



**Finanziato
dall'Unione europea**
NextGenerationEU



Provincia di Ravenna

Settore Lavori Pubblici

Servizio Edilizia Scolastica e Patrimonio

LAVORI DI MIGLIORAMENTO SISMICO DELLA SEDE DELL'INDIRIZZO LINGUISTICO DI VIA PASCOLI, 4 DEL LICEO "TORRICELLI - BALLARDINI" DI FAENZA (RA)
PNRR - NEXT GENERATION EU - Missione 4, Componente 1, Investimento 3.3
CUP : J23F200000000001

PROGETTO ESECUTIVO

Presidente: Michele de Pascale	Consigliere delegato Pubblica Istruzione - Edilizia Scolastica - Patrimonio: Maria Luisa Martinez
Dirigente responsabile del Settore: Ing. Paolo Nobile	Responsabile del Servizio: Arch.Giovanna Garzanti
RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO:	Ing. Paolo Nobile
PROGETTISTA OPERE ARCHITETTONICHE:	Arch. Giovanna Garzanti
COLLABORATORE ALLA PROGETTAZIONE ARCHITETTONICA:	Ing. Calogera Tiziana Napoli, Arch. Sara Saliba
Professionisti esterni:	
PROGETTISTA COORDINATORE:	Ing. Christian Tassinari
PROGETTISTA OPERE ARCHITETTONICHE:	Ing. Christian Tassinari
PROGETTISTA OPERE STRUTTURALI:	Ing. Christian Tassinari
PROGETTISTA OPERE IMPIANTISTICHE:	Ing. Daniele Mirri

TITOLO ELABORATO:

STRUTTURE

Risultati delle indagini / prove specialistiche

Codice elaborato: PE_STR_01_00	Revisione: 00	Data: 22/09/2022	Scala: ---	Nome file di archiviazione: PE_STR_01_Indagini_00
-----------------------------------	------------------	---------------------	---------------	--

PROFESSIONISTA RESPONSABILE: Ing. Christian Tassinari	FIRMATO DIGITALMENTE Timbro e firma del Professionista	FIRMATO DIGITALMENTE Il progettista coordinatore Ing. Christian Tassinari
		FIRMATO DIGITALMENTE Il Responsabile Unico del Procedimento Ing. Paolo Nobile

Rev.	Descrizione	Redatto:	Controllato:	Approvato:	Data:
00	EMISSIONE	A.T.	C.T.	C.T.	22/09/2022
01					
02					
03					



Laboratori Ingegneria Ferrara s.r.l.

sede legale: via Palestro 25 - 44121 Ferrara (FE) - Italy
sede operativa: via Ascari 6 - 44019 Gualdo di Voghiera (FE) - Italy
ufficio 0532.818068 - fax +39.0532.473486 - mobile +39.320.6651813
web: www.lifelab.it - mail: info@lifelab.it - pecmail: lifecert@pec.it



Management System
ISO 9001:2008
www.tuv.com
ID 9105086584

Committente

PROVINCIA DI RAVENNA – Settore Lavori Pubblici

Oggetto

INDAGINI SPECIALISTICHE SULLE STRUTTURE DEL LICEO “TORRICELLI-BALLARDINI” DI FAENZA (RA)



Titolo

RAPPORTO CONCLUSIVO DI INDAGINE

Emesso:

ing. Marco Geminiani

Approvato:

LABORATORI INGEGNERIA

FERRARA

Partita IVA 01904060389

2848	11	00	Prima emissione	23-08-2021	comm2848-doc11-rev0-FAENZA
Commissa	Documento	Rev.	Motivazione	Data	Nome file

INDICE

1. PREMESSA	5
2. INDAGINI SU PARAMENTI MURARI: VIDEO-ENDOSCOPIE	6
3. PROVE DI CARICO STATICO SU SOLAIO D'INTERPIANO	7
3.1 Descrizione della metodologia di prova.....	7
3.2 Riepilogo risultati.....	9
4. PROVA DI CARICO STATICO SULLA SCALA.....	10
4.1 Descrizione della metodologia di prova.....	10
4.2 Riepilogo risultati.....	12
5. INDAGINI SUGLI ELEMENTI LIGNEI	14
5.1 Modalità di esecuzione delle indagini.....	14
5.2 Codifica degli elementi lignei costituenti la struttura indagata	15
5.3 Tipologie di degrado riscontrate sulle strutture lignee	16
5.4 Essenze legnose degli elementi indagati	16
5.5 Parametri fisici e meccanici dei materiali indagati	17
6. ELENCO ALLEGATI	20

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1: inquadramento cartografico del fabbricato in oggetto	5
Figura 2: esecuzione di foro con punta da trapano	6
Figura 3: inserimento della sonda endoscopica e rilievo della successione stratigrafica	6
Figura 4: vista di una delle vasche impiegate per l'esecuzione delle prove di carico	7
Figura 5: trasduttori di spostamento.....	7
Figura 6: battente massimo – PROVA 1.....	8
Figura 7: battente massimo – PROVA 2.....	8
Figura 8: battente massimo – PROVA 3.....	8
Figura 9: vista dei fusti disposti sulla parte d'opera da provare.....	10
Figura 10: vista dei fusti disposti sulla parte d'opera da provare.....	10
Figura 11: codifica e localizzazione dei trasduttori impiegati per la prova di carico	11
Figura 12: esempio di direzione di perforazione per prove resistografiche	15
Figura 13: esempio di curva resistografia	15
Figura 14: particolare di una zona della copertura con presenza di alcuni tavelloni rotti.....	16
Figura 15: <i>tabella estratta dalla UNI11119/04 – parametri meccanici e fisici dei legnami strutturali.</i>	17
Figura 16: <i>tabella estratta dalla UNI11035/2 – parametri meccanici e fisici dei legnami strutturali.</i>	18
Figura 17: <i>tabella estratta dalla UNI EN 338 –Classi di resistenza. Esempio di ricavo dei parametri meccanici a flessione per abete di terza categoria</i>	20

1. Premessa

Su incarico della Committenza, **Provincia di Ravenna – Settore Lavori Pubblici**, la scrivente società ha eseguito una campagna di indagini specialistiche sulle strutture del fabbricato ad uso scolastico del **liceo “Torricelli-Ballardini”** sito in Via G. Pascoli n.4 a Faenza (RA).



Figura 1: inquadramento cartografico del fabbricato in oggetto

Sono state eseguite complessivamente:

- N.5 rilievi della stratigrafia di paramenti murari in punti dislocati al piano terra ed al piano primo dell'edificio;
- N. 3 prove di carico statico su campi di solaio del piano primo dell'edificio;
- N. 1 prova di carico statico su una delle rampe della scala centrale dell'edificio;
- Indagini sulle strutture lignee di copertura: ricognizione preliminare diffusa su tutta la copertura lignea, rilievo diretto dell'organizzazione strutturale e delle essenze, rilievo dello stato di conservazione generale e della natura morfologia ed estensione delle fenomenologie di degrado.

Per localizzare e codificare correttamente le indagini svolte si rimanda agli elaborati contenuti nell'**Allegato 1** e nell'**Allegato 4** del presente documento.

2. Indagini su paramenti murari: video-endoscopie

Sono state eseguite 5 indagini su altrettanti paramenti murari facenti parte l'edificio oggetto d'intervento, in particolare si è proceduto a determinare la natura compositiva grazie all'esecuzione di indagini video-endoscopiche.

Il rilievo della successione stratigrafica e della tipologia di materiali attraversati viene eseguito inserendo, all'interno di un foro praticato precedentemente con punta da trapano ø30, una sonda video-endoscopica in grado di realizzare fotografie e riprese video della parte di struttura attraversata.



Figura 2: esecuzione di foro con punta da trapano



Figura 3: inserimento della sonda endoscopica e rilievo della successione stratigrafica

Le risultanze delle prove eseguite sono riportate integralmente nei rapporti di prova contenuti nell'*Allegato 2* del presente documento.

3. Prove di carico statico su solaio d'interpiano

Sono state eseguite 3 prove di carico statico su altrettante porzioni di solaio del piano primo dell'edificio scolastico oggetto d'intervento, per collocare e localizzare correttamente i campi di solaio indagati si rimanda agli elaborati grafici dell'Allegato 1.

3.1 Descrizione della metodologia di prova

Il carico viene applicato posizionando sul solaio da provare una vasca di forma quadrata, avente dimensioni 3,00x3,00 m, adatta a contenere acqua fino al battente massimo concordato con la Committenza, secondo le prescrizioni della normativa vigente. Le dimensioni della vasca sono tali da garantire un carico uniformemente distribuito sul solaio da provare.



Figura 4: vista di una delle vasche impiegate per l'esecuzione delle prove di carico

La misura della progressione degli spostamenti verticali (frecce) dei punti significativi del solaio al variare delle condizioni di carico è stata eseguita mediante trasduttori di spostamento centesimale collegati ad un sistema di acquisizione per l'elaborazione dei dati in tempo reale. Nel caso specifico gli stativi, con relativi trasduttori di spostamento, sono stati installati nell'ambiente all'estradosso del solaio.



Figura 5: trasduttori di spostamento

Il battente di prova si raggiunge per step successivi pari a 5 cm, misurando ad ogni passo gli spostamenti relativi del solaio.

A raggiungimento del battente massimo, il carico viene mantenuto costante proseguendo la lettura delle deformazioni per circa 30 – 45 minuti. Qualora la deformata a carico massimo risulti stabile, si procede allo scarico della vasca mediante pompe a immersione. La lettura delle deformazioni si esegue anche in fase di scarico.



Figura 6: battente massimo – PROVA 1



Figura 7: battente massimo – PROVA 2



Figura 8: battente massimo – PROVA 3

3.2 Riepilogo risultati

Di seguito si riportano in forma di tabella le risultanze numeriche delle prove di carico eseguite:

PROVA n°1		
Dimensione vasca di carico:	9	m ²
Carico equivalente	300	Kg/m ²
Spostamento a carico massimo misurato nella mezzeria del solaio:	1.42	mm
Spostamento residuo misurato nella mezzeria del solaio:	0.34	mm
PROVA n°2		
Dimensione vasca di carico:	9	m ²
Carico equivalente	300	Kg/m ²
Spostamento a carico massimo misurato nella mezzeria del solaio:	3.78	mm
Spostamento residuo misurato nella mezzeria del solaio:	0.90	mm
PROVA n°3		
Dimensione vasca di carico:	9	m ²
Carico equivalente	300	Kg/m ²
Spostamento a carico massimo misurato nella mezzeria del solaio:	3.25	mm
Spostamento residuo misurato nella mezzeria del solaio:	0.69	mm

In Allegato 3 alla presente relazione è riportato il rapporto di prova all'interno del quale sono riportate le seguenti informazioni:

- Letture assolute degli spostamenti in tempo reale;
- Spostamenti relativi;
- Diagramma carico – spostamento;
- Planimetria con individuazione della posizione della vasca di carico e dei trasduttori di spostamento.

4. Prova di carico statico sulla scala

4.1 Descrizione della metodologia di prova

La prova di carico ha interessato una rampa ed un pianerottolo facenti parte della scala principale dell'edificio.

Il carico è stato applicato posizionando sulla parte d'opera da provare una serie di fusti in grado di contenere acqua fino a raggiungere un peso di circa 220 daN ciascuno. Il numero di fusti, una volta completamente riempiti, è equivalente al sovraccarico accidentale di 500 daN/m².

La disposizione dei fusti è tale da garantire un carico uniformemente distribuito, in particolare sono stati impiegati n.8 fusti per il pianerottolo e n.12 per la rampa di scale.

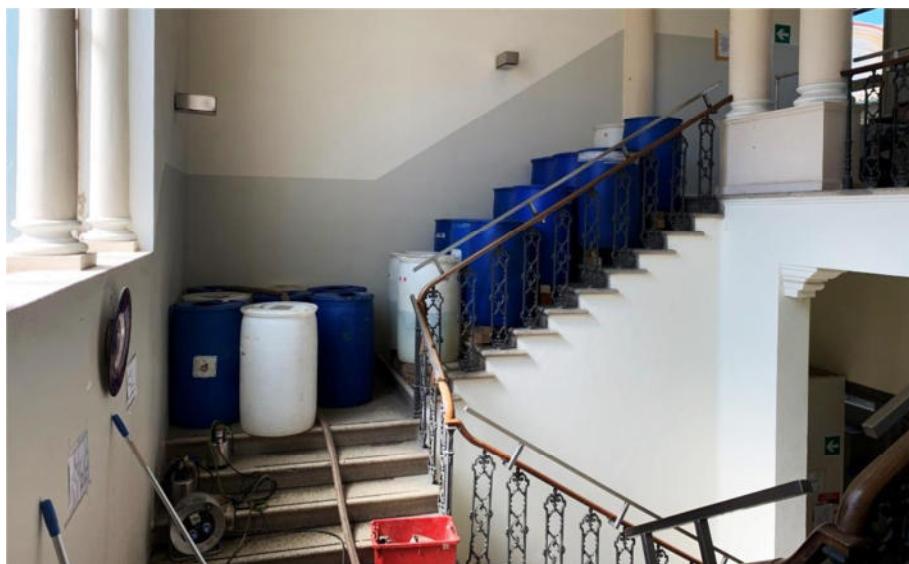


Figura 9: vista dei fusti disposti sulla parte d'opera da provare



Figura 10: vista dei fusti disposti sulla parte d'opera da provare

La misura della progressione degli spostamenti verticali (frecce) dei punti significativi della scala al variare delle condizioni di carico è stata eseguita mediante trasduttori di spostamento centesimale collegati ad un sistema di acquisizione per l'elaborazione dei dati in tempo reale. Nel caso specifico gli stativi, con relativi trasduttori di spostamento, sono stati installati nell'ambiente all'introdosso dell'opera.

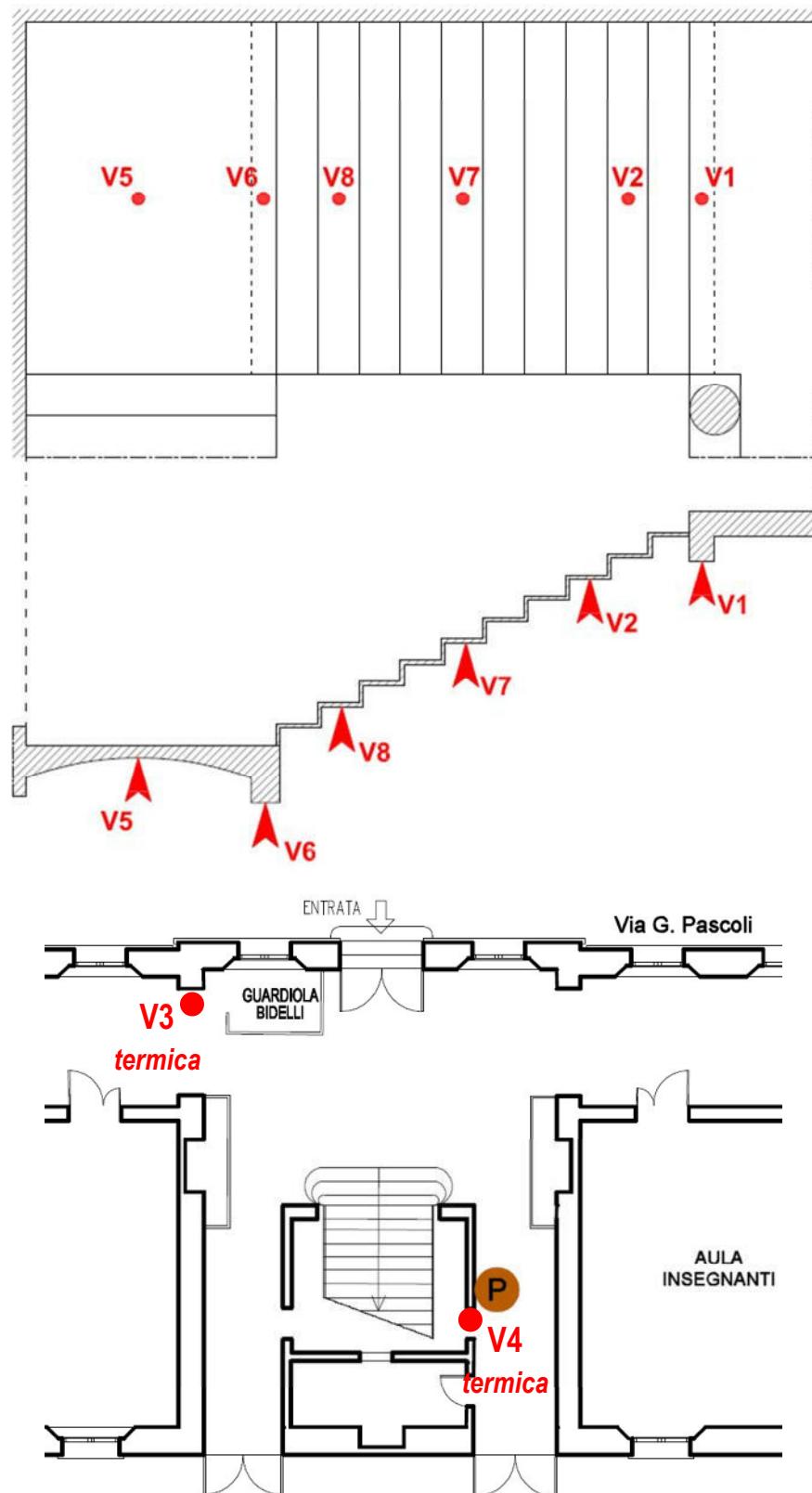


Figura 11: codifica e localizzazione dei trasduttori impiegati per la prova di carico

Il carico massimo di prova si raggiunge per step successivi, misurando ad ogni passo gli spostamenti relativi dei punti monitorati.

Il carico è stato applicato come segue:

- **step 0 → misura di zero**
- **step 1 → 50% carico rampa – 0% carico pianerottolo**
- **step 2 → 50% carico rampa – 50% carico pianerottolo**
- **step 3 → 50% carico rampa – 100% carico pianerottolo**
- **step 4 (carico massimo) → 100% carico rampa – 100% carico pianerottolo → mantenimento 45-60 minuti;**
- **step 5 → 100% carico rampa – 0% carico pianerottolo**
- **step 6 (scarico completo) → 0% carico rampa – 0% carico pianerottolo**

4.2 Riepilogo risultati

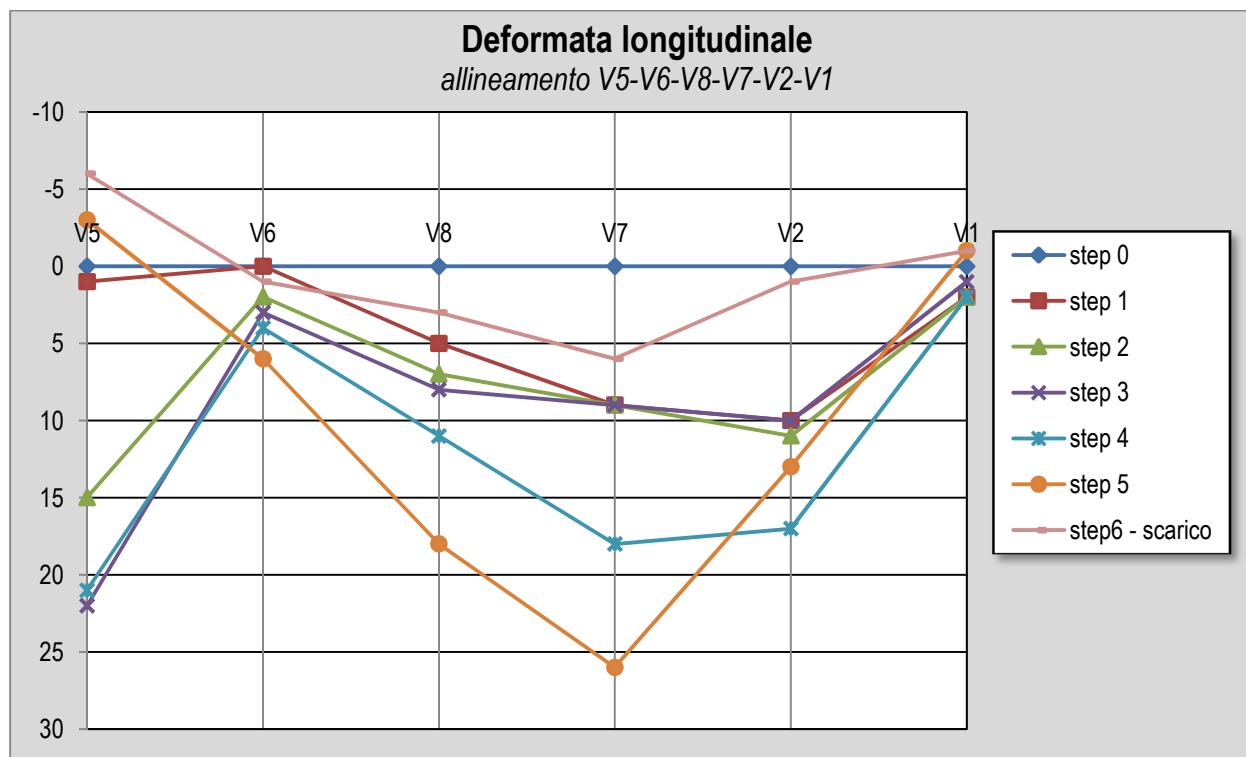
Di seguito si riportano in forma di tabella i valori di spostamento misurati ad ogni step di carico, le misure sono da intendersi al lordo della termica strumentale:

PROVA DI CARICO STATICO CON FUSTI SU SCALA										
ora	step di carico	carico complessivo applicato	V1	V2	V3 termica	V4 termica	V5	V6	V7	V8
			spostamenti relativi al lordo di termica strumentale							
			[daN]	[mm/100]	[mm/100]	[mm/100]	[mm/100]	[mm/100]	[mm/100]	[mm/100]
09:50	0	0,0	0	0	0	0	0	0	0	0
10:20	1	1320,0	1	9	-1	0	1	0	9	5
20:35	2	2200,0	1	10	-1	0	15	2	9	7
10:51	3	3080,0	1	10	0	0	22	3	9	8
11:11	4	4400,0	2	17	0	1	22	5	19	12
11:27	4	4400,0	2	16	1	1	18	5	19	12
12:04	4	4400,0	1	16	2	-3	16	3	19	12
12:13	5	2640,0	1	15	2	-7	-10	-1	19	11
12:38	6	0,0	1	3	2	-7	-13	-6	-1	-4
13:00	6	0,0	1	1	3	-6	-13	-6	-1	-3

I valori di deformazione strumentale dovuti alle variazioni della temperatura ambientale assumono valori nell'intorno di ± 0.05 mm, assimilabili alla sensibilità del sistema di misura.

carico complessivo applicato	V1	V2	V5	V6	V7	V8
	<i>spostamenti relativi al netto di termica strumentale</i>					
	[daN]	[mm/100]	[mm/100]	[mm/100]	[mm/100]	[mm/100]
0,0	0	0	0	0	0	0
0,0	0	1	0	0	1	0
1320,0	2	10	1	0	9	5
2200,0	2	11	15	2	9	7
3080,0	1	10	22	3	9	8
4400,0	2	17	21	4	18	11
4400,0	1	15	17	4	18	11
4400,0	-1	14	19	6	22	15
2640,0	-1	13	-3	6	26	18
0,0	-1	1	-6	1	6	3

Per comprendere più chiaramente il comportamento della parte d'opera soggetta al carico di prova si riporta la deformata longitudinale relativa all'allineamento V5 (mezzeria pianerottolo) – V6 (trave) – V8-V7-V2 (rampa) – V1 (trave):



Il grafico soprastante evidenzia un comportamento elastico della parte d'opera provata, le deformazioni residue (a scarico completo) risultano nell'intorno di 0.05 mm, valori assimilabili con la sensibilità del sistema di misura.

5. Indagini sugli elementi lignei

La campagna di indagini ha riguardato le strutture di copertura dell'intero fabbricato, la codifica delle zone indagate e la loro localizzazione è riportata in *Allegato 4*.

Nelle zone di indagine è stata eseguita una ispezione generale delle strutture con rilievo a campione delle caratteristiche dimensionali e delle grandezze utili alla classificazione della resistenza degli elementi lignei secondo UNI 11119:2004 ed il rilievo di eventuale presenza di degrado.

Su n. 3 elementi, scelti a campione, sono state eseguite indagini puntuale con esecuzione di prove resistografiche.

Le indagini per la determinazione dello stato di degrado degli elementi lignei sono state condotte con tecniche di ispezione e controllo visivo e con l'uso di trapano strumentato Resistograph; l'assegnazione alla classe di resistenza è stata effettuata secondo le metodiche espresse nella norma UNI 11119:2004 che stabilisce obiettivi, procedure e requisiti per la diagnosi dello stato di conservazione e la stima della resistenza e della rigidezza di elementi lignei in opera nelle strutture portanti di edifici compresi nell'ambito dei beni culturali, attraverso l'esecuzione di ispezioni in situ e l'impiego di tecniche e metodologie di prova non distruttive eseguite a campione sugli elementi lignei.

5.1 Modalità di esecuzione delle indagini

Le indagini sugli elementi lignei secondo UNI 11119 hanno comportato le seguenti modalità esecutive:

- rilievo morfoanatomico delle specie legnose costituenti le strutture indagate
- rilievo delle dimensioni dell'elemento ligneo mediante misurazione diretta
- rilievo di eventuali particolarità geometriche dell'elemento, smussi e nodi
- rilievo delle caratteristiche della fibratura
- rilievo di eventuali difetti e della loro estensione
- rilievo di eventuali forme di degradamento dell'elemento
- misura dell'umidità relativa del legno con igrometro elettronico digitale
- esecuzione di prove non distruttive sugli elementi lignei indagati, con utilizzo di trapano strumentato Resistograph.

Il Resistograph è uno strumento dotato di una punta di piccolo diametro (circa 2 mm) e grande lunghezza (circa 40 cm), con il quale è possibile eseguire delle perforazioni sugli elementi indagati.

Lo strumento è in grado di misurare la resistenza opposta dalla fibra legnosa alla rotazione della punta durante la perforazione.

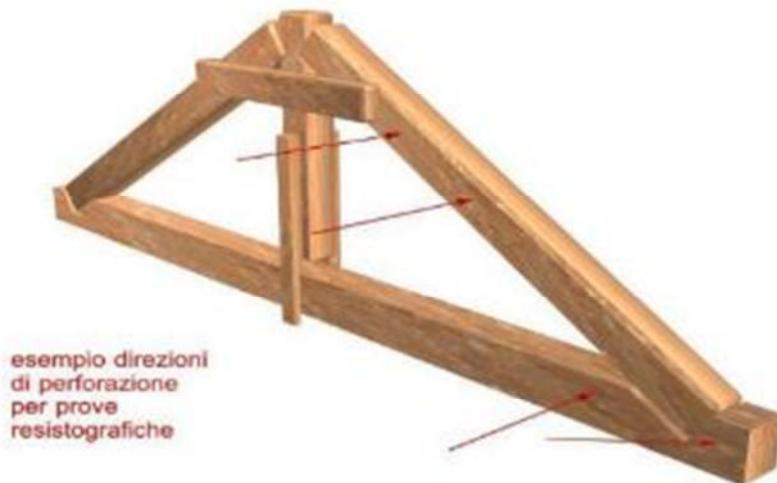


Figura 12: esempio di direzione di perforazione per prove resistografiche

Essendo nota la profondità di perforazione, il Resistograph è in grado di disegnare diagrammi di resistenza nei quali è riportata in ascissa la profondità di penetrazione ed in ordinata la resistenza del legno (in valore percentuale rispetto a quello che causa il completo bloccaggio della punta).

Le curve di resistenza ottenute dalle prove resistografiche, pur non fornendo direttamente una misura delle caratteristiche meccaniche del materiale ligneo, danno informazioni sullo stato del legno e soprattutto sulle sue condizioni di uniformità.

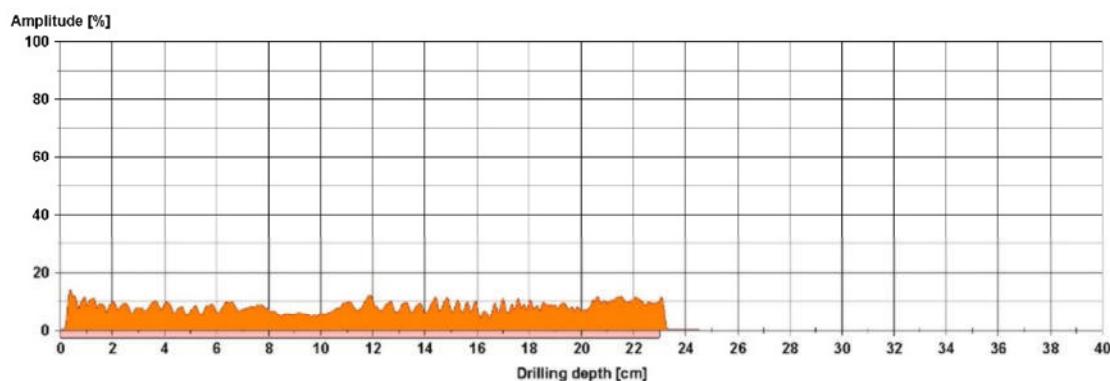


Figura 13: esempio di curva resistografia

5.2 Codifica degli elementi lignei costituenti la struttura indagata

In Allegato 4 sono riportati schemi di localizzazione e codifica delle posizioni di indagine, oltre alle schede di restituzione delle indagini eseguite in ogni posizione.

5.3 Tipologie di degrado riscontrate sulle strutture lignee

Durante le ispezioni si è osservato che alcune strutture di copertura hanno subito nel tempo locali interventi di ripristino e/o rinforzo, probabilmente in punti ed elementi soggetti a forme di degradamento o danneggiamento, e lo stato di manutenzione generale degli elementi lignei appare complessivamente soddisfacente; le indagini hanno comunque messo in evidenza la presenza delle seguenti tipologie di degrado:

- attacco da insetti xilofagi (coleotteri Anobidi): durante le ispezioni si è riscontrata la occasionale presenza di fori di sfarfallamento e di porzioni, di limitata estensione, di tessuto ligneo degradato su alcuni degli elementi esaminati; il degrado riscontrato è di entità superficiale, con parziale riduzione della sezione efficace dell'elemento;
- degrado da carie: durante le ispezioni non sono state riscontrate tracce di degrado significativo da carie e sugli elementi indagati puntualmente non ne è stata trovata presenza; non è possibile escludere la possibilità che esistano zone interessate da questo tipo di degrado, localizzate in alcuni elementi in posizioni difficilmente visibili ove possano essersi verificati fenomeni di infiltrazione delle acque meteoriche, tuttavia non sono stati riscontrate evidenze in proposito;
- su un travetto di orditura terziaria, di recente sostituzione nella zona Nord della copertura, è stata riscontrata una non grave ma anomala lesione creatasi fisiologicamente in corrispondenza di nodosità del legno.

sul manto di copertura sono presenti zone, di limitata estensione, in cui i tavelloni in laterizio appaiono rotti o mancanti

5.4 Essenze legnose degli elementi indagati

La essenza legnosa utilizzata nelle strutture lignee è risultata essere l'**ABETE**;

In Allegato 4 sono presentati in forma di schemi grafici i risultati delle indagini, con localizzazione delle misure e delle prove eseguite sugli elementi, ed i diagrammi delle prove resistografiche eseguite.



Figura 14: particolare di una zona della copertura con presenza di alcuni tavelloni rotti

5.5 Parametri fisici e meccanici dei materiali indagati

Un utile supporto alle verifiche di calcolo degli elementi lignei indagati è fornito dalla stessa norma UNI 11119/04 dove è allegata la seguente tabella, che a partire dalle categorie di resistenza ottenute dalle indagini in situ su elementi lignei indica i valori consoni di tensioni massime per l'applicazione delle verifiche con il metodo delle tensioni ammissibili.

I valori sono riferiti all'umidità ottimale del 12%;

Tensioni massime per l'applicazione del metodo delle tensioni ammissibili e moduli medi di elasticità a flessione, per le categorie in opera delle principali specie legnose, applicabili per umidità del legno = 12%

Specie	Categoria in opera	Tensioni massime (N/mm ²)					
		compressione		flessione statica	trazione parallela alla fibratura ¹⁾	taglio (parallelo alla fibratura)	modulo di elasticità a flessione
Abete bianco (<i>Abies alba</i> Mill.)	I	11	2,0		11,5	11	0,9
	II	9	2,0		10	9	0,8
	III	7	2,0		7,5	6	0,7
Abete rosso (<i>Picea abies</i> Karst.)	I	10	2,0	flessione statica	11	11	1,0
	II	8	2,0		9	9	0,9
	III	6	2,0		7	6	0,8
Larice (<i>Larix</i> spp.)	I	12	2,5	flessione statica	13	12	1,1
	II	10	2,2		11	9,5	1,0
	III	7,5	2,0		8,5	7	0,9
Pini (<i>Pinus</i> spp.)	I	11	2,0	flessione statica	12	11	1,0
	II	9	2,0		10	9	0,9
	III	7	2,0		8	6	0,8
Castagno (<i>Castanea sativa</i> Mill.)	I	11	2,0	flessione statica	12	11	0,8
	II	9	2,0		10	9	0,7
	III	7	2,0		8	6	0,6
Pioppo (<i>Populus</i> spp.)	I	10	1,5	flessione statica	10,5	9	0,6
	II	8	1,5		8,5	7	0,5
	III	6	1,5		6,5	4,5	0,4
Quercia (<i>Quercus</i> spp.)	I	12	3,0	flessione statica	13	12	1,2
	II	10	2,5		11	10	1,0
	III	7,5	2,2		8,5	7	0,9

1) La tensione massima a trazione perpendicolare alla fibratura si assume convenzionalmente uguale a zero.

Figura 15: tabella estratta dalla UNI11119/04 – parametri meccanici e fisici dei legnami strutturali.

si riportano di seguito i parametri indicati dalla norma UNI 11119 per le specie legnose rinvenute nelle indagini in oggetto (per la specie Abete si è considerata la categoria relativa all'abete rosso):

Specie	Categoria in opera	Tensioni massime (N/mm ²)									
		compressione			flessione statica	trazione parallela alla fibratura		taglio parallelo alla fibratura	modulo di elasticità a flessione		
		parallela alla fibratura	perpendicolare alla fibratura								
Abete rosso	2	8		2,0		9	9		0,9		
	3	6		2,0		7	6		0,8		
		11500									

Con il medesimo procedimento è possibile utilizzare le conclusioni delle attività di indagine ispettiva in situ, regolate dalle procedure operative proprie della UNI 11119/04, per ricavare i parametri meccanici dalla tabella allegata alla norma UNI 11035-2/2003 "Regole per la classificazione a vista secondo la resistenza e i valori caratteristici per tipi di legname strutturale italiani". I parametri meccanici forniti sono utili per l'impostazione di verifiche numeriche di calcolo con il metodo degli stati limite.

La norma riguarda propriamente segati ad uso strutturale di attuale produzione, la scelta del progettista incaricato dovrà essere direzionata all'applicazione dei coefficienti parziali per le resistenze in accordo alle normative vigenti ed al percorso progettuale intrapreso.

prospetto 5 Valori caratteristici per i tipi di legname considerati nella presente norma

Proprietà	Abete / Nord			Abete / Centro Sud			Larice / Nord			Douglasia / Italia			Altre Conifere / Italia			Castagno / Italia	Querce caducifoglie / Italia	Pioppi e Ointano / Italia	Altre Latifoglie / Italia
	S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2/S3	S1	S2	S3	S	S	S	S	
Flessione (5-percentile), MPa	$f_{m,k}$	29	23	17	32	28	21	42	32	26	40	23	33	26	22	28	42	26	27
Trazione parallela alla fibratura (5-percentile), MPa	$\epsilon_{0,k}$	17	14	10	19	17	13	25	19	16	24	14	20	16	13	17	25	16	16
Trazione perpendicolare alla fibratura (5-percentile), MPa	$\epsilon_{90,k}$	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,6	0,6	0,6	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,8	0,4	0,5
Compressione parallela alla fibratura (5-percentile), MPa	$\epsilon_{c,k}$	23	20	18	24	22	20	27	24	22	26	20	24	22	20	22	27	22	22
Compressione perpendicolare alla fibratura (5-percentile), MPa	$\epsilon_{90,c,k}$	2,9	2,9	2,9	2,1	2,1	2,1	4,0	4,0	4,0	2,6	2,6	4,0	4,0	4,0	3,8	5,7	3,2	3,9
Taglio (5-percentile), MPa	$t_{k,x}$	3,0	2,5	1,9	3,2	2,9	2,3	4,0	3,2	2,7	4,0	3,4	3,3	2,7	2,4	2,0	4,0	2,7	2,0
Modulo di elasticità parallela alla fibratura (medio), MPa	$E_{0,mean}$	12 000	10 500	9 500	11 000	10 000	9 500	13 000	12 000	11 500	14 000	12 500	12 300	11 400	10 500	11 000	12 000	8 000	11 500
Modulo di elasticità parallelo alla fibratura (5-percentile), MPa	$E_{0,5s}$	8 000	7 000	6 400	7 400	6 700	6 400	8 700	8 000	7 700	9 400	8 400	8 200	7 600	7 000	8 000	10 100	6 700	8 400
Modulo di elasticità perpendicolare alla fibratura (medio), MPa	$E_{90,mean}$	400	350	320	370	330	320	430	400	380	470	420	410	380	350	730	800	530	770
Modulo di taglio (medio), MPa	G_{mean}	750	660	590	690	630	590	810	750	720	880	780	770	710	660	950	750	500	720
Massa volumica (5-percentile), kg/m ³	ρ_k	380	380	380	280	280	280	550	550	550	400	420	530	530	465	760	420	515	
Massa volumica (media), kg/m ³	ρ_{mean}	415	415	415	305	305	600	600	600	435	455	575	575	575	550	825	460	560	

Figura 16: tabella estratta dalla UNI11035/2 – parametri meccanici e fisici dei legnami strutturali.

Si riportano di seguito i parametri indicati dalla norma UNI 11035/2 per le specie legnose rinvenute nelle indagini in oggetto (*Nota: per la specie Abete si è considerata la categoria relativa all'abete centro-sud che è maggiormente caratterizzante dell'abete bianco, pur non avendo informazioni dirette sulla reale provenienza del legname*):

Proprietà	Abete			
	S1	S2	S3	
Flessione (5-percentile), MPa	$f_{m,k}$	32	28	21
Traz. parallela fibratura (5-percentile), MPa	$f_{t,0,k}$	19	17	13
Traz. perpendicolare fibratura (5-percentile), MPa	$f_{t,90,k}$	0.3	0.3	0.3
Compress. parallela fibratura (5-percentile), MPa	$f_{c,0,k}$	24	22	20
Compress. perpendicolare fibratura (5-percentile), MPa	$f_{c,90,k}$	2.1	2.1	2.1
Taglio (5-percentile), MPa	$f_{v,k}$	3.2	2.9	2.3
Modulo elasticità parallelo fibratura (medio), MPa	$E_{0,mean}$	11000	10000	9500
Modulo elasticità parallelo fibratura (5-percentile), MPa	$E_{0,05}$	7400	6700	6400
Modulo elasticità perpendicolare fibratura (medio), MPa	$E_{90,mean}$	370	330	320
Modulo di taglio (medio), MPa	G_{mean}	690	630	590
Massa volumica (5-percentile), kg/m ³	ρ_k	280	280	280
Massa volumica (medio), kg/m ³	ρ_{mean}	305	305	305

Volendo infine assegnare alle strutture indagate in cantiere una classificazione conforme a quella utilizzata per i legnami di nuova produzione nei procedimenti di nuova costruzione, è possibile utilizzare la tabella riportata nella UNI EN 338/2004 e richiamata dal D.M. 14/01/2008 norme Tecniche per le Costruzioni, utilizzando come fattore di ingresso il parametro meccanico selezionato precedentemente nella tabella dei valori caratteristici della norma UNI 11035/2 (tipicamente la flessione per le travi inflesse e la trazione parallela alla fibratura per le catene delle capriate). La UNI EN 338/2004 "Legno strutturale - Classi di resistenza" stabilisce un sistema di classi di resistenza per uso generale nei codici strutturali, fornendo inoltre valori caratteristici delle proprietà di resistenza, di rigidezza e della massa volumica per ciascuna classe, e le regole per l'assegnazione dei tipi di legno (cioè le combinazioni di specie, provenienza e categoria) alle classi di resistenza; questa norma si applica a tutti i legnami di conifere e di latifoglie per uso strutturale.

Va precisato che il procedimento adottato per l'indagine in situ sulle strutture lignee, spesso inserite in contesti storico monumentali caratterizzati da peculiari metodi costruttivi, non può essere considerato sostitutivo della procedura di controllo sistematico per la classificazione del legname di nuova immissione sul mercato delle costruzioni. Il confronto con le classi di resistenza indicate dalla normativa UNI EN 338 deve pertanto essere considerato semplicemente come un indirizzo di inquadramento e chiarimento; si consiglia di utilizzare nei calcoli le informazioni riportate nelle precedenti tabelle della UNI11119 e della UNI 11035/2.

	Pioppo e conifere												Latifoglie						
	C14	C16	C18	C20	C22	C24	C27	C30	C35	C40	C45	C50	D30	D35	D40	D50	D60	D70	
Proprietà di resistenza (in N/mm²)																			
Flessione	$f_{m,k}$	14	16	18	20	22	24	27	30	35	40	45	50	30	35	40	50	60	70
Trazione parallela	$f_{t,0,k}$	8	10	11	12	13	14	16	18	21	24	27	30	18	21	24	30	36	42
Trazione perpendicolare	$f_{t,90,k}$	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Compressione parallela	$f_{c,0,k}$	16	17	18	19	20	21	22	23	25	26	27	29	23	25	26	29	32	34
Compressione perpendicolare	$f_{c,90,k}$	2,0	2,2	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,1	3,2	8,0	8,4	8,8	9,7	10,5	13,5
Taglio	$f_{k,k}$	1,7	1,8	2,0	2,2	2,4	2,5	2,8	3,0	3,4	3,8	3,8	3,8	3,0	3,4	3,8	4,6	5,3	6,0
Proprietà di rigidezza (in kN/mm²)																			
Modulo di elasticità medio parallela	$E_{0,mean}$	7	8	9	9,5	10	11	11,5	12	13	14	15	16	10	10	11	14	17	20
Modulo di elasticità parallelo al 5%	$E_{0,05}$	4,7	5,4	6,0	6,4	6,7	7,4	7,7	8,0	8,7	9,4	10,0	10,7	8,0	8,7	9,4	11,8	14,3	16,8
Modulo di elasticità medio perpendicolare	$E_{90,mean}$	0,23	0,27	0,30	0,32	0,33	0,37	0,38	0,40	0,43	0,47	0,50	0,53	0,64	0,69	0,75	0,93	1,13	1,33
Modulo di taglio medio	G_{mean}	0,44	0,5	0,56	0,59	0,63	0,69	0,72	0,75	0,81	0,88	0,94	1,00	0,60	0,65	0,70	0,88	1,06	1,25
Massa volumica (in kg/m³)																			
Massa volumica	ρ_k	290	310	320	330	340	350	370	380	400	420	440	460	530	560	590	650	700	900
Massa volumica media	ρ_{mean}	350	370	380	390	410	420	450	460	480	500	520	550	640	670	700	780	840	1 080
Nota																			
a)	I valori forniti sopra per la resistenza a trazione, la resistenza a compressione, la resistenza a taglio, il modulo di elasticità al 5%, il modulo di elasticità medio perpendicolare alla fibratura e il modulo di taglio medio, sono calcolati utilizzando le equazioni fornite nell'appendice A.																		
b)	Le proprietà nel prospetto sono compatibili con un legno la cui umidità sia corrispondente ad una temperatura di 20 °C e un'umidità relativa del 65%.																		
c)	Il legno conforme alle classi C45 e C50 può non essere immediatamente disponibile.																		

Figura 17:tabella estratta dalla UNI EN 338 –Classi di resistenza. Esempio di ricavo dei parametri meccanici a flessione per abete di terza categoria

6. Elenco allegati

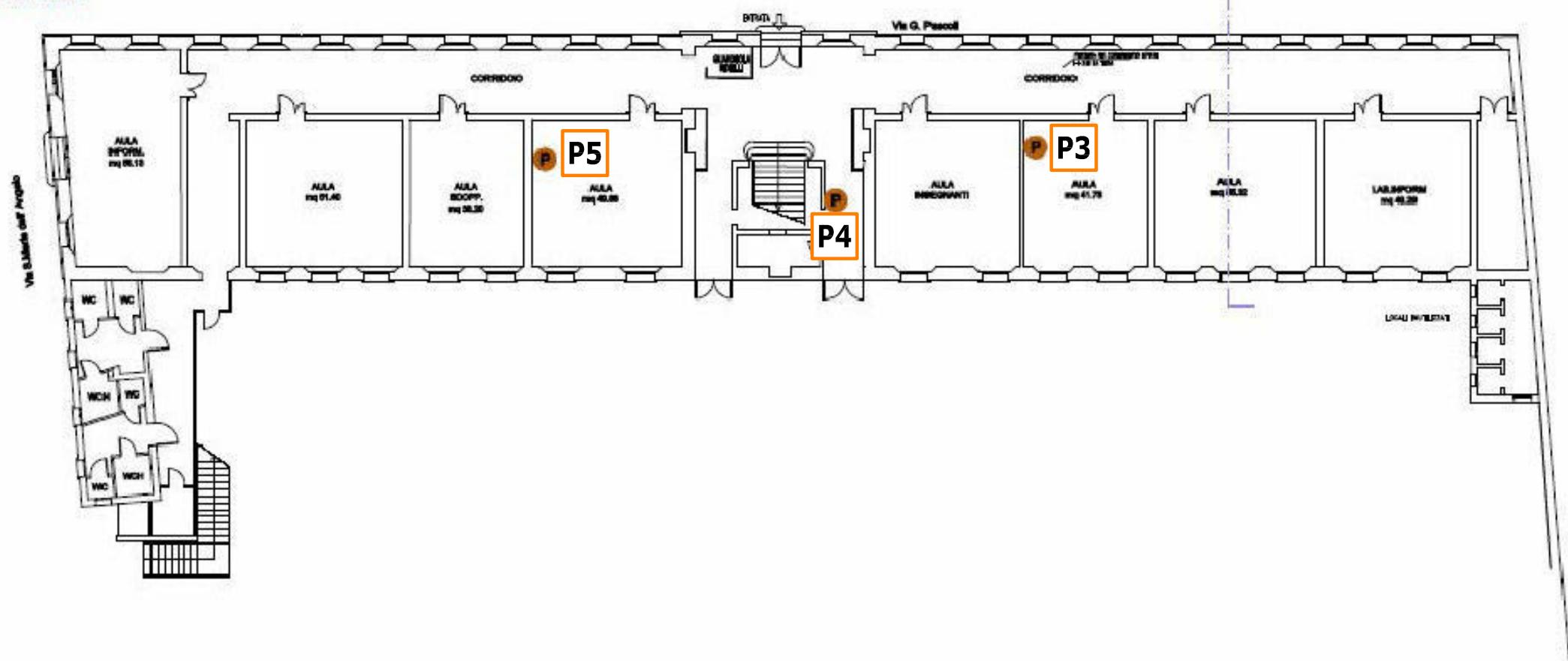
Allegato 1	Localizzazione e codifica indagini: <i>elaborati grafici</i>
Allegato 2	Indagini video-endoscopiche: <i>rapporti di prova</i>
Allegato 3	Prove di carico statico su solai d'interpiano: <i>rapporti di prova</i>
Allegato 4	Indagini su elementi lignei di copertura: <i>elaborati grafici + curve resistografiche + report fotografico</i>

ALLEGATO 1

Localizzazione e codifica indagini
Elaborati grafici

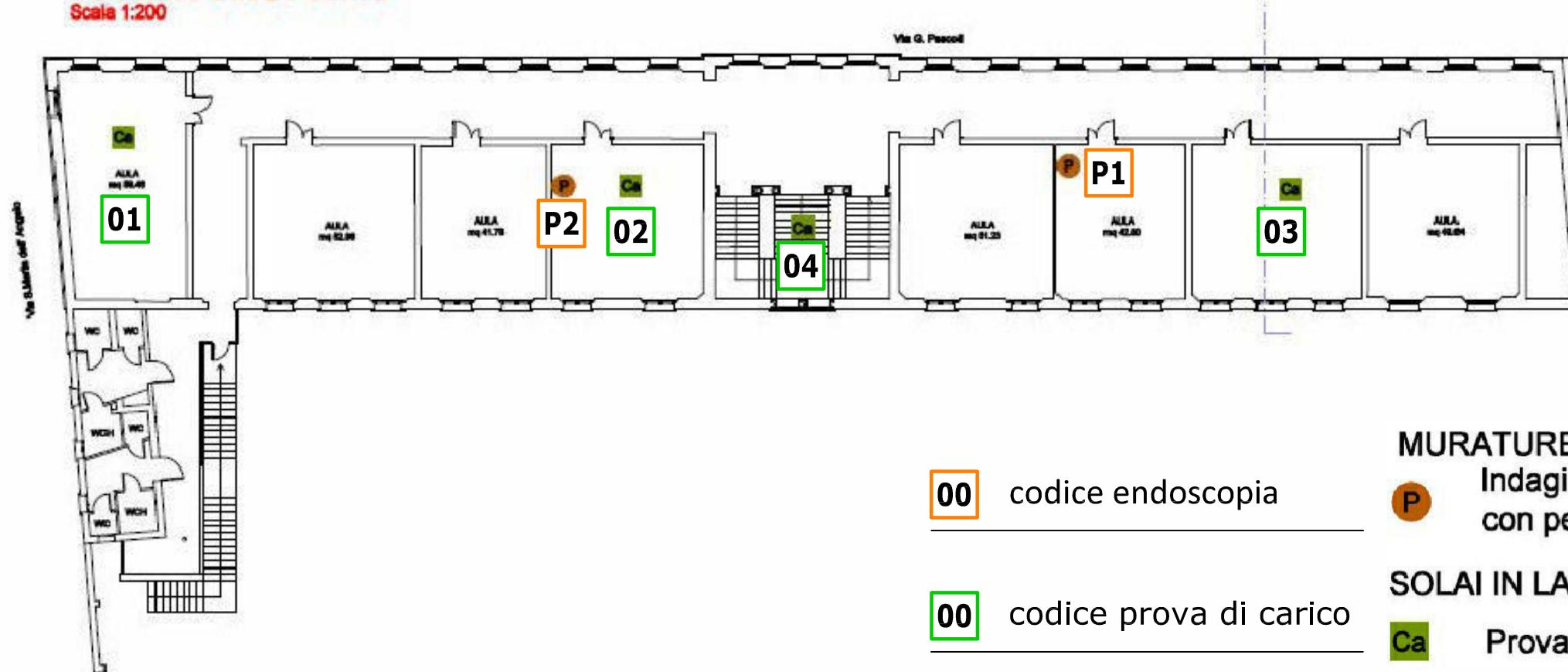
PIANTA PIANO TERRA

Scala 1:200



PIANTA PIANO PRIMO

Scala 1:200



MURATURE:

00 codice endoscopia

P Indagine spessore muratura con perforazione passante

00 codice prova di carico

Ca Prova di carico su solaio

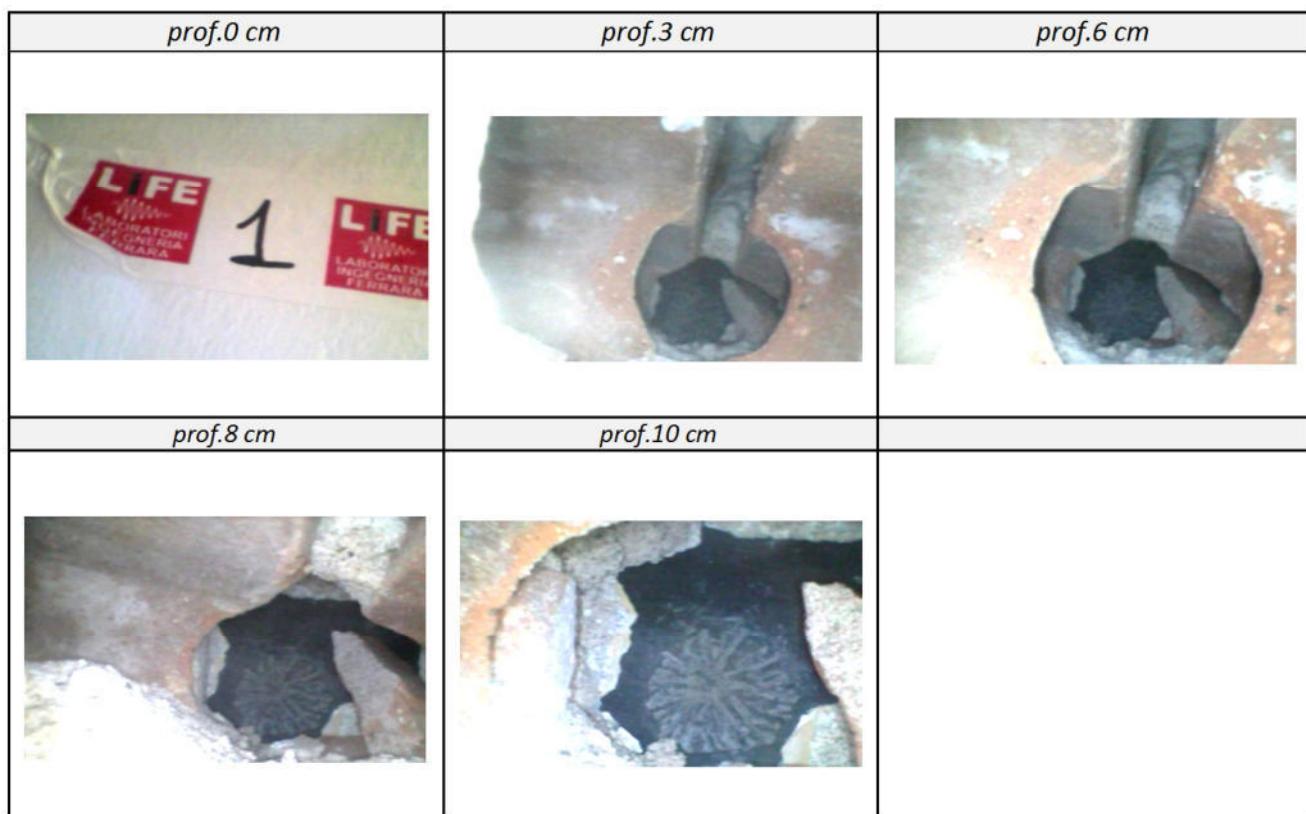


ALLEGATO 2

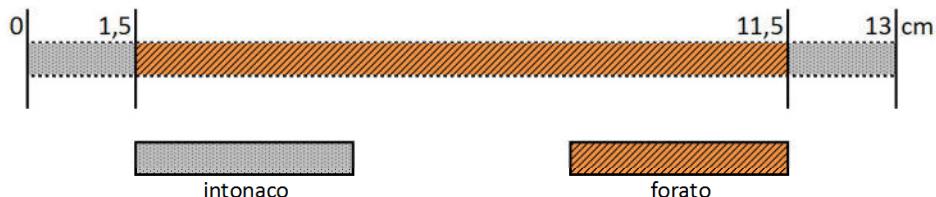
Indagini video-endoscopiche
Rapporti di prova

Committente: Provincia di Ravenna - Settore Lavori Pubblici
Indirizzo: Piazza dei Caduti per la Libertà, 2 - 48121 Ravenna (RA)
Comessa: 2848
Cantiere: Liceo "Torricelli-Ballardini" di Faenza (RA)
Parte d'opera: Tamponamento - *Piano PRIMO*
Data prove: 30/07/21
ID indagine: P1

Analisi videoendoscopiche - Perforazioni in direzione orizzontale



Restituzione schematica della stratigrafia indagata (non in scala)

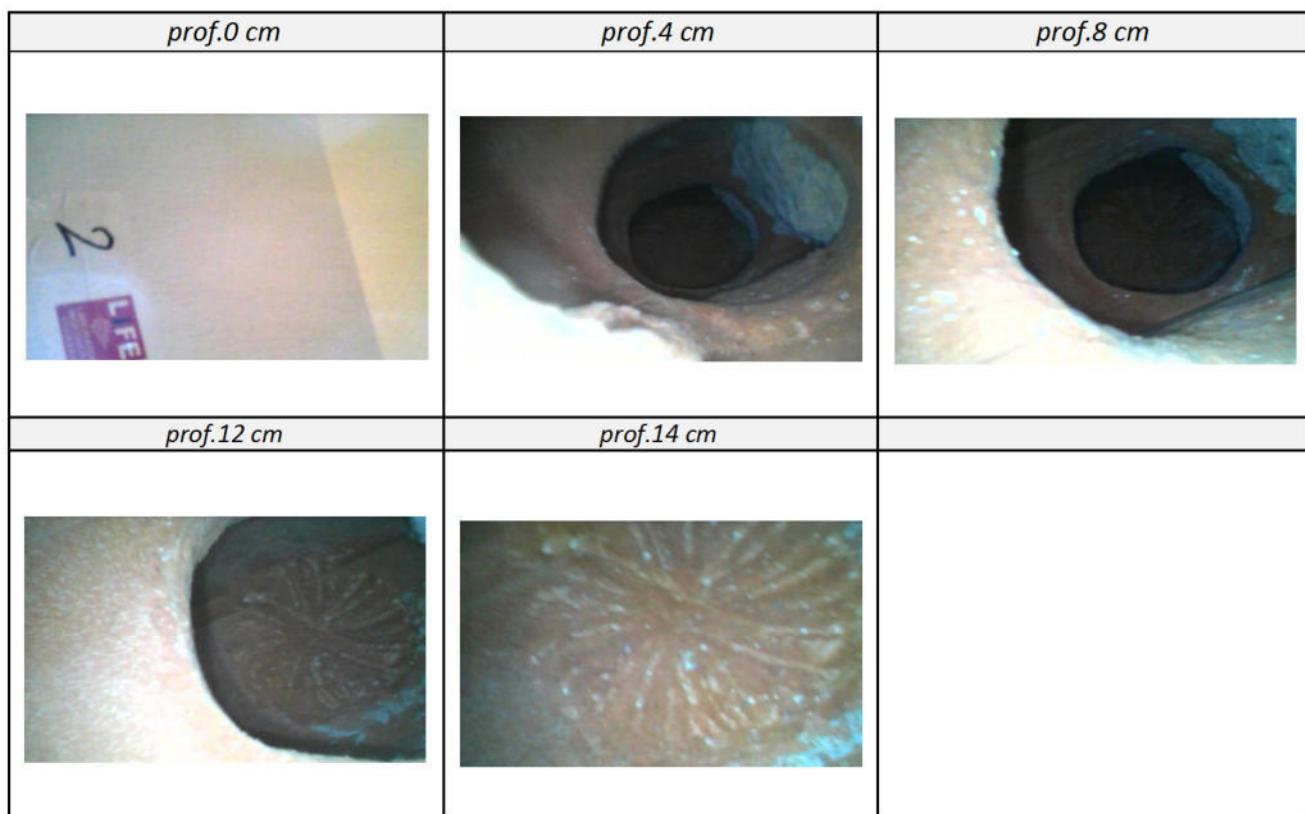


Note

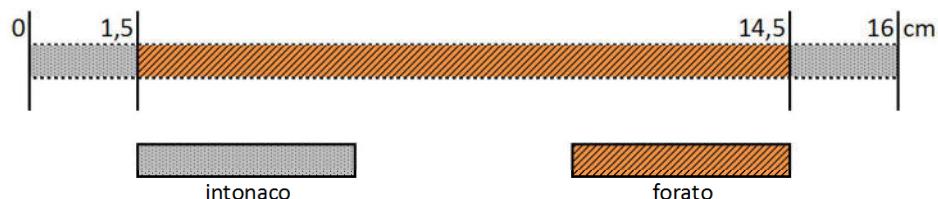
Laterizi con fori orizzontali

Committente: Provincia di Ravenna - Settore Lavori Pubblici
Indirizzo: Piazza dei Caduti per la Libertà, 2 - 48121 Ravenna (RA)
Comessa: 2848
Cantiere: Liceo "Torricelli-Ballardini" di Faenza (RA)
Parte d'opera: Muro di spina - *Piano PRIMO*
Data prove: 30/07/21
ID indagine: P2

Analisi videoendoscopiche - Perforazioni in direzione orizzontale



Restituzione schematica della stratigrafia indagata (non in scala)



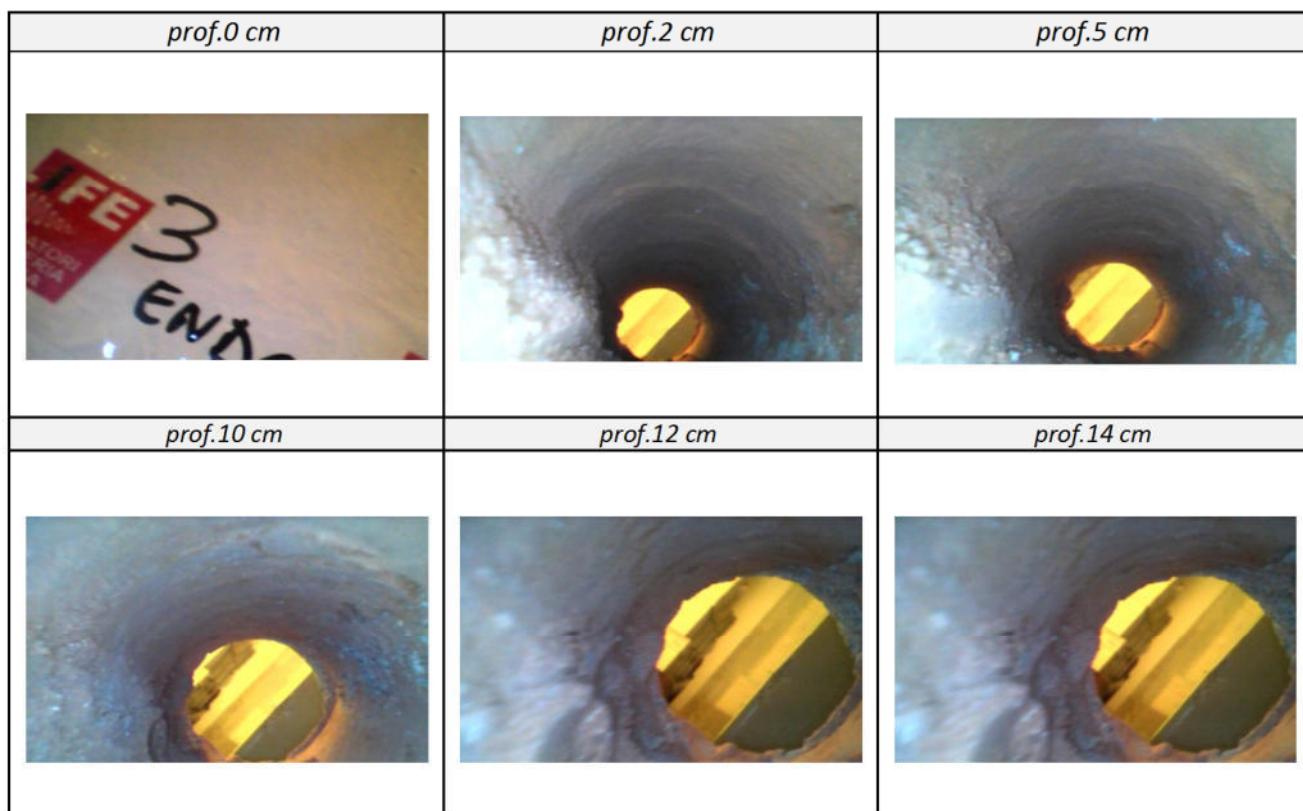
Note

Laterizi con fori verticali

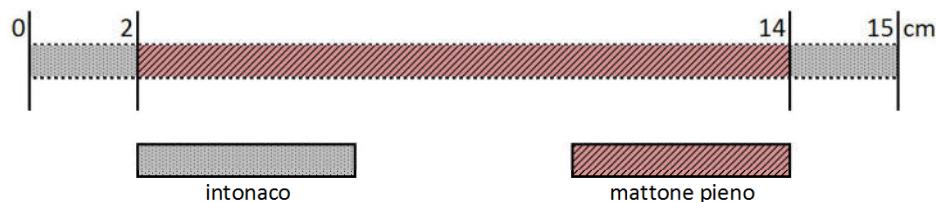


Committente: Provincia di Ravenna - Settore Lavori Pubblici
Indirizzo: Piazza dei Caduti per la Libertà, 2 - 48121 Ravenna (RA)
Comessa: 2848
Cantiere: Liceo "Torricelli-Ballardini" di Faenza (RA)
Parte d'opera: Muro di spina - *Piano TERRA*
Data prove: 30/07/21
ID indagine: P3

Analisi videoendoscopiche - Perforazioni in direzione orizzontale



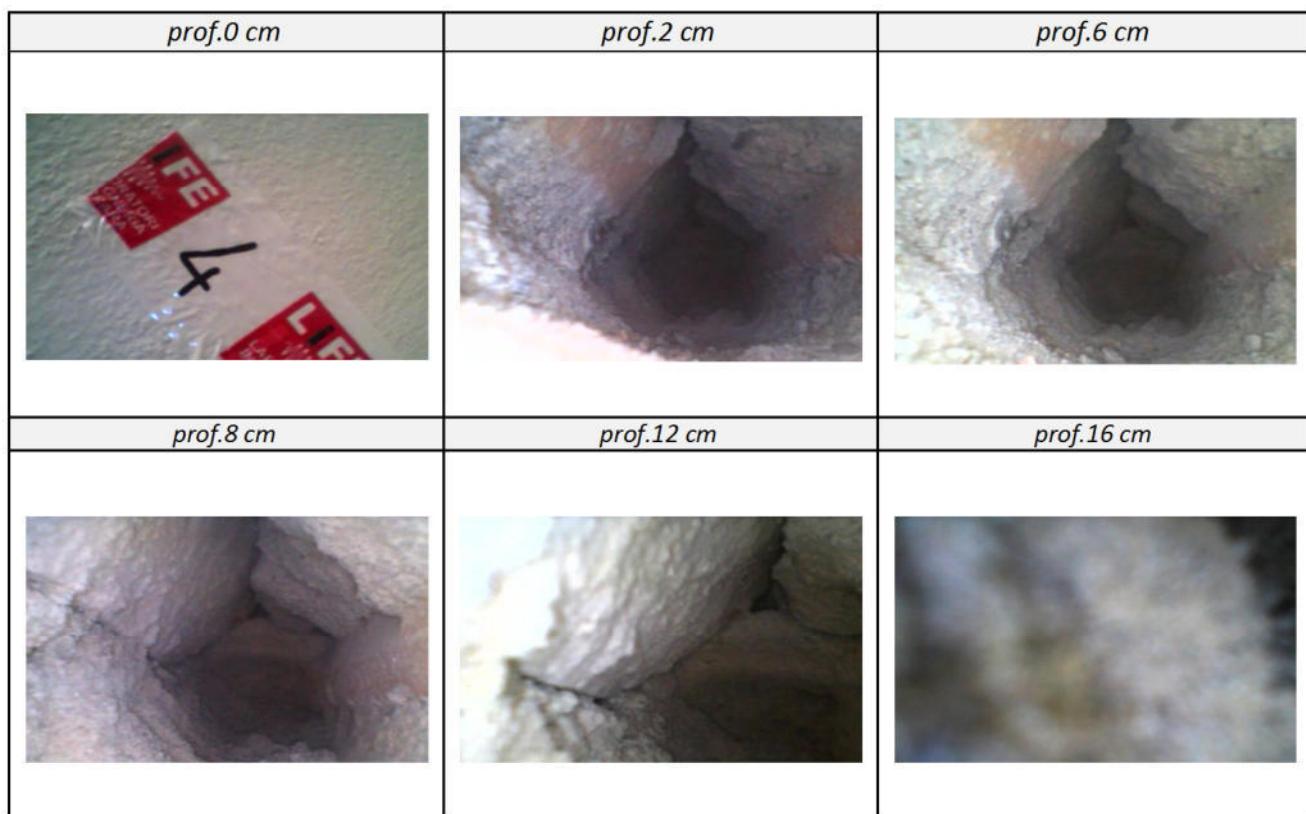
Restituzione schematica della stratigrafia indagata (non in scala)



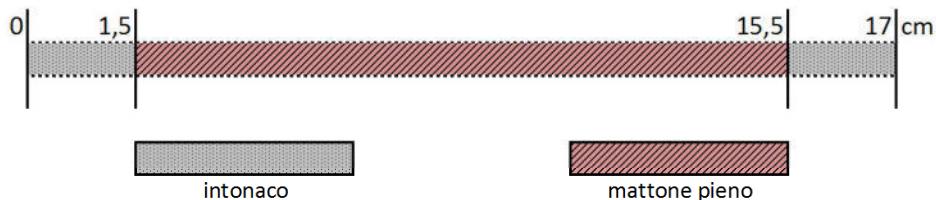
Note

Committente: Provincia di Ravenna - Settore Lavori Pubblici
Indirizzo: Piazza dei Caduti per la Libertà, 2 - 48121 Ravenna (RA)
Comessa: 2848
Cantiere: Liceo "Torricelli-Ballardini" di Faenza (RA)
Parte d'opera: Muro scala - *Piano TERRA*
Data prove: 30/07/21
ID indagine: P4

Analisi videoendoscopiche - Perforazioni in direzione orizzontale



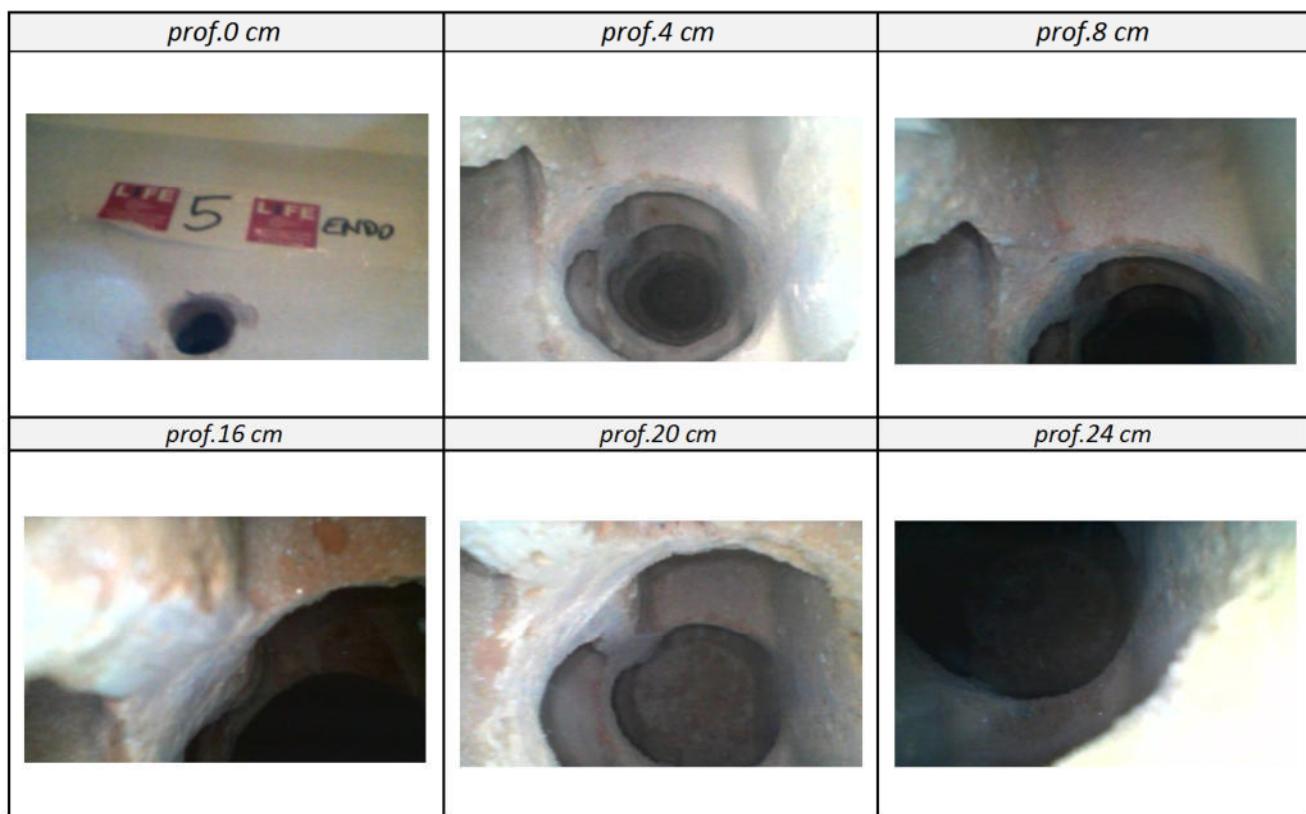
Restituzione schematica della stratigrafia indagata (non in scala)



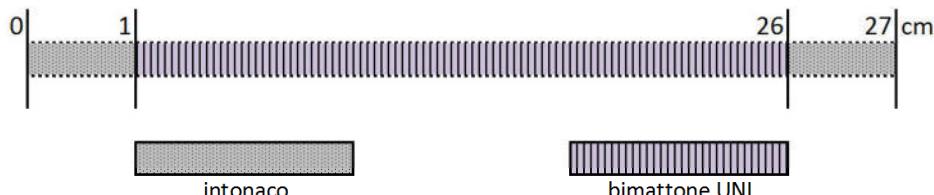
Note

Committente: Provincia di Ravenna - Settore Lavori Pubblici
Indirizzo: Piazza dei Caduti per la Libertà, 2 - 48121 Ravenna (RA)
Comessa: 2848
Cantiere: Liceo "Torricelli-Ballardini" di Faenza (RA)
Parte d'opera: Muro di spina - *Piano TERRA*
Data prove: 30/07/21
ID indagine: P5

Analisi videoendoscopiche - Perforazioni in direzione orizzontale



Restituzione schematica della stratigrafia indagata (non in scala)



Note

Paramento realizzato con doppio bimattone UNI

ALLEGATO 3

Prove di carico statico su solai d'interpiano
Rapporti di prova

Prova di carico statica - prova con vasca
RAPPORTO DI PROVA n°
02307/2021
Rev.00 del
23/08/2021

Committente: Provincia di Ravenna - Settore Lavori Pubblici
Indirizzo: Piazza dei Caduti per la Libertà, 2 - 48121 Ravenna (RA)
Cantiere: Liceo "Torricelli-Ballardini" di Faenza (RA)
Opera: Indagini diagnostiche strutturali, rilievi diretti e analisi del degrado
Proprietà: Provincia di Ravenna
Impresa: --
Attrezzature: Vasca di carico - trasduttori potenziometrici
Descrizione: PROVA 1 - Solaio del piano primo
Richiedente: ing. Christian Tassinari
Sperimentatori LIFE: TRL - MZZ - FBB
Commissa: 2848

Data prove:
29/07/2021
Dimensione vasca:
9
m²
Dati di prova - Misure strumentali

ora	Battente	Carico applicato	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7
[hh:mm]	[cm]	[daN]	[mm/100]						
10:29	0	0	2482	2599	2445	3405	3201	-	-
10:36	0	0	2482	2599	2445	3405	3201	-	-
10:54	5	450	2482	2590	2444	3386	3198	-	-
10:57	10	900	2481	2580	2443	3368	3193	-	-
11:01	15	1350	2480	2570	2441	3354	3185	-	-
11:05	20	1800	2478	2562	2439	3335	3182	-	-
11:09	25	2250	2476	2548	2437	3318	3175	-	-
11:11	30	2700	2475	2539	2435	3303	3170	-	-
11:14	35	3150	2473	2524	2433	3285	3161	-	-
11:17	40	3600	2470	2509	2430	3270	3152	-	-
11:47	40	3600	2468	2501	2429	3263	3150	-	-
12:00	40	3600	2468	2500	2430	3264	3151	-	-
12:05	30	2700	2469	2510	2433	3279	3159	-	-
12:10	20	1800	2472	2531	2435	3297	3167	-	-
12:15	10	900	2474	2542	2438	3322	3178	-	-
12:20	0	0	2476	2572	2442	3371	3187	-	-
12:25	0	0	2478	2576	2443	3371	3191	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

 Lo sperimentatore
 Massimiliano Fabbri

 direttore tecnico
 Sergio Tralli

Prova di carico statica - prova con vasca

RAPPORTO DI PROVA n°

02307/2021

Rev.00 del

23/08/2021

Committente: Provincia di Ravenna - Settore Lavori Pubblici
 Indirizzo: Piazza dei Caduti per la Libertà, 2 - 48121 Ravenna (RA)
 Cantiere: Liceo "Torricelli-Ballardini" di Faenza (RA)
 Opera: Indagini diagnostiche strutturali, rilievi diretti e analisi del degrado
 Proprietà: Provincia di Ravenna
 Impresa: --
 Attrezzature: Vasca di carico - trasduttori potenziometrici
 Descrizione: PROVA 1 - Solaio del piano primo
 Richiedente: ing. Christian Tassinari
 Sperimentatori LIFE: TRL - MZZ - FBB
 Commessa: 2848

Data prove:

29/07/2021

Dimensione vasca:

9

m²

Elaborazione - Spostamenti relativi									
ora	Battente	Carico applicato	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7
[hh:mm]	[cm]	[daN]	[mm/100]						
10:29	0	0	0	0	0	0	0	-	-
10:36	0	0	0	0	0	0	0	-	-
10:54	5	450	0	9	1	19	3	-	-
10:57	10	900	1	19	2	37	8	-	-
11:01	15	1350	2	29	4	51	16	-	-
11:05	20	1800	4	37	6	70	19	-	-
11:09	25	2250	6	51	8	87	26	-	-
11:11	30	2700	7	60	10	102	31	-	-
11:14	35	3150	9	75	12	120	40	-	-
11:17	40	3600	12	90	15	135	49	-	-
11:47	40	3600	14	98	16	142	51	-	-
12:00	40	3600	14	99	15	141	50	-	-
12:05	30	2700	13	89	12	126	42	-	-
12:10	20	1800	10	68	10	108	34	-	-
12:15	10	900	8	57	7	83	23	-	-
12:20	0	0	6	27	3	34	14	-	-
12:25	0	0	4	23	2	34	10	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Note: per convenzione lo spostamento con segno positivo indica uno sostegno verso il basso, mentre lo spostamento con segno negativo indica uno spostamento verso l'alto

Lo sperimentatore

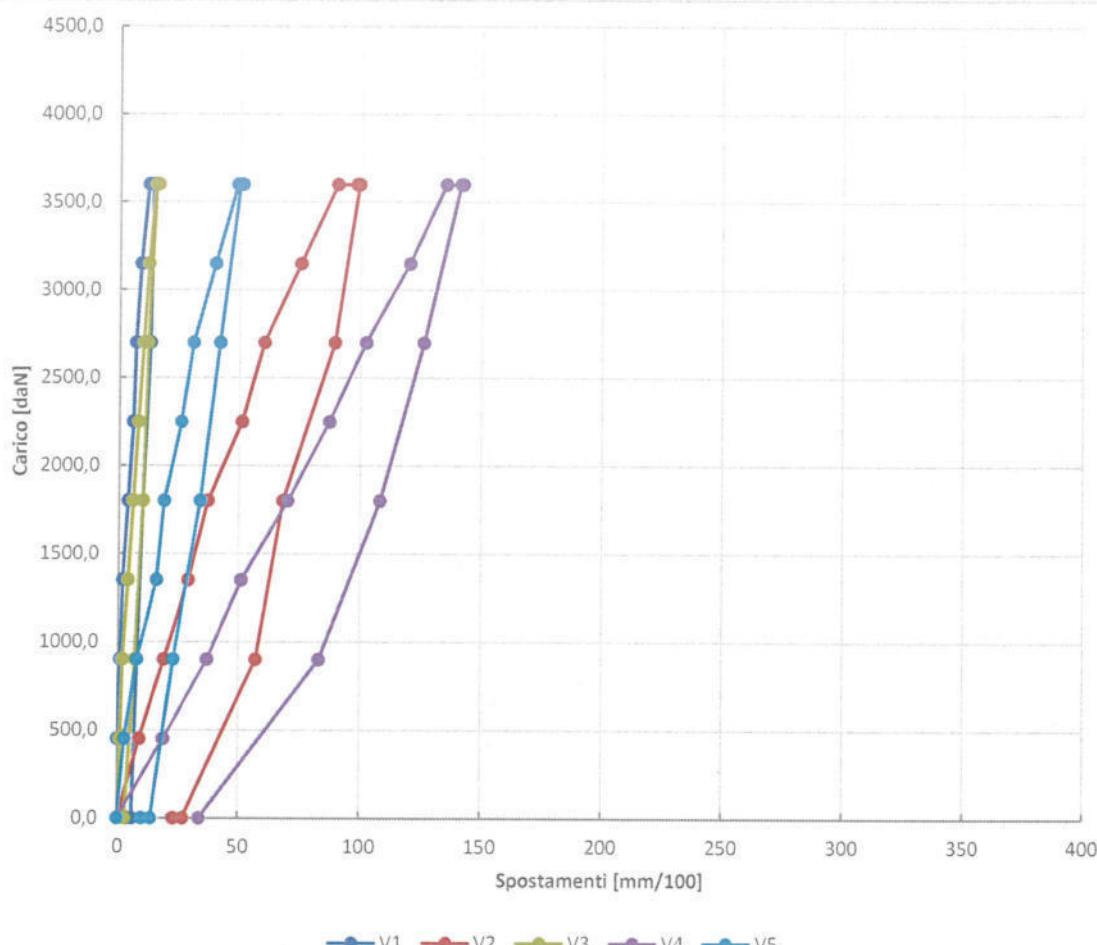
Massimiliano Fabbri

Il direttore tecnico
 Ing. Sergio Tralli
 FERRARA

Prova di carico statica - prova con vasca

RAPPORTO DI PROVA n°
02307/2021
Rev.00 del
23/08/2021

Committente: Provincia di Ravenna - Settore Lavori Pubblici
Indirizzo: Piazza dei Caduti per la Libertà, 2 - 48121 Ravenna (RA)
Cantiere: Liceo "Torricelli-Ballardini" di Faenza (RA)
Opera: Indagini diagnostiche strutturali, rilievi diretti e analisi del degrado
Proprietà: Provincia di Ravenna
Impresa: --
Attrezzature: Vasca di carico - trasduttori potenziometrici
Descrizione: PROVA 1 - Solaio del piano primo
Richiedente: ing. Christian Tassinari
Sperimentatori LIFE: TRL - MZZ - FBB
Commissa: 2848

Data prove:
29/07/2021
Dimensione vasca:
9
m²
Diagramma carico - spostamenti


Note: per convenzione lo spostamento con segno positivo indica uno sostegno verso il basso, mentre lo spostamento con segno negativo indica uno spostamento verso l'alto

Lo sperimentatore
Massimiliano Fabbri

**Il direttore tecnico
Ing. Sergio Tralli**

Prova di carico statica - prova con vasca

RAPPORTO DI PROVA n°

02307/2021

Rev.00 del

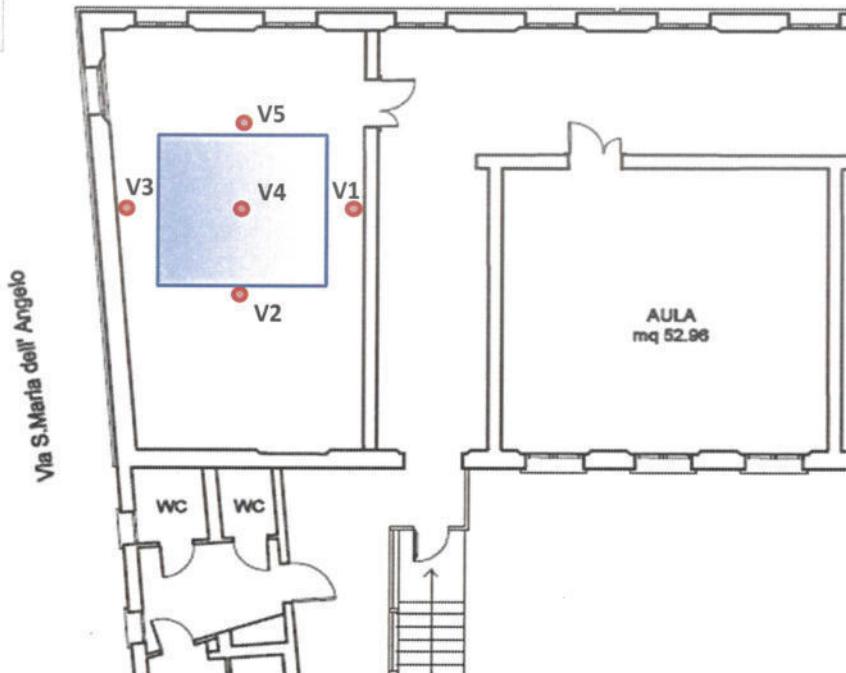
23/08/2021

Committente: Provincia di Ravenna - Settore Lavori Pubblici
 Indirizzo: Piazza dei Caduti per la Libertà, 2 - 48121 Ravenna (RA)
 Cantiere: Liceo "Torricelli-Ballardini" di Faenza (RA)
 Opera: Indagini diagnostiche strutturali, rilievi diretti e analisi del degrado
 Proprietà: Provincia di Ravenna
 Impresa: --
 Attrezzature: Vasca di carico - trasduttori potenziometrici
 Descrizione: PROVA 1 - Solaio del piano primo
 Richiedente: ing. Christian Tassinari
 Sperimentatori LIFE: TRL - MZZ - FBB
 Commessa: 2848

Data prove: 29/07/2021 Dimensione vasca: 9 m²

Schema di prova

PIANTA 1°P



Presenti alla prova

Per l'impresa: --
 Committente: --
 Direttore dei lavori: --
 Collaudatore: --

Lo sperimentatore
 Massimiliano Fabbri



Il direttore tecnico
 Sergio Tralli

Prova di carico statica - prova con vasca

RAPPORTO DI PROVA n° 02308/2021 Rev.00 del 23/08/2021

Committente: Provincia di Ravenna - Settore Lavori Pubblici
 Indirizzo: Piazza dei Caduti per la Libertà, 2 - 48121 Ravenna (RA)
 Cantiere: Liceo "Torricelli-Ballardini" di Faenza (RA)
 Opera: Indagini diagnostiche strutturali, rilievi diretti e analisi del degrado
 Proprietà: Provincia di Ravenna
 Impresa: --
 Attrezzature: Vasca di carico - trasduttori potenziometrici
 Descrizione: PROVA 2 - Solaio del piano primo
 Richiedente: ing. Christian Tassinari
 Sperimentatori LIFE: TRL - MZZ - FBB
 Commessa: 2848

Data prove: 29/07/2021 Dimensione vasca: 9 m²

Dati di prova - Misure strumentali

ora	Battente	Carico applicato	V6	V7	V8	CH1	CH2	V6	V7
[hh:mm]	[cm]	[daN]	[mm/100]						
11:24	0	0	2316	2715	2750	2580	3000	-	-
11:31	5	450	2310	2662	2733	2580	3000	-	-
11:36	10	900	2304	2623	2714	2580	3000	-	-
11:39	15	1350	2296	2586	2693	2579	3000	-	-
11:43	20	1800	2289	2551	2674	2579	3000	-	-
11:47	25	2250	2282	2510	2652	2579	3000	-	-
11:52	30	2700	2274	2478	2630	2579	3000	-	-
11:54	35	3150	2268	2442	2609	2579	3000	-	-
11:57	40	3600	2259	2412	2591	2579	3000	-	-
12:00	45	4050	2245	2378	2570	2579	3002	-	-
12:30	45	4050	2240	2356	2557	2579	3005	-	-
13:08	45	4050	2235	2337	2541	2581	3013	-	-
13:12	40	3600	2240	2350	2549	2581	3011	-	-
13:15	30	2700	2255	2400	2579	2581	3005	-	-
13:18	20	1800	2269	2462	2615	2580	3002	-	-
13:25	10	900	2289	2530	2652	2578	3001	-	-
13:30	0	0	2300	2625	2705	2580	2998	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Lo sperimentatore
 Massimiliano Fabbri



Indirettore tecnico
 Ing. Sergio Tralli

Prova di carico statica - prova con vasca

RAPPORTO DI PROVA n° 02308/2021 Rev.00 del 23/08/2021

Committente: Provincia di Ravenna - Settore Lavori Pubblici
 Indirizzo: Piazza dei Caduti per la Libertà, 2 - 48121 Ravenna (RA)
 Cantiere: Liceo "Torricelli-Ballardini" di Faenza (RA)
 Opera: Indagini diagnostiche strutturali, rilievi diretti e analisi del degrado
 Proprietà: Provincia di Ravenna
 Impresa: --
 Attrezzature: Vasca di carico - trasduttori potenziometrici
 Descrizione: PROVA 2 - Solaio del piano primo
 Richiedente: ing. Christian Tassinari
 Sperimentatori LIFE: TRL - MZZ - FBB
 Commessa: 2848

Data prove: 29/07/2021 Dimensione vasca: 9 m²

Elaborazione - Spostamenti relativi									
ora	Battente	Carico applicato	V6	V7	V8	CH1	CH2	V6	V7
[hh:mm]	[cm]	[daN]	[mm/100]						
11:24	0	0	0	0	0	0	0	-	-
11:31	5	450	6	53	17	0	0	-	-
11:36	10	900	12	92	36	0	0	-	-
11:39	15	1350	20	129	57	1	0	-	-
11:43	20	1800	27	164	76	1	0	-	-
11:47	25	2250	34	205	98	1	0	-	-
11:52	30	2700	42	237	120	1	0	-	-
11:54	35	3150	48	273	141	1	0	-	-
11:57	40	3600	57	303	159	1	0	-	-
12:00	45	4050	71	337	180	1	-2	-	-
12:30	45	4050	76	359	193	1	-5	-	-
13:08	45	4050	81	378	209	-1	-13	-	-
13:12	40	3600	76	365	201	-1	-11	-	-
13:15	30	2700	61	315	171	-1	-5	-	-
13:18	20	1800	47	253	135	0	-2	-	-
13:25	10	900	27	185	98	2	-1	-	-
13:30	0	0	16	90	45	0	2	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Note: per convenzione lo spostamento con segno positivo indica uno sostegno verso il basso, mentre lo spostamento con segno negativo indica uno spostamento verso l'alto

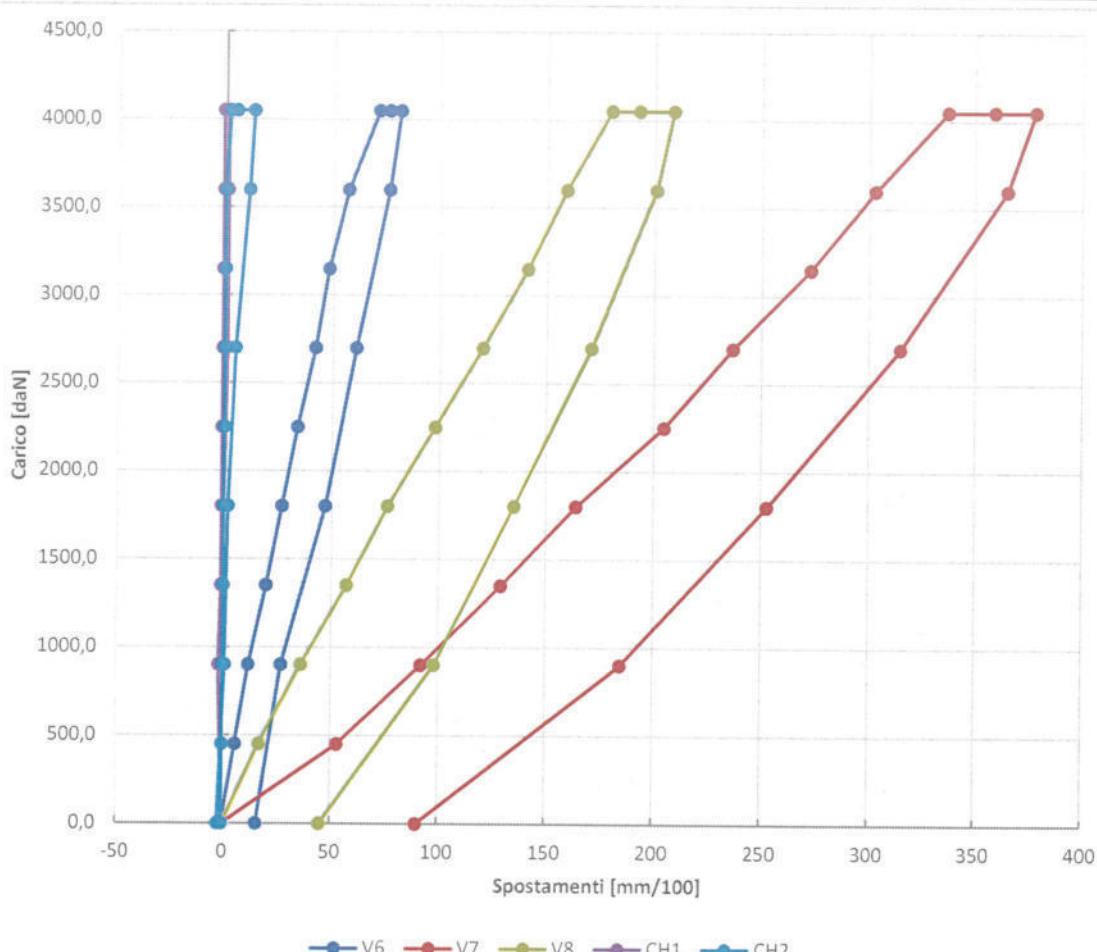
Lo sperimentatore
 Massimiliano Fabbri

Il direttore tecnico
 Sergio Tralli

Prova di carico statica - prova con vasca

RAPPORTO DI PROVA n°
02308/2021
Rev.00 del
23/08/2021

Committente: Provincia di Ravenna - Settore Lavori Pubblici
Indirizzo: Piazza dei Caduti per la Libertà, 2 - 48121 Ravenna (RA)
Cantiere: Liceo "Torricelli-Ballardini" di Faenza (RA)
Opera: Indagini diagnostiche strutturali, rilievi diretti e analisi del degrado
Proprietà: Provincia di Ravenna
Impresa:--
Attrezzature: Vasca di carico - trasduttori potenziometrici
Descrizione: PROVA 2 - Solaio del piano primo
Richiedente: ing. Christian Tassinari
Sperimentatori LIFE: TRL - MZZ - FBB
Commissa: 2848

Data prove:
29/07/2021
Dimensione vasca:
9
m²
Diagramma carico - spostamenti


Note: per convenzione lo spostamento con segno positivo indica uno sostegno verso il basso, mentre lo spostamento con segno negativo indica uno spostamento verso l'alto

Lo sperimentatore
 Massimiliano Fabbri



Prova di carico statica - prova con vasca

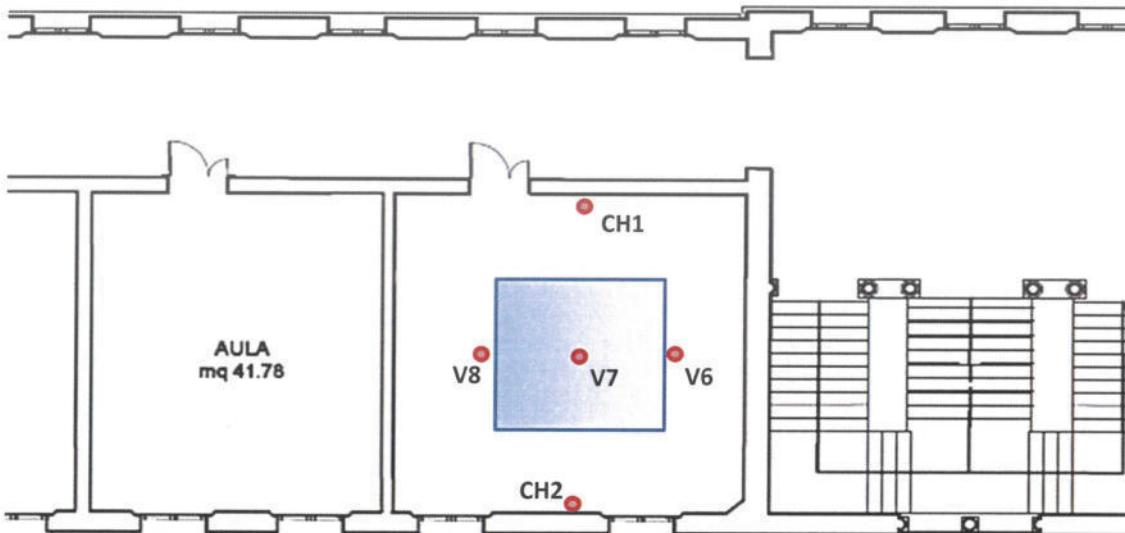
RAPPORTO DI PROVA n° 02308/2021 Rev.00 del 23/08/2021

Committente:	Provincia di Ravenna - Settore Lavori Pubblici
Indirizzo:	Piazza dei Caduti per la Libertà, 2 - 48121 Ravenna (RA)
Cantiere:	Liceo "Torricelli-Ballardini" di Faenza (RA)
Opera:	Indagini diagnostiche strutturali, rilievi diretti e analisi del degrado
Proprietà:	Provincia di Ravenna
Impresa:	--
Attrezzature:	Vasca di carico - trasduttori potenziometrici
Descrizione:	PROVA 2 - Solaio del piano primo
Richiedente:	ing. Christian Tassinari
Sperimentatori LIFE:	TRL - MZZ - FBB
Comessa:	2848

Data prove: 29/07/2021 Dimensione vasca: 9 m²

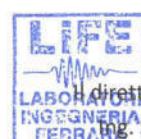
Schema di prova

PIANTA 1° P



Presenti alla prova

Per l'impresa: --
Committente: --
Direttore dei lavori: --
Collaudatore: --



Lo sperimentatore Massimiliano Fabbri

direttore tecnico
Ing. Sergio Tralli

Prova di carico statica - prova con vasca

RAPPORTO DI PROVA n°

02309/2021

Rev.00 del

23/08/2021

Committente:	Provincia di Ravenna - Settore Lavori Pubblici
Indirizzo:	Piazza dei Caduti per la Libertà, 2 - 48121 Ravenna (RA)
Cantiere:	Liceo "Torricelli-Ballardini" di Faenza (RA)
Opera:	Indagini diagnostiche strutturali, rilievi diretti e analisi del degrado
Proprietà:	Provincia di Ravenna
Impresa:	--
Attrezzature:	Vasca di carico - trasduttori potenziometrici
Descrizione:	PROVA 3 - Solaio del piano primo
Richiedente:	ing. Christian Tassinari
Sperimentatori LIFE:	TRL - MZZ - FBB
Commissa:	2848

Data prove:	29/07/2021	Dimensione vasca:	9	m ²
-------------	------------	-------------------	---	----------------

Dati di prova - Misure strumentali

ora	Battente	Carico applicato	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7
[hh:mm]	[cm]	[daN]	[mm/100]						
12:43	0	0	3305	1581	2240	2238	2965	-	-
12:50	5	450	3303	1556	2223	2245	2971	-	-
12:52	10	900	3296	1536	2215	2245	2970	-	-
12:55	15	1350	3282	1504	2200	2242	2967	-	-
12:58	20	1800	3273	1476	2184	2238	2965	-	-
13:00	25	2250	3257	1443	2167	2235	2961	-	-
13:02	30	2700	3242	1413	2150	2232	2958	-	-
13:04	35	3150	3227	1379	2131	2227	2955	-	-
13:06	40	3600	3211	1342	2109	2223	2950	-	-
13:08	45	4050	3190	1296	2085	2216	2945	-	-
13:32	45	4050	3181	1279	2073	2213	2940	-	-
14:28	45	4050	3168	1256	2055	2207	2934	-	-
14:30	40	3600	3173	1256	2066	2208	2935	-	-
14:33	30	2700	3186	1317	2078	2214	2941	-	-
14:36	20	1800	3208	1375	2125	2221	2947	-	-
14:39	10	900	3226	1437	2162	2230	2956	-	-
14:42	0	0	3274	1512	2198	2236	2965	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Lo sperimentatore
Massimiliano Fabbri



Il direttore tecnico
Ing. Sergio Tralli

Prova di carico statica - prova con vasca

RAPPORTO DI PROVA n°

02309/2021

Rev.00 del

23/08/2021

Committente: Provincia di Ravenna - Settore Lavori Pubblici
 Indirizzo: Piazza dei Caduti per la Libertà, 2 - 48121 Ravenna (RA)
 Cantiere: Liceo "Torricelli-Ballardini" di Faenza (RA)
 Opera: Indagini diagnostiche strutturali, rilievi diretti e analisi del degrado
 Proprietà: Provincia di Ravenna
 Impresa: --
 Attrezzature: Vasca di carico - trasduttori potenziometrici
 Descrizione: PROVA 3 - Solaio del piano primo
 Richiedente: ing. Christian Tassinari
 Sperimentatori LIFE: TRL - MZZ - FBB
 Commessa: 2848

Data prove: 29/07/2021 Dimensione vasca: 9 m²

Elaborazione - Spostamenti relativi									
ora	Battente	Carico applicato	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7
[hh:mm]	[cm]	[daN]	[mm/100]						
12:43	0	0	0	0	0	0	0	-	-
12:50	5	450	2	25	17	-7	-6	-	-
12:52	10	900	9	45	25	-7	-5	-	-
12:55	15	1350	23	77	40	-4	-2	-	-
12:58	20	1800	32	105	56	0	0	-	-
13:00	25	2250	48	138	73	3	4	-	-
13:02	30	2700	63	168	90	6	7	-	-
13:04	35	3150	78	202	109	11	10	-	-
13:06	40	3600	94	239	131	15	15	-	-
13:08	45	4050	115	285	155	22	20	-	-
13:32	45	4050	124	302	167	25	25	-	-
14:28	45	4050	137	325	185	31	31	-	-
14:30	40	3600	132	325	174	30	30	-	-
14:33	30	2700	119	264	162	24	24	-	-
14:36	20	1800	97	206	115	17	18	-	-
14:39	10	900	79	144	78	8	9	-	-
14:42	0	0	31	69	42	2	0	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

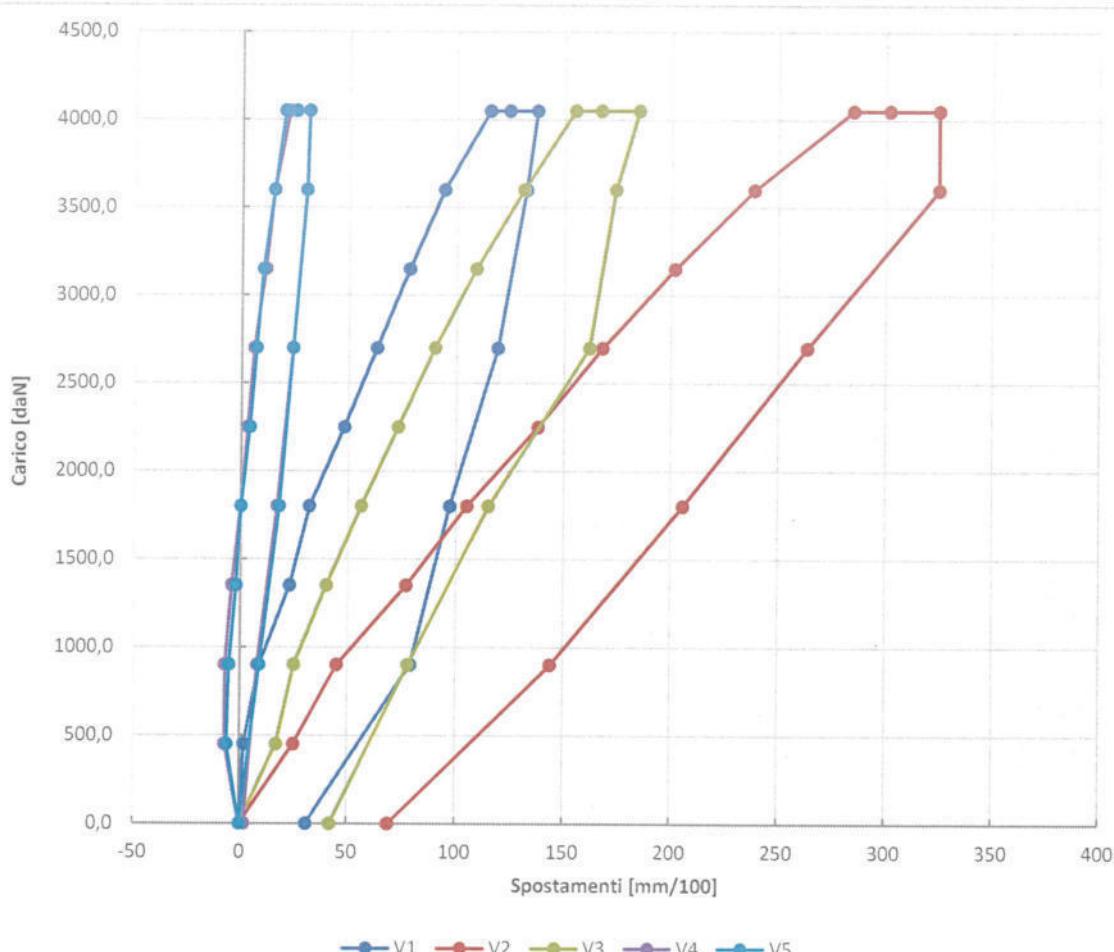
Note: per convenzione lo spostamento con segno positivo indica uno sostegno verso il basso, mentre lo spostamento con segno negativo indica uno spostamento verso l'alto

Lo sperimentatore
 Massimiliano Fabbri



Prova di carico statica - prova con vasca
RAPPORTO DI PROVA n°
02309/2021
Rev.00 del
23/08/2021

Committente: Provincia di Ravenna - Settore Lavori Pubblici
Indirizzo: Piazza dei Caduti per la Libertà, 2 - 48121 Ravenna (RA)
Cantiere: Liceo "Torricelli-Ballardini" di Faenza (RA)
Opera: Indagini diagnostiche strutturali, rilievi diretti e analisi del degrado
Proprietà: Provincia di Ravenna
Impresa:--
Attrezzature: Vasca di carico - trasduttori potenziometrici
Descrizione: PROVA 3 - Solaio del piano primo
Richiedente: ing. Christian Tassinari
Sperimentatori LIFE: TRL - MZZ - FBB
Commissa: 2848

Data prove:
29/07/2021
Dimensione vasca:
9
m²
Diagramma carico - spostamenti


Note: per convenzione lo spostamento con segno positivo indica uno sostegno verso il basso, mentre lo spostamento con segno negativo indica uno spostamento verso l'alto

Lo sperimentatore
Massimiliano Fabbri

Il direttore tecnico
José Sergio Tralli

Prova di carico statica - prova con vasca

RAPPORTO DI PROVA n°

02309/2021

Rev.00 del

23/08/2021

Committente: Provincia di Ravenna - Settore Lavori Pubblici
 Indirizzo: Piazza dei Caduti per la Libertà, 2 - 48121 Ravenna (RA)
 Cantiere: Liceo "Torricelli-Ballardini" di Faenza (RA)
 Opera: Indagini diagnostiche strutturali, rilievi diretti e analisi del degrado
 Proprietà: Provincia di Ravenna
 Impresa: --
 Attrezzature: Vasca di carico - trasduttori potenziometrici
 Descrizione: PROVA 3 - Solaio del piano primo
 Richiedente: ing. Christian Tassinari
 Sperimentatori LIFE: TRL - MZZ - FBB
 Commessa: 2848

Data prova:

29/07/2021

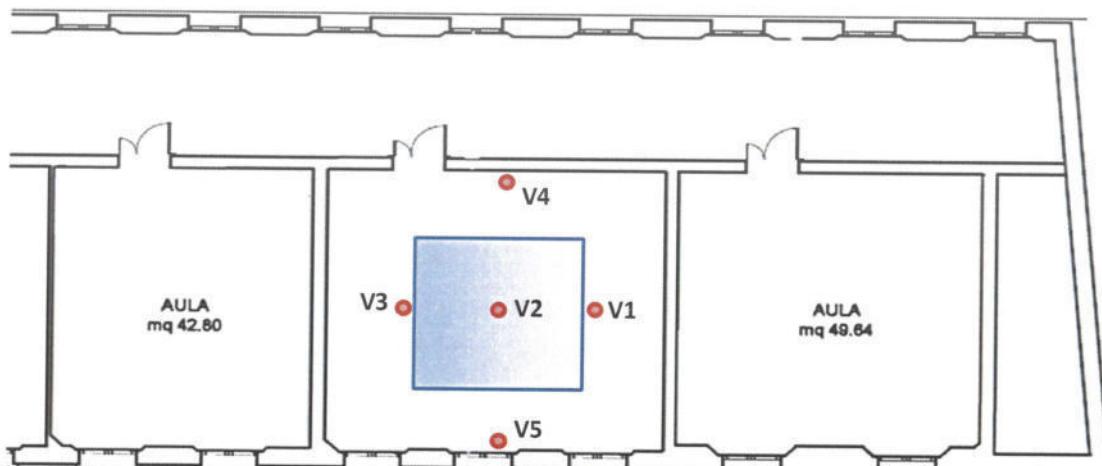
Dimensione vasca:

9

m²

Schema di prova

PIANTA 1°P



Presenti alla prova

Per l'impresa: --
 Committente: --
 Direttore dei lavori: --
 Collaudatore: --

Lo sperimentatore
 Massimiliano Fabbri



ALLEGATO 4

Indagini su elementi lignei di copertura

Elaborati grafici

Curve resistografiche

Report fotografico

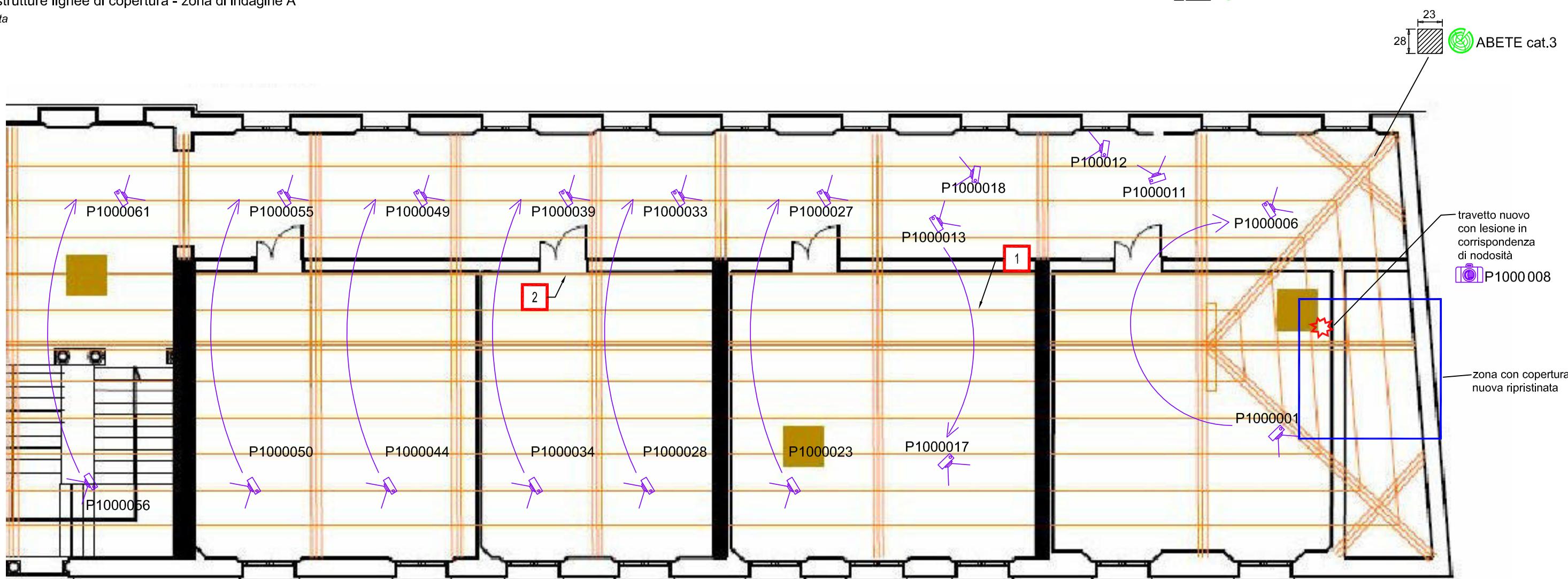
Schema strutture lignee di copertura - inquadramento zone di indagine

vista in pianta

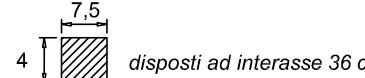


Schema strutture lignee di copertura - zona di indagine A

vista in pianta



travetti orditura secondaria:

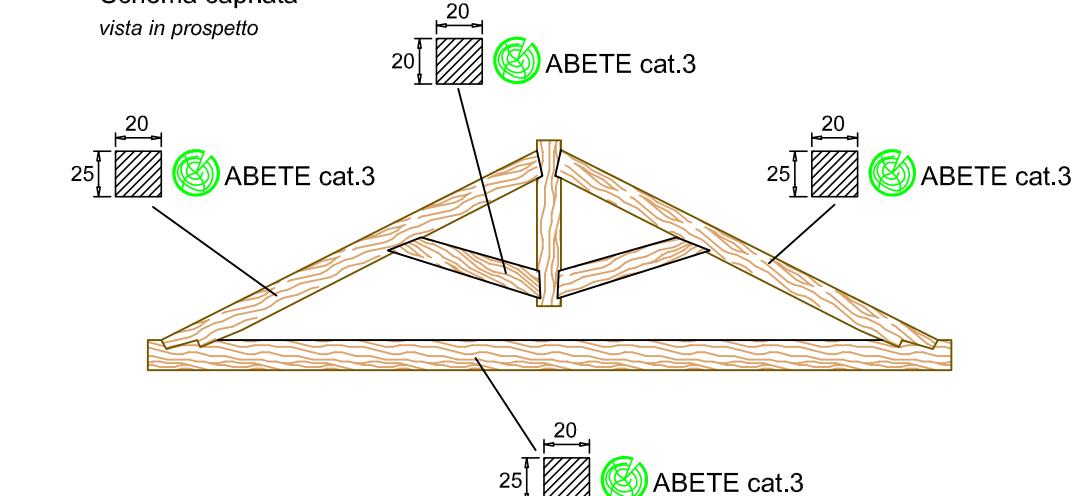


copertura:

- tavelloni in laterizio

Schema capriata

vista in prospetto



LEGENDA

Schema dell'elemento ligneo indagato

vista laterale

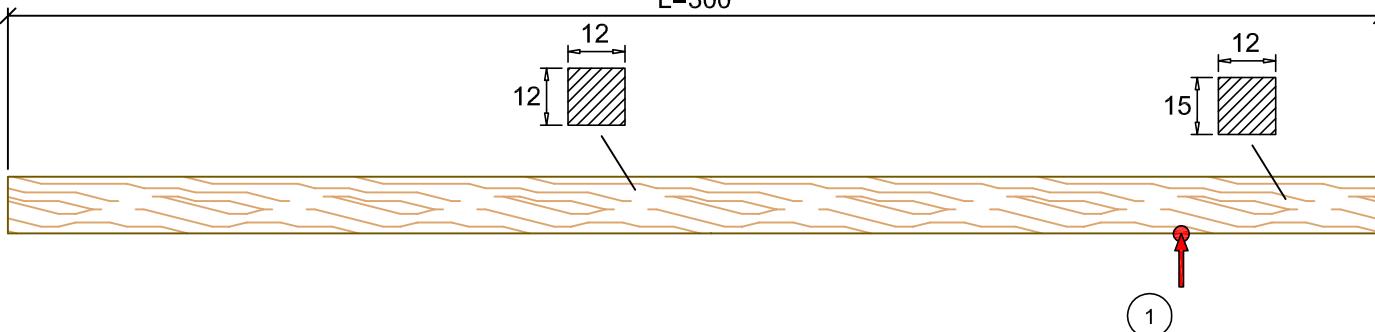
elemento

1

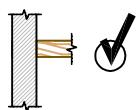
tipologia: trave copertura

trave solaio

L=300



schema appoggio



Umidità relativa misurata con igrometro elettronico

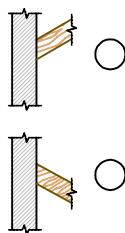
10.0 %



Specie legnosa ABETE

cat. resistenza UNI 11119:04

3



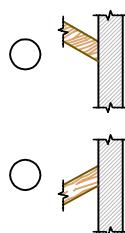
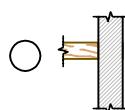
motivazione: morfologia smussi

presenza di degrado

morfologia nodi

presenza di lesioni

morfologia/inclinazione fibra



Prove resistografiche o di perforazione - legenda simboli

prova di perforazione a 45°

prova di perforazione a 90° sul fianco trave



prova di perforazione a 90° da intradossa o da estradossa della trave

riduzione % della sezione dovuta a degrado (vedasi diagrammi resistografici in allegato)

n. prova	1				
% sez. degradata	0				

posizione:

entità:

degrado da insetti xilofagi

diffuso, sporadico, presenza di larve nelle fessurazioni

superficiale, trascurabile

la zona tratteggiata indica schematicamente la localizzazione del degrado più significativo rilevato

posizione:

entità:

degrado da carie

la zona tratteggiata indica schematicamente la localizzazione del degrado più significativo rilevato

lesioni posizione:

ampiezza max (mm)
profondità max (mm)

fessurazioni ritiro posizione: fianchi

ampiezza max (mm) 10
profondità max (mm) 50

Immagini fotografiche (vedasi allegato)

P1000 019-22



Schema dell'elemento ligneo indagato

vista laterale

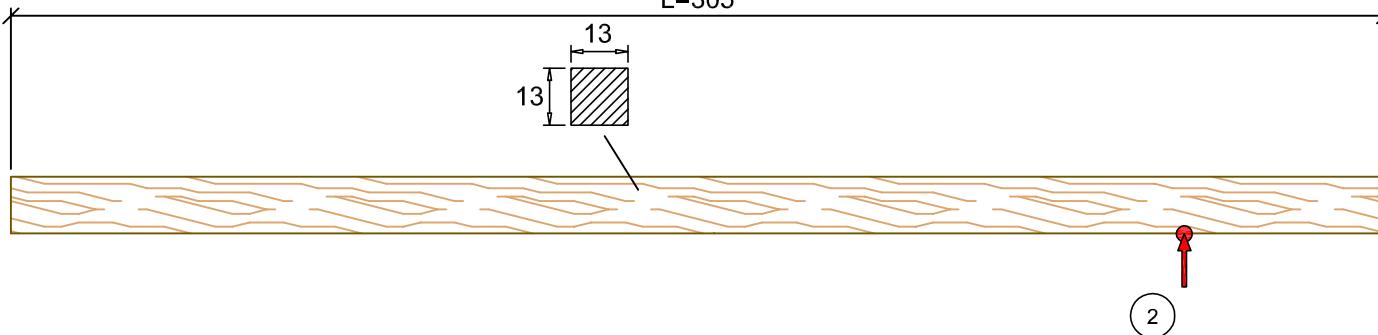
elemento

2

tipologia: trave copertura

trave solaio

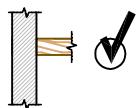
L=305



NORD

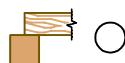
SUD

schema appoggio



Umidità relativa misurata con igrometro elettronico

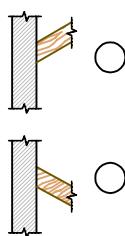
10.0 %



Specie legnosa ABETE

cat. resistenza UNI 11119:04

3



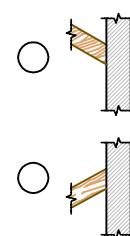
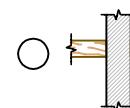
motivazione: morfologia smussi

presenza di degrado

morfologia nodi

presenza di lesioni

morfologia/inclinazione fibra



Prove resistografiche o di perforazione - legenda simboli

prova di perforazione a 45°

prova di perforazione a 90° sul fianco trave

prova di perforazione a 90° da intradossa o da estradossa della trave

riduzione % della sezione dovuta a degrado (vedasi diagrammi resistografici in allegato)

n. prova	2				
% sez. degradata	15				

posizione:

entità:

degrado da insetti xilofagi

diffuso, sporadico a zone di limitata estensione

superficiale fino a 1,5-2 cm

la zona tratteggiata indica schematicamente la localizzazione del degrado più significativo rilevato

posizione:

entità:

degrado da carie

la zona tratteggiata indica schematicamente la localizzazione del degrado più significativo rilevato

lesioni posizione:

ampiezza max (mm)
profondità max (mm)

fessurazioni ritiro posizione: intradossa

ampiezza max (mm) 8
profondità max (mm) 50

Immagini fotografiche (vedasi allegato)

P1000 040-43



Schema dell'elemento ligneo indagato

vista laterale

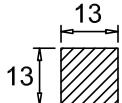
elemento

3

tipologia: trave copertura

trave solaio

L=364

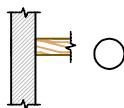


NORD

(3)

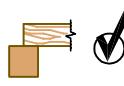
SUD

schema appoggio



Umidità relativa misurata con igrometro elettronico

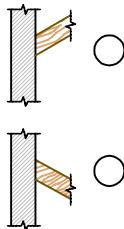
10.0 %



Specie legnosa ABETE

cat. resistenza UNI 11119:04

3



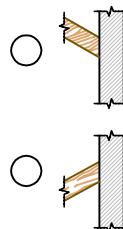
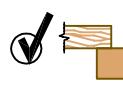
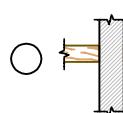
motivazione: morfologia smussi

presenza di degrado

morfologia nodi

presenza di lesioni

morfologia/inclinazione fibra



Prove resistografiche o di perforazione - legenda simboli

prova di perforazione a 45°

prova di perforazione a 90° sul fianco trave

prova di perforazione a 90° da intradossa o da estradossa della trave

riduzione % della sezione dovuta a degrado (vedasi diagrammi resistografici in allegato)

n. prova	3				
% sez. degradata	15				

posizione:

entità:

degrado da insetti xilofagi

diffuso, sporadico a zone di limitata estensione

superficiale

la zona tratteggiata indica schematicamente la localizzazione del degrado più significativo rilevato

posizione:

entità:

degrado da carie

la zona tratteggiata indica schematicamente la localizzazione del degrado più significativo rilevato

lesioni posizione:

ampiezza max (mm)
profondità max (mm)

fessurazioni ritiro posizione: fianchi

ampiezza max (mm) 10
profondità max (mm) 60

Immagini fotografiche (vedasi allegato)

P1000 103-105

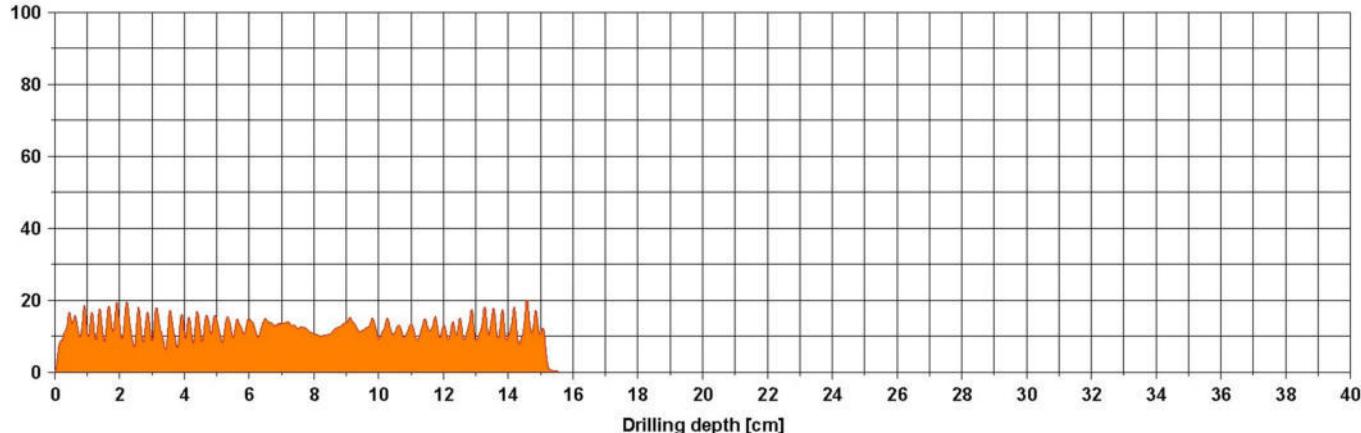


Indagini su strutture lignee - prove resistografiche

Measuring / object data

Measurement no. :	1	Needle speed :	2000 r/min	Diameter :
ID number :		Needle state :	--	Level :
Drilling depth :	15,54 cm	Tilt :	--	Direction :
Date :	28.07.2021	Offset :	92/246	Species :
Time :	14:00:42	Avg. curve :	off	Location :
Feed speed	: 50 cm/min			Name :

Amplitude [%]



Assessment

- From 0,0 cm to 0,0 cm :

Comment

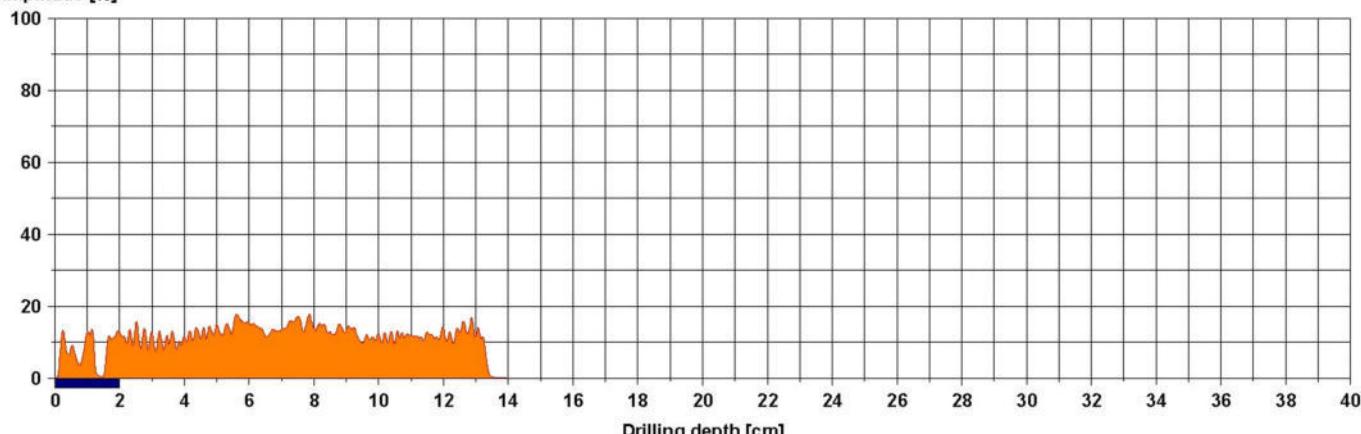
COMM 2848

PROVA-RESI_001.rgp

Measuring / object data

Measurement no. :	2	Needle speed :	2000 r/min	Diameter :
ID number :		Needle state :	--	Level :
Drilling depth :	13,94 cm	Tilt :	--	Direction :
Date :	28.07.2021	Offset :	89/245	Species :
Time :	14:14:51	Avg. curve :	off	Location :
Feed speed	: 50 cm/min			Name :

Amplitude [%]



Assessment

- From 0,0 cm to 2,0 cm : PARZ. DEGR. XIL.
- From 0,0 cm to 0,0 cm :

Comment

COMM 2848

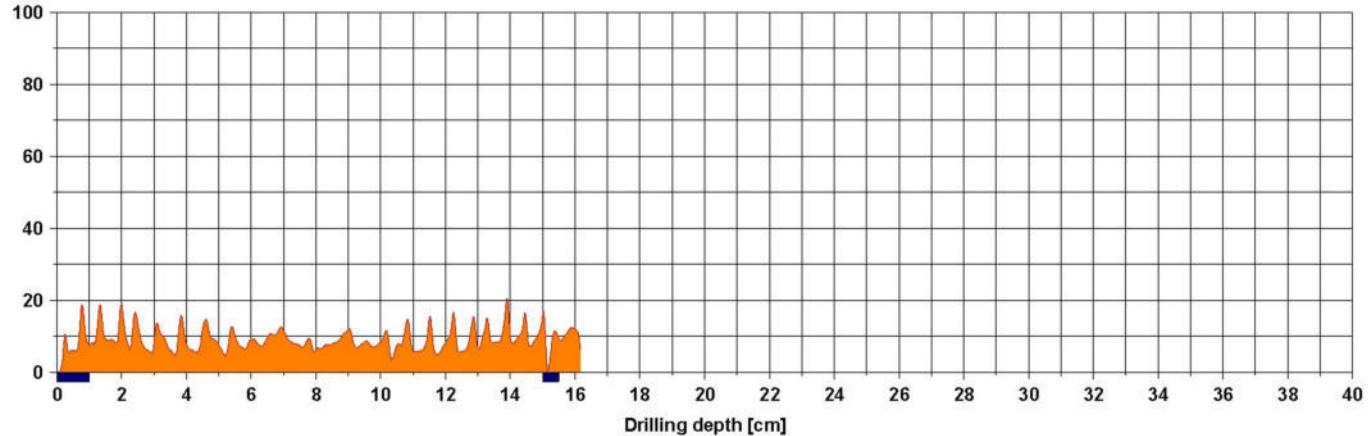
PROVA-RESI_002.rgp

comm.2848 - Allegati

Measuring / object data

Measurement no. :	3	Needle speed :	2000 r/min	Diameter :
ID number :		Needle state :	---	Level :
Drilling depth :	16,16 cm	Tilt :	—	Direction :
Date :	28.07.2021	Offset :	82/249	Species :
Time :	14:42:34	Avg. curve :	off	Location :
Feed speed	: 50 cm/min			Name :

Amplitude [%]



Assessment

<input checked="" type="checkbox"/>	From 0,0 cm	to 1,0 cm	:	PARZ. DEGR. XIL.
<input checked="" type="checkbox"/>	From 15,0 cm	to 15,5 cm	:	PARZ. DEGR. XIL.
<input type="checkbox"/>	From 0,0 cm	to 0,0 cm	:	
<input type="checkbox"/>	From 0,0 cm	to 0,0 cm	:	
<input type="checkbox"/>	From 0,0 cm	to 0,0 cm	:	
<input type="checkbox"/>	From 0,0 cm	to 0,0 cm	:	

Comment

COMM 2848

PROVA-RESI_003.rgp



P1000001.JPG



P1000002.JPG



P1000003.JPG



P1000004.JPG



P1000005.JPG



P1000006.JPG



P1000007.JPG



P1000008.JPG



P1000009.JPG



P1000010.JPG



P1000011.JPG



P1000012.JPG



P1000013.JPG



P1000014.JPG



P1000015.JPG



P1000016.JPG



P1000017.JPG



P1000018.JPG



P1000019.JPG



P1000020.JPG



P1000021.JPG



P1000022.JPG



P1000023.JPG



P1000024.JPG



P1000025.JPG



P1000026.JPG



P1000027.JPG



P1000028.JPG



P1000029.JPG



P1000030.JPG



P1000031.JPG



P1000032.JPG



P1000033.JPG



P1000034.JPG



P1000035.JPG



P1000036.JPG



P1000037.JPG



P1000038.JPG



P1000039.JPG



P1000040.JPG



P1000041.JPG



P1000042.JPG



P1000043.JPG



P1000044.JPG



P1000045.JPG



P1000046.JPG



P1000047.JPG



P1000048.JPG



P1000049.JPG



P1000050.JPG



P1000051.JPG



P1000052.JPG



P1000053.JPG



P1000054.JPG



P1000055.JPG



P1000056.JPG



P1000057.JPG



P1000058.JPG



P1000059.JPG



P1000060.JPG



P1000061.JPG



P1000062.JPG



P1000063.JPG



P1000064.JPG



P1000065.JPG



P1000066.JPG



P1000067.JPG



P1000068.JPG



P1000069.JPG



P1000070.JPG



P1000071.JPG



P1000072.JPG



P1000073.JPG



P1000074.JPG



P1000075.JPG



P1000076.JPG



P1000077.JPG



P1000078.JPG



P1000079.JPG



P1000080.JPG



P1000081.JPG



P1000082.JPG



P1000083.JPG



P1000084.JPG



P1000085.JPG



P1000086.JPG



P1000087.JPG



P1000088.JPG



P1000089.JPG



P1000090.JPG



P1000091.JPG



P1000092.JPG



P1000093.JPG



P1000094.JPG



P1000095.JPG



P1000096.JPG



P1000097.JPG



P1000098.JPG



P1000099.JPG



P1000100.JPG



P1000101.JPG



P1000102.JPG



P1000103.JPG



P1000104.JPG



P1000105.JPG



P1000106.JPG



P1000107.JPG



P1000108.JPG



P1000109.JPG



P1000110.JPG



P1000111.JPG



P1000112.JPG



P1000113.JPG



P1000114.JPG



P1000115.JPG



P1000116.JPG



P1000117.JPG



P1000118.JPG



P1000119.JPG



P1000120.JPG



P1000121.JPG



P1000122.JPG



P1000123.JPG



P1000124.JPG



P1000125.JPG



P1000126.JPG



P1000127.JPG



P1000128.JPG



P1000129.JPG



P1000130.JPG



P1000131.JPG



P1000132.JPG



P1000133.JPG



P1000134.JPG



P1000135.JPG



P1000136.JPG



P1000137.JPG



P1000138.JPG



P1000139.JPG



P1000140.JPG



P1000141.JPG



P1000142.JPG



P1000143.JPG



P1000144.JPG



P1000145.JPG