino OB-6/1	104	110	1.06	2488	8491	154.8	18.2	soddisf.	si

Data emissione: 15-07-2021

Lo Sperimentatore
Dott.ssa BONIFAZI Barbara

Il Direttore del Laboratorio
Ing. MONNI Francesco


ISTITUTO TECNICO STATALE COMMERCIALE E PER GEOMETRI "G. ANTINORI"

Cod. Fisc. 81000880435 - Part. I.V.A. 00958330433

Via Madonna delle Carceri, snc, 62032 Camerino (MC) - Tel. 0737/632604

e-mail: mctd030004@istruzione.it - Pec: MCTD030004@PEC.ISTRUZIONE.IT - Cod. mec. MCTD030004

LABORATORIO PROVE MATERIALI

(Autorizzazione Ministeriale n. 40266 del 11/12/1995 - Rinnovo n. 386 del 16/11/2020)

Loc. Torre del Parco - Camerino (MC) - Tel. 3665373281 - e-mail: laboratoriomateriali@antinoricamerino.it

Da assoggettare all'imposta di bollo in caso d'uso

ai sensi dell'art. 50 - All. A Parte II delle tariffe DPR 642/72

Certificato	n.	415-21
Prot.	n.	415-21
	Foglio n.	01 di 01

VERBALE ACCETTAZIONE N. 1077 del 15-07-2021

Dati forniti dal richiedente:

Opera: Indagini diagnostiche in situ (prelievo carote di arenria) su edificio Palazzo Ducale - Camerino (MC)

Committente: n.d.

Impresa esecutrice: n.d.

Direttore dei lavori: Ing. MARUCCI Gianluca

Richiesta di prove: Sottoscritta dal Direttore dei Lavori

Numero dei provini cilindrici: cinque (5)

Rck dichiarato: n.d. Mpa

Cemento tipo: ---

Dosaggio [kg/m³]: ---

Rapporto acqua/cemento: ---

Slump [cm]: ---

RISULTATI DELLE PROVE DI COMPRESSIONE

Data delle prove: 15-07-2021

Prova di Compressione effettuata secondo Norma UNI EN 12390-3:2019; UNI EN 12504-1:2021; D.M. 17-01-18

Determinazione Massa Volumica effettuata secondo Norma UNI 12390-7:2021

Provino n.	Rck dich.	Data del prelievo dichiarato	Posizione in opera del getto dichiarata	Dimensioni			Massa Volum. [Kg/mc]	Area Sez. [mm ²]	Carico di rottura		Tipo di rottura	Provino rettificato
				D [mm]	H [mm]	H/D			Totale [KN]	f _c [N/mm ²]		
13	---	n.d.	Provino OB-6/2	104	110	1.06	2503	8491	291.3	34.3	soddisf.	si
14	---	n.d.	Provino OB-6/3	104	110	1.06	2505	8491	370.1	43.6	soddisf.	si
15	---	n.d.	Provino OB-7/1	104	110	1.06	2486	8491	271.9	32.0	soddisf.	si
16	---	n.d.	Provino OB-8/1	104	110	1.06	2495	8491	265.6	31.3	soddisf.	si
17	---	n.d.	Provino OB-8/2	104	110	1.06	2528	8491	353.6	41.6	soddisf.	si

Data emissione: 15-07-2021

Lo Sperimentatore
Dott.ssa BONINZI Barbara

Il Direttore del Laboratorio
Ing. MONNI Francesco
