



COMUNE DI NAPOLI

FUTURA

**LA SCUOLA
PER L'ITALIA DI DOMANI**



Unione Europea



Ministero dell'Istruzione



Italiadomani

PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA MISSIONE 4 - ISTRUZIONE E RICERCA

Componente 1 - Potenziamento dell'offerta dei servizi di istruzione: dagli asili nido alle Università
Investimento 1.1: "Piano per asili nido e scuole dell'infanzia e servizi di educazione e cura per la prima infanzia"



DEMOLIZIONE E RICOSTRUZIONE DELL'EDIFICIO SCOLASTICO SITO IN VIA APPULO NN.14-16, OSPITANTE L'ASILO NIDO COMUNALE ROCCO JEMMA E LA SCUOLA DELL'INFANZIA DE SIMONE

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

Cod. Edificio ARES 0630491965

Il Progettista:
Ing. Benedetto De Vivo

Responsabile del Procedimento:
Arch. Alfonso Ghezzi

CUP: B61B22000810006

DESCRIZIONE ELABORATO:

Allegato A:

*Fase 2 - RCM Relazione sulla caratterizzazione dei materiali;
Fase 2 - RRI Relazione dei risultati delle indagini.*

COD.
ELABORATO

AII.A

SCALA:

REDAZIONE:

VERIFICA:

APPROVAZIONE:

DATA:

MAGGIO 2022

COMUNE DI NAPOLI

VERIFICA DELLA VULNERABILITÀ SISMICA, AI SENSI DALL'OPCM
3274/03 E S.M.I., SUGLI EDIFICI SCOLASTICI DI PROPRIETÀ DEL
COMUNE DI NAPOLI - LOTTO 2
CIG: 788201193C - CUP: B65I17000050001



Codice Edificio 2.20 - I.C. FAVA/GIOIA - Rocco Jemma



ASSOCIAZIONE TEMPORANEA PROFESSIONISTI

CAPOGRUPPO

Ing. Marco Lorenzini



ALL INGEGNERIA STUDIO TECNICO ASSOCIATO

Via 1°Maggio 56/A, Ed.D - 60131 - ANCONA - tel. 071-2800274

MANDANTI

AIRES INGEGNERIA srl

Via Cesare Battisti 31 - 81100 - CASERTA - tel. 0823-210435



RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Arch. Alfonso Ghezzi

SIRIO INGEGNERIA Consorzio Stabile

Via Lima 31 - 00196 - ROMA - tel. 081-7622679



DIRETTORE ESECUZIONE CONTRATTO

Ing. Benedetto De Vivo

Consortziata Designata:
G.I.A. Consulting srl

Viale degli Astronauti 8 - 80131 - NAPOLI - tel. 081- 0383761



elaborato			FASE II: RELAZIONE SULLA CARATTERIZZAZIONE DEI MATERIALI (RCM)				
fase	tipo	n. tavola					
V	R	08					
scala	-:---		COMMESSA N° 445	cod. 445-20-V-R-08-A			
Organizzazione certificata RINA secondo norma UNI EN ISO 9001 Cert. n. 9740/03/S			emiss. A	DATA febb. 2022	OPR. PC-GDL-GL	CONTR. CM	APPR. ML

Proprietà riservata, a termine di legge, con divieto di riproduzione e di utilizzazione anche solo parziale senza l'autorizzazione dell'autore.

INDICE:

1. PREMESSA.....	2
2. ELABORAZIONE DEI DATI SPERIMENTALI E DEFINIZIONE DELLE CARATTERISTICHE MECCANICHE DI CALCOLO DEI MATERIALI.....	2
2.1 Indagini in situ sui terreni per la caratterizzazione dei suoli.....	2
2.2 Indagini in situ sull'edificio.....	3
2.2.1 <i>Relazione sui risultati delle indagini</i>	3
2.2.2 <i>Relazione delle valutazioni sulla caratterizzazione meccanica dei materiali</i>	3
2.3 Indagini in situ sui solai.....	11
2.4 Valutazione critica delle risultanze delle indagini.....	12

1. PREMESSA

Il Raggruppamento Temporaneo di Professionisti formato da ALL INGEGNERIA (capogruppo), AIRES INGEGNERIA srl (mandante), SIRIO INGEGNERIA Consorzio Stabile (mandante), ha stipulato un contratto con il Servizio Tecnico Scuole del Comune di Napoli relativamente all'incarico di "Servizi professionali finalizzati alle verifiche di vulnerabilità sismica di n. 333 edifici scolastici di proprietà comunale ubicati nel territorio delle dieci municipalità – Lotto 2. La presente relazione, in riferimento all'edificio scolastico **Rocco Jemma**, sito in via Guglielmo Appulo n°16, Napoli (II Municipalità), appartenente all'istituto Comprensivo **IC FAVA/GIOIA**, codice edificio 2.20, ha lo scopo di presentare la caratterizzazione dei materiali utilizzati nelle verifiche, basata sul piano indagini e sulla conseguente campagna condotta da G.I.A. Consulting S.r.l., che ha permesso di raggiungere un Livello di Conoscenza LC2 per la valutazione di vulnerabilità sismica del fabbricato, ai sensi del §C8.5.4 della Circolare n. 7 del 21/01/2019. Il livello di conoscenza LC2 si ottiene quando sono effettuati l'analisi storico-critica commisurata al livello considerato, il rilievo geometrico, completo e accurato in ogni sua parte, indagini in situ estese per definire i dettagli costruttivi e prove in situ estese per definire le proprietà dei materiali. La quantità di elementi strutturali controllati e il tipo di indagini eseguite hanno permesso di identificare il livello di conoscenza, dal quale deriva il fattore di confidenza F.C. pari a 1,20, utilizzato in fase di valutazione sismica del fabbricato per ridurre i valori di resistenza di progetto e di calcolo dei materiali costituenti.

2. ELABORAZIONE DEI DATI SPERIMENTALI E DEFINIZIONE DELLE CARATTERISTICHE MECCANICHE DI CALCOLO DEI MATERIALI

2.1 Indagini in situ sui terreni per la caratterizzazione dei suoli

La relazione sull'indagine geofisica e sismica è stata redatta dal Dott. Geol. S. Costabile di G.I.A. Consulting S.r.l., che ha eseguito n. 1 stendimento Masw, n. 1 acquisizione geofisica HVSR e n. 1 prova penetrometrica dinamica DPSH (fino a profondità di 20 m) ad integrazione dei dati geologici di zona e ha classificato il sottosuolo in **tipo C** "Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s". La categoria topografica risulta essere **T1** ovvero "superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$ ". Le verifiche eseguite hanno escluso il rischio di liquefazione dei terreni, ai sensi del §7.11.3.4.2 delle NTC 2018. Per approfondimenti, si rimanda all'elaborato "FASE II - Relazione geologica e geotecnica (RGEO L-T)".

2.2 Indagini in situ sull'edificio

2.2.1 Relazione sui risultati delle indagini

Per quanto riguarda tutte le informazioni su tipologia, localizzazione ecc. relative alla campagna di indagini in sito eseguita sull'edificio si rimanda all'elaborato dedicato "FASE II – Relazione sui Risultati delle Indagini (RRI)".

2.2.2 Relazione delle valutazioni sulla caratterizzazione meccanica dei materiali

La campagna di indagini è stata impostata in modo tale da raggiungere un **livello di conoscenza LC2**.
Si riporta di seguito il riepilogo dei dati dai quali si è partiti per la definizione della campagna.

- TIPOLOGIA STRUTTURA:

Il fabbricato presenta una struttura intelaiata in c.a., con la presenza di alcuni pannelli murari perimetrali ubicati nel piano seminterrato.

- ANNO DI COSTRUZIONE:

Atteso che non sono stati reperiti documenti progettuali originari, l'epoca di realizzazione della struttura è verosimilmente collocabile nel periodo 50'-60'.

- DOCUMENTI REPERITI:

Sono stati reperiti: alcune planimetrie del progetto antincendio, una scheda informativa sintetica, informazioni urbanistiche e catastali reperibili nell'Elenco immobili e nell'Inventario immobiliare, la relazione tecnica sulle indagini eseguite sui solai forniti dall'Amministrazione.

Per maggiori dettagli si rimanda all'elaborato "FASE II-Analisi Storico-Critica (ASC)".

- NORMATIVA DI RIFERIMENTO (vigente all'epoca della costruzione):

Sebbene non sia noto con precisione il periodo esatto di costruzione del fabbricato, si suppone che la normativa vigente all'epoca della costruzione potrebbe essere il Regio Decreto n. 2229 del 18 Novembre 1939 (G.U. n. 92 del 18 Aprile 1940).

- CLASSIFICAZIONE SISMICA:

Il Comune di Napoli è stato classificato sismico per la prima volta nel 1981 e collocato contestualmente in Zona Sismica 3 con il D.M. 515 del 03/06/1981, e successivamente con l'O.P.C.M. 3274/2003 è stato infine classificato Zona Sismica 2. Pertanto, si esclude per l'edificio in oggetto un progetto per azioni orizzontali.

- STRUTTURE DI FONDAZIONE:

Per quanto concerne le strutture di fondazione del fabbricato, non è stato possibile reperirne notizie. Non essendo presenti importanti dissesti attribuibili a cedimenti, e poiché non sono possibili fenomeni di

ribaltamento e/o scorrimento della costruzione, né di liquefazione del terreno dovuti alle azioni sismiche di progetto, non si ritiene necessario effettuare la verifica del sistema di fondazione (§8.3. delle NTC 2018). Per la caratterizzazione del terreno si rimanda alla *Relazione geologica e geotecnica* redatta dal Dott. Geol. S. Costabile di G.I.A. Consulting.

Infine, si evidenzia che nella zona oggetto di studio (via Guglielmo Appulo 16), come riportato nella *Relazione geologica e geotecnica*, è presente una cavità sotterranea, censita dall'ex ufficio Difesa del Suolo, che interessa una quota parte dell'area di impronta dell'edificio. Nella stessa relazione geologica si evidenzia che tale circostanza non è particolarmente pregiudizievole ai fini della stabilità del soprassuolo ma può diventarla allorquando la rottura dei sottoservizi idrici provocherebbe copiose fuoriuscite d'acqua che trovando recapito nei vuoti sotterranei determinerebbe processi erosivi notevoli.

- ELEVAZIONI:

1 piano seminterrato, 3 piani fuori terra (piano rialzato, primo e secondo).

- TIPOLOGIA SOLAI:

I solai di piano sono di tipo latero-cementizio. Il collegamento verticale avviene per mezzo di due scale interne della tipologia "a travi a ginocchio".

- SUPERFICI:

Piano seminterrato: 605 m²

Piano rialzato: 605 m²

Piano primo 605 m²

Piano secondo 180 m²

Lo svolgimento delle attività di rilievo in sito ha consentito di verificare e validare le considerazioni fatte inizialmente e formulare un piano strategico ed esecutivo con scelta esplicita di quali prove ed indagini approfondire maggiormente in relazione alle specifiche tipologie costruttive strutturali individuate.

Le quantità delle indagini sono state ricavate in conformità alla circolare del 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP. ridotte da opportuni coefficienti di omogeneità.

In base alle indicazioni riportate nella Circolare alle NTC, si sono eseguite le seguenti prove:

	Indagini su c.a.
Dettagli costruttivi	
SAGGIO DI TRAVI DI COPERTURA DI PIANO PER RILIEVO DIRETTO FERRI DI ARMATURA	17
SAGGIO DI PILASTRI PER RILIEVO DIRETTO FERRI DI ARMATURA	8
RILIEVI PACOMETRICI ARMATURA TRAVI DI COPERTURA DI PIANO	26
RILIEVI PACOMETRICI ARMATURA PILASTRI	15
ENDOSCOPIE SOLAI DI COPERTURA DI PIANO	4
ENDOSCOPIE TAMPONATURE	1
Proprietà materiali	
PRELIEVI PROVINI DI CLS E PROVA DI CARBONATAZIONE	7
PROVE SCLEROMETRICHE	10
PRELIEVI DI BARRE DI ARMATURA	4
PROVE DUROMETRICHE	4

Calcestruzzo

Per la caratterizzazione del calcestruzzo, ai sensi di quanto riportato nelle note esplicative alle tabelle C8.5.VI della Circolare, si sono affiancate prove distruttive e prove non distruttive sclerometriche (finalizzate alla valutazione all'omogeneità del materiale).

Prove di resistenza a compressione

La resistenza in situ del calcestruzzo, le norme, e la letteratura del settore, evidenziano come la stessa, determinata mediante la compressione di carote prelevate dalla struttura, sia in generale minore di quella ricavata dalla prova di compressione di campioni maturati in condizioni di laboratorio. Tale difformità è legata a differenti motivazioni che possono essere suddivise in due grandi categorie: l'una relativa alle condizioni di posa in opera e di maturazione, l'altra ai disturbi arrecati ai campioni mediante il prelievo. Per quanto attiene il primo aspetto, così come indicato dalle NTC, che si riporta integralmente, *"Il valor medio della resistenza del calcestruzzo in opera (definita come resistenza strutturale) è in genere inferiore al valor medio della resistenza dei prelievi in fase di getto maturati in condizioni di laboratorio (definita come resistenza potenziale)"*.

Per quanto attiene il secondo aspetto, come facilmente comprensibile, le operazioni di prelievo comportano un degrado locale delle caratteristiche meccaniche e, quindi, del campione che si preleva. Tali perdite, generalmente, risultano trascurabili per l'elemento strutturale oggetto di indagine, date le limitate dimensioni del foro in esso realizzato, ma molto influenti sulla resistenza del campione prelevato. L'entità sarà commisurata alle cure che si adottano nelle operazioni di prelievo, ma anche alle caratteristiche meccaniche del materiale di partenza ed al diametro della carota. Il disturbo arrecato dall'operazione di taglio (usura) provocata dalla corona diamantata si propaga radialmente nel materiale circostante individuando un volume avente in sezioni la forma di una corona circolare con diametro medio pari a quello del carotiere, ed una lunghezza di poco maggiore a quella del campione prelevato.

Stante la necessità di valutare la resistenza in situ dei calcestruzzi, è necessario utilizzare formulazioni che ne consentano comunque una stima.

L'interpretazione delle resistenze delle carote, è un problema che non trova soluzione nella normativa tecnica nazionale, poiché non esiste uno standard nazionale di riferimento sulla materia.

La letteratura tecnico-scientifica e diverse normative danno una serie di indicazioni per i fattori sopra elencati mediante l'applicazione dei coefficienti correttivi che, applicati al valore f_{core} (Resistenza della carota), consentono di ottenere sia il valore di resistenza cilindrica effettiva, sia la resistenza cubica in situ.

Il metodo qui utilizzato per la interpretazione delle prove è quello proposto da Masi, essendo un metodo che ha trovato maggiore affermazione nella letteratura tecnica e non in ultimo in diversi documenti o circolari emanate sia a livello nazionale che regionale, molto probabilmente per la completezza in termini di applicazione dei diversi coefficienti correttivi.

Secondo tale metodo quindi la trasformazione della resistenza di carota (f_{core}) in resistenza cilindrica effettiva (f_{cil}) passa attraverso la seguente relazione:

$$f_{cil} = [f(h/d) * f(dia) * f(a) * f(d)] f_{core}$$

dove:

- $f(h/d)$ è il coefficiente correttivo per rapporti h/d diversi da 2, pari a $2/(1.5 + d/h)$;
- $f(dia)$ è il coefficiente correttivo relativo al diametro, da assumere pari a 1.06, 1.00 e 0.98 per d pari, rispettivamente, a 50, 100 e 150 mm e interpolato linearmente per valori intermedi;
- $f(a)$ è il coefficiente correttivo relativo alla presenza di armature incluse, variabile tra 1.03 per barre di piccolo diametro a 1.13 per barre di diametro elevato.
- $f(d)$ è il coefficiente correttivo per tener conto del disturbo arrecato alla carota nelle operazioni di estrazione. Tenendo conto del fatto che il rimaneggiamento è tanto maggiore quanto minore è la qualità del calcestruzzo da carotare, il metodo propone di assumere $f(d)=1.20$ per $R_{car} < 20$ MPa, e $f(d) = 1.10$ per $R_{car} > 20$ MPa.

Infine, per ottenere la Resistenza Cubica in Situ a partire da quella cilindrica effettiva si applica la seguente relazione:

$$f_{cub} = f_{cil} / 0.83$$

Nel corso delle operazioni di prelievo delle carote è stata misurata anche la profondità di carbonatazione del calcestruzzo, così da valutare il potenziale grado di protezione alla corrosione delle barre di armatura.

La misura della profondità di carbonatazione è regolata dalla norma UNI 9944. Essa avviene osservando il viraggio della fenolftaleina, che, in ambiente basico, ovvero in assenza di carbonatazione, si colora di rosso-violetto. Pertanto, spruzzando sulla superficie cilindrica del campione, immediatamente dopo l'estrazione, una soluzione di fenolftaleina all'1% in alcol etilico, è stato osservato il calcestruzzo carbonatato come quella parte che non mostra una colorazione rosso-violetto.

Pertanto, nella tabella che segue si riportano i valori delle resistenze cilindriche e cubiche ottenute dalle prove eseguite e i relativi valori medi in base alla trattazione sopra descritta (Masi).

Città Metropolitana di Napoli, IC FAVA/GIOIA - 2.20 Rocco Jemma - Napoli, Via Appulo 16

Tipo di Prova	Elemento investigato	Piano	Sigla Prova	f core [daN/cm ²]	Profondità carbonatazione [mm]	d [mm]	l [mm]	l/d	F(l/d)	F(dia)	F(a)	F(d)	f cil [daN/cm ²]	f cub [daN/cm ²]
Carotaggio	Pilastro	PIANO SEMINTERRATO	C1	86,8	120	94,4	95,5	1,0	0,8	1,007	1,00	1,20	84	102
Carotaggio	Pilastro	PIANO SEMINTERRATO	C2	115,3	>170	94,4	94,5	1,0	0,8	1,007	1,00	1,20	111	134
Carotaggio	Pilastro	PIANO RIALZATO	C3	133,1	86	94,4	96	1,0	0,8	1,007	1,00	1,20	129	156
Carotaggio	Pilastro	PIANO RIALZATO	C4	166,4	75	94,4	94,5	1,0	0,8	1,007	1,00	1,20	161	194
Carotaggio	Pilastro	PIANO PRIMO	C5	120,3	55	94,4	96	1,0	0,8	1,007	1,00	1,20	117	141
Carotaggio	Pilastro	PIANO PRIMO	C6	100,3	75	94,4	95,8	1,0	0,8	1,007	1,00	1,20	98	117
Carotaggio	Pilastro	PIANO SECONDO	C7	64,1	130	94,4	94,4	1,0	0,8	1,007	1,00	1,20	62	75
Valori Medi														131

Il valore medio sperimentale di resistenza a compressione del calcestruzzo desunto dalle prove di schiacciamento delle carote estratte in situ è pari a:

Rm = 131 daN/cm²

Prove sclerometriche

Nella preliminare fase di pianificazione delle indagini era stata applicata una riduzione nel numero di prove secondo la nota **d** alla TAB C8.5 V della circolare N° 7 del 21/01/2019 per la quale il numero di provini da indagare al fine di raggiungere il livello di conoscenza prefissato può essere variato in relazione alle caratteristiche di omogeneità del materiale. Per la conferma del livello di omogeneità del calcestruzzo si sono eseguite prove sclerometriche, che a parità di condizioni ambientali, forniscono un metodo attendibile di valutazione, per famiglie di calcestruzzo, sull'omogeneità del materiale.

I risultati di sintesi delle prove sclerometriche hanno dato conferma all'assunzione di omogeneità del materiale calcestruzzo fatta in fase di pianificazione delle prove, restituendo dei valori del coefficiente di variazione nell'ordine di poche unità percentuali.

Nello specifico, per il calcestruzzo, il coefficiente di variazione, misurato sulle prove sclerometriche è pari a circa 13%.

Di seguito la tabella riepilogativa.

Città Metropolitana di Napoli, IC FAVA/GIOIA - 2.20 Rocco Jemma - Napoli, Via Appulo 16

Elemento investigato	Piano	Sigla Prova	Metodo sclerometrico												I _{medio}
			Indice di rimbalzo												
			I ₁	I ₂	I ₃	I ₄	I ₅	I ₆	I ₇	I ₈	I ₉	I ₁₀	I ₁₁	I ₁₂	
Trave	PIANO SEMINTERRATO	SCL1	34	38	27	33	31	38	33	31	29	32	35	39	33
Pilastro	PIANO SEMINTERRATO	SCL2	34	28	37	31	31	26	26	30	37	30	33	32	31
Trave	PIANO RIALZATO	SCL3	30	30	25	25	22	21	39	30	27	25	32	24	28
Trave	PIANO RIALZATO	SCL4	39	45	43	40	40	33	34	30	38	47	36	31	38
Pilastro	PIANO RIALZATO	SCL5	35	38	43	43	34	29	27	29	35	30	34	31	34
Trave	PIANO PRIMO	SCL6	39	42	39	41	36	35	43	40	39	38	38	41	39
Trave	PIANO PRIMO	SCL7	44	43	37	18	36	32	43	43	34	33	35	39	36
Pilastro	PIANO PRIMO	SCL8	29	29	35	35	39	42	29	40	31	32	31	27	33
Trave	PIANO SECONDO	SCL9	20	20	28	25	30	22	29	30	24	23	20	28	25
Pilastro	PIANO SECONDO	SCL10	34	31	29	26	31	30	36	32	30	32	34	31	31
33															
Omogeneità cls - sclerometriche															
MEDIA BATTUTE															33
DEV. STD.															4,22
COEFF. VAR.															12,8%

L'esecuzione delle prove sclerometriche, trattandosi di metodologie di tipo indiretto, ha principalmente lo scopo di fornire un'indicazione sulle caratteristiche di omogeneità dei valori di resistenza del materiale. Nel

caso specifico, le prove sclerometriche hanno restituito per gli elementi in c.a. indagati buone caratteristiche di omogeneità.

Si rappresenta che le prove di carbonatazione eseguite sulle carote estratte, sottoposte a prove di schiacciamento in laboratorio, hanno messo in evidenza profondità di carbonatazione rilevanti, sempre maggiori del copriferro e mediamente nell'ordine dei 100 mm.

CAROTAGGI							
n.	Data	Piano	Codice	Φ (cm)	Lunghezza (cm)	Profondità di carbonatazione (mm)	Foto
1	07/09/2021	-1	C1	10	12	120	1
2	07/09/2021	-1	C2	10	17	>170	2
3	07/09/2021	T	C3	10	14	86	3
4	07/09/2021	T	C4	10	14	75	4
5	07/09/2021	1	C5	10	16	55	5
6	07/09/2021	1	C6	10	12,5	75	6
7	07/09/2021	2	C7	10	15	130	7

Tabella estratta dalla Relazione tecnica sulle indagini strutturali: profondità di carbonatazione

Acciaio da c.a.

Per la caratterizzazione dell'acciaio, ai sensi di quanto riportato nelle note esplicative alle tabelle C8.5.VI della Circolare, si sono affiancate prove distruttive di resistenza a trazione di campioni estratti e prove non distruttive in situ (indagini durometriche su barre di acciaio previa asportazione del copriferro).

Prove di resistenza a trazione sulle barre di acciaio da c.a.

L'esecuzione delle prove sull'acciaio è avvenuta secondo la classica modalità della prova di trazione su barre d'armatura, così come regolata dalle NTC 2018 e dalla norma UNI EN 10002/1.

Le prove di trazione sugli acciai hanno restituito i valori di resistenza a snervamento e a rottura evidenziati nella tabella a seguire.

Città Metropolitana di Napoli, IC FAVA/GIOIA - 2.20 Rocco Jemma - Napoli, Via Appulo 16						
Tipo di Prova	Elemento investigato	Piano	Sigla Prova	Diametro [mm]	Carico Unitario di Snervamento [daN/cm ²]	Carico Unitario a Rottura [daN/cm ²]
Estrazione Barra	Pilastro	PIANO SEMINTERRATO	F1	20	2997,0	4392,5
Estrazione Barra	Pilastro	PIANO RIALZATO	F2	14	2955,7	4090,6
Estrazione Barra	Pilastro	PIANO PRIMO	F3	20	2622,7	3994,9
Estrazione Barra	Pilastro	PIANO SECONDO	F4	12	2328,7	3043,0
Valori Medi					2726	3880

Le prove hanno evidenziato la presenza di acciaio del tipo liscio. I valori sperimentali medi di resistenza a snervamento (F_{ym}) e rottura (F_u) dell'acciaio desunti dalle prove di trazione delle barre estratte in situ sono i seguenti:

$F_{ym} = 2726 \text{ daN/cm}^2$

$F_u = 3880 \text{ daN/cm}^2$

I valori medi di resistenza (allo snervamento e a rottura) forniti dall'esecuzione delle prove di trazione delle barre estratte in situ risulta compatibile con l'acciaio dolce codificato dal Regio Decreto n.2229/1939 (di tipo liscio).

Tabella 1 - Evoluzione temporale delle principali indicazioni normative relative alla classificazione degli acciai di armatura

Normativa	R.D.L. n°2229/1939			LL.PP. n°1472/1957				D.M.30/05/1972					D.M. 30/05/1974			
Tipologia	liscio			liscio			a.m.	liscio		aderenza migliorata (a.m)			liscio		a.m.	
Denominazione	Dolce	Semi duro	Duro	Aq42	Aq50	Aq60	/	FeB22	FeB32	A38	A41	FeB44	FeB22	FeB32	FeB38	FeB44
Snervamento (kgf/mm ²)	≥ 23	≥ 27	≥ 31	≥ 23	≥ 27	≥ 31	/	≥ 22	≥ 32	≥ 38	≥ 41	≥ 44	≥ 22	≥ 32	≥ 38	≥ 44
Rottura (kgf/mm ²)	42-50	50-60	60-70	42-50	50-60	60-70	/	≥ 34	≥ 50	≥ 46	≥ 50	≥ 55	≥ 34	≥ 50	≥ 46	≥ 55
Allungamento (%)	≥ 20	≥ 16	≥ 14	≥ 20	≥ 16	≥ 14	≥ 12	≥ 24	≥ 23	≥ 14	≥ 14	≥ 12	≥ 24	≥ 23	≥ 14	≥ 12

Prove durometriche

Nella preliminare fase di pianificazione delle indagini era stata applicata una riduzione nel numero di prove secondo la nota **d** alla TAB C8.5 V della circolare N° 7 del 21/01/2019 per la quale il numero di provini da indagare al fine di raggiungere il livello di conoscenza prefissato può essere variato in relazione alle caratteristiche di omogeneità del materiale. Per la conferma del livello di omogeneità dell'acciaio da armatura sono eseguite prove durometriche, che a parità di condizioni ambientali, forniscono un metodo attendibile di valutazione sull'omogeneità del materiale.

Il test di durezza integrato è stato eseguito secondo il metodo di rimbalzo dinamico (secondo gli standard ASTM A956 e DIN 50.156). Il metodo misura indirettamente la perdita di energia di un corpo impattante. Una molla proietta il corpo verso il materiale di prova ed il suo penetratore sferico colpisce la superficie dell'oggetto ad una velocità definita. L'indentazione creata assorbe una parte dell'energia in modo da ridurre la sua velocità originale. Più morbido è il materiale più grande è il rientro e più alta è la perdita di energia. Le velocità prima e dopo l'impatto vengono misurate in una modalità senza contatto, attraverso un piccolo magnete permanente situato all'interno del corpo impattante che induce una tensione durante il suo passaggio attraverso una bobina. La tensione creata è proporzionale alla velocità.

Si riporta a seguire la tabella riepilogativa dei dati delle durometriche eseguite come ricavate dalla Relazione tecnica sulle attività di indagine strutturale.

Città Metropolitana di Napoli, IC FAVA/GIOIA - 2.20 Rocco Jemma - Napoli, Via Appulo 16															
Tipo di Prova	Elemento investigato	Piano	Sigla Prova	Durezza Brinell HB										Media	Resistenza [N/mmq]
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Durometrica	Pilastro	PIANO SEMINTERRATO	D1	178	135	103	86	96	85	125	117	99	84	111	374
Durometrica	Trave	PIANO RIALZATO	D2	95	115	173	172	86	104	152	105	98	190	129	436
Durometrica	Trave	PIANO PRIMO	D3	108	87	85	106	139	98	117	123	109	136	111	374
Durometrica	Pilastro	PIANO SECONDO	D4	83	82	81	99	86	141	97	149	164	165	115	387
													Valori Medi	393	
													Min	374	
													Max	436	
													SQM.	25,5	
													Coeff.	6,50%	

Le prove, in analogia a quanto già osservato nell'ambito delle operazioni di estrazione delle barre di armatura e dall'esecuzione dei saggi a vista su travi e pilastri, hanno evidenziato la presenza di acciaio del tipo liscio.

I risultati di sintesi delle prove durometriche hanno dato conferma all'assunzione di omogeneità dell'acciaio da c.a. fatta in fase di pianificazione delle prove, restituendo dei valori del coefficiente di variazione nell'ordine di poche unità percentuali.

Nello specifico, per l'acciaio da c.a., il coefficiente di variazione, misurato sulle prove durometriche e indicato nella precedente tabella è pari a circa 6.5%.

L'esecuzione delle prove durometriche, trattandosi di metodologie di tipo indiretto, ha principalmente lo scopo di fornire un'indicazione sulle caratteristiche di omogeneità dei valori di resistenza del materiale. Nel caso specifico, le prove durometriche hanno restituito per l'acciaio da c.a. buone caratteristiche di omogeneità.

Muratura

Al piano seminterrato sono presenti perimetralmente all'edificio alcuni elementi murari, aventi principalmente lo scopo di contenimento del terreno per le zone sottoposte. Tali membrature furono probabilmente inserite anche per sostenere parte dei carichi gravitazionali trasferiti nelle zone perimetrali dai solai del primo impalcato. Per la determinazione dei parametri meccanici della muratura vale quanto indicato al §C8.5.4.1 della Circolare, ovvero riconducendo, quando possibile, la tipologia muraria rilevata a quelle presenti nella Tabella C8.5.I (sotto riportata), e definendo i valori dei parametri meccanici da utilizzare nelle verifiche in considerazione dei diversi livelli di conoscenza. Per LC2: le resistenze ed i moduli elastici assumeranno i valori medi degli intervalli riportati in Tabella C8.5.I.

Tabella C8.5.I - Valori di riferimento dei parametri meccanici della muratura, da usarsi nei criteri di resistenza di seguito specificati (comportamento a tempi brevi), e peso specifico medio per diverse tipologie di muratura. I valori si riferiscono a: f = resistenza media a compressione, τ_0 = resistenza media a taglio in assenza di tensioni normali (con riferimento alla formula riportata, a proposito dei modelli di capacità, nel §C8.7.1.3), f_{v0} = resistenza media a taglio in assenza di tensioni normali (con riferimento alla formula riportata, a proposito dei modelli di capacità, nel §C8.7.1.3), E = valore medio del modulo di elasticità normale, G = valore medio del modulo di elasticità tangenziale, w = peso specifico medio.

Tipologia di muratura	f	τ_0	f_{v0}	E	G	w
	(N/mm ²)	(N/mm ²)	(N/mm ²)	(N/mm ²)	(N/mm ²)	(kN/m ³)
	min-max	min-max		min-max	min-max	
Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)	1,0-2,0	0,018-0,032	-	690-1050	230-350	19
Muratura a conci sbazzati, con paramenti di spessore disomogeneo (*)	2,0	0,035-0,051	-	1020-1440	340-480	20
Muratura in pietre a spacco con buona tessitura	2,6-3,8	0,056-0,074	-	1500-1980	500-660	21
Muratura irregolare di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.)	1,4-2,2	0,028-0,042	-	900-1260	300-420	13 ÷ 16 (**)
Muratura a conci regolari di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.) (**)	2,0-3,2	0,04-0,08	0,10-0,19	1200-1620	400-500	
Muratura a blocchi lapidei quadrati	5,8-8,2	0,09-0,12	0,18-0,28	2400-3300	800-1100	22
Muratura in mattoni pieni e malta di calce (***)	2,6-4,3	0,05-0,13	0,13-0,27	1200-1800	400-600	18
Muratura in mattoni semipieni con malta cementizia (es.: doppio UNI foratura ≤40%)	5,0-8,0	0,08-0,17	0,20-0,36	3500-5600	875-1400	15

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

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

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

Nell'edificio in esame, l'esecuzione di indagini visive sugli elementi di calcestruzzo perimetrali del piano seminterrato, ha evidenziato la presenza di murature in blocchi di tufo. Pertanto, ai sensi della suddetta tabella, la muratura in esame può essere classificata come "Muratura a conci regolari di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.)". Nelle analisi numeriche i parametri meccanici della muratura utilizzati per le verifiche sono i seguenti.

(circ. NTC 2018 Tabella C8.5.I) Muratura a conci regolari di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.)

Resistenza a compressione	f_m	[daN/cm ²]	26
Resistenza a taglio	t_o	[daN/cm ²]	0,60
Resistenza a taglio	f_{vo}	[daN/cm ²]	1.45
Modulo elastico normale	E	[daN/cm ²]	14100
Modulo elastico tangenziale	G	[daN/cm ²]	450



Prelevio di barra F1 al piano seminterrato: muratura di tufo perimetrale ai lati del pilastro



Prova durometrica D1 al piano seminterrato: muratura di tufo perimetrale ai lati del pilastro



Ispezione visiva: muratura di tufo perimetrale

2.3 Indagini in situ sui solai

Nel fabbricato sono state effettuate n. 4 endoscopie su solai per la definizione della tipologia costruttiva e della stratigrafia.

La tecnologia costruttiva individuata per i solai di piano è di tipo latero-cementizia.

Per la localizzazione delle indagini eseguite appena citate si rimanda all'elaborato "FASE II-Relazione sui Risultati delle Indagini (RRI)".

In questa sede, si è fatto inoltre riferimento alla Relazione tecnica relativa alle indagini sui solai (fornita dalla Stazione Appaltante) redatta nel 2021 dalla società Indagini Strutturali srl. La redazione del suddetto studio ha avuto ad oggetto l'esecuzione di indagini sui solai e sui controsoffitti finalizzate all'individuazione dello stato di degrado e il Livello di rischio e ha previsto anche l'esecuzione di una prova di carico sul solaio di calpestio del piano primo nella zona di testata a ovest dell'edificio. Gli estratti e le conclusioni della relazione sono riportati

negli elaborati: “*FASE II-Relazione Tecnico-Descrittiva (RTD)*” e “*FASE II-Relazione di Calcolo e Tabulati di Analisi (RCTA)*”.

2.4 Valutazione critica delle risultanze delle indagini

Viste le risultanze delle indagini eseguite, è possibile affermare, nonostante il fabbricato non mostri segni di dissesto evidenti, che il calcestruzzo presenta valori della resistenza media abbastanza inferiori rispetto alle caratteristiche minime che le attuali normative tecniche impongono per le nuove costruzioni semplicemente armate.

Infine, le prove di carbonatazione eseguite sulle carote di calcestruzzo estratte per l'esecuzione delle prove di schiacciamento in laboratorio, hanno dimostrato una evidente ed eccessiva profondità di carbonatazione. Quest'ultima è risultata sempre maggiore dello spessore del copriferro e mediamente nell'ordine dei 100 mm. Tale fenomeno irreversibile, comporterà nel tempo la progressiva corrosione delle barre di armatura e la conseguente riduzione della resistenza degli elementi strutturali.

COMUNE DI NAPOLI

VERIFICA DELLA VULNERABILITÀ SISMICA, AI SENSI DALL'OPCM
3274/03 E S.M.I., SUGLI EDIFICI SCOLASTICI DI PROPRIETÀ DEL
COMUNE DI NAPOLI - LOTTO 2
CIG: 788201193C - CUP: B65I17000050001



Codice Edificio 2.20 - I.C. FAVA/GIOIA - Rocco Jemma



ASSOCIAZIONE TEMPORANEA PROFESSIONISTI

CAPOGRUPPO

Ing. Marco Lorenzini



ALL INGEGNERIA STUDIO TECNICO ASSOCIATO

Via 1°Maggio 56/A, Ed.D - 60131 - ANCONA - tel. 071-2800274

MANDANTI

AIRES INGEGNERIA srl

Via Cesare Battisti 31 - 81100 - CASERTA - tel. 0823-210435



RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Arch. Alfonso Ghezzi

SIRIO INGEGNERIA Consorzio Stabile

Via Lima 31 - 00196 - ROMA - tel. 081-7622679



DIRETTORE ESECUZIONE CONTRATTO


Ing. Benedetto De Vivo

Consortziata Designata:
G.I.A. Consulting srl

Viale degli Astronauti 8 - 80131 - NAPOLI - tel. 081- 0383761



elaborato			FASE II: RELAZIONE SUI RISULTATI DELLE INDAGINI (RRI)				
fase	tipo	n. tavola					
V	R	06					
scala		-:---	COMMESSA N° 445	cod. 445-20-V-R-06-A			
<i>Organizzazione certificata RINA secondo norma UNI EN ISO 9001 Cert. n. 9740/03/S</i>			emiss. A	DATA febb. 2022	OPR. PC-GDL-GL	CONTR. CM	APPR. ML
Proprietà riservata, a termine di legge, con divieto di riproduzione e di utilizzazione anche solo parziale senza l'autorizzazione dell'autore.							

  COMUNE DI NAPOLI		COMUNE DI NAPOLI		
“Servizi professionali finalizzati alle verifiche di vulnerabilità sismica di n.333 edifici scolastici di proprietà comunale ubicati nel territorio delle dieci municipalità – Lotto n.2”				
Il R.U.P. Arch. Alfonso Ghezzi			Il Direttore Tecnico Ing. Andrea Vallone	
<u>Relazione tecnica sulle attività di indagine strutturale</u>				
Relazione generale				
CODICE PROGETTO		DATA	REVISIONE	PAGINE
I _ C M N _ 3 5 _ 2 1		27/01/2022	0 2	54
Gruppo di Lavoro				
Ing. Andrea Vallone		Direzione operativa		
Ing. Luigi Apolloni		Coordinamento attività di rilievo		
Sig. Salvatore De Lise		Esecuzione indagini distruttive		
rev.	descrizione	data	redatto	verificato
1	Emissione	22/11/2021	Ing. Luigi Apolloni	Ing. Andrea Vallone
2	Emissione	27/01/2022	Ing. Luigi Apolloni	Ing. Andrea Vallone
3				

SOMMARIO

1. PREMESSA	1
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	3
3. OBIETTIVI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI SPERIMENTALI E MODALITÀ DI PROVA	3
4. PD – PROVE DISTRUTTIVE.....	4
4.1 CAROTAGGI SUL CALCESTRUZZO CON PROVA DI ROTTURA.....	5
4.1.1 METODOLOGIA D’INDAGINE	5
4.1.2 REPORT FOTOGRAFICO	9
4.2 ESTRAZIONI DI BARRE DI ARMATURA.....	10
4.2.1 REPORT FOTOGRAFICO	12
5.INDAGINI MAGNETOMETRICHE.....	13
5.1 STRUMENTAZIONE UTILIZZATA	13
5.2 METODOLOGIA D’INDAGINE	14
5.3 REPORT FOTOGRAFICO	17
6. SAGGI VISIVI	24
6.1 METODOLOGIA D’INDAGINE	25
6.2 REPORT FOTOGRAFICO	27
7. ENDOSCOPIA	35
7.1 METODOLOGIA D’INDAGINE	36
7.2 REPORT FOTOGRAFICO	39
6. PROVE DI DUREZZA BRINELL	40
6.1 REPORT FOTOGRAFICO	42
10. PROVE SCLEROMETRICHE.....	42
10.1 STRUMENTAZIONE UTILIZZATA	44
10.2 METODOLOGIA D’INDAGINE.....	44
10.3 REPORT FOTOGRAFICO.....	46
APPENDICE	48
ALLEGATI	53



gia CONSULTING
geologia - ingegneria - ambiente

SIRIO INGEGNERIA
CONSORZIO STABILE



1. Premessa

La Società G.I.A. Consulting S.r.l., su incarico del Comune di Napoli, eseguite le indagini tese alla determinazione delle caratteristiche meccaniche dei materiali (muratura, cls, acciaio in barre) utilizzati per la realizzazione degli elementi costituenti l'organismo strutturale dell'edificio scolastico I.C.Fava/Gioia-Rocco Jemma sito in via Appulo 16, ha redatto la relazione esplicativa.

Il presente lavoro illustra i risultati ottenuti dalle elaborazioni dei dati acquisiti nell'esecuzione delle indagini distruttive e non su un campione di elementi strutturali (pilastri, travi e muratura) del suddetto edificio, individuati dalla Committenza in uno con i tecnici incaricati di procedere alla determinazione della vulnerabilità del menzionato corpo di fabbrica nei confronti delle azioni sismiche e non.

Le indagini sono state eseguite dalla scrivente nel rispetto della norma ISO 9712:2012 (ex UNI EN 473/2008) che disciplina la "Qualifica e Certificazione del personale addetto alle prove non distruttive".

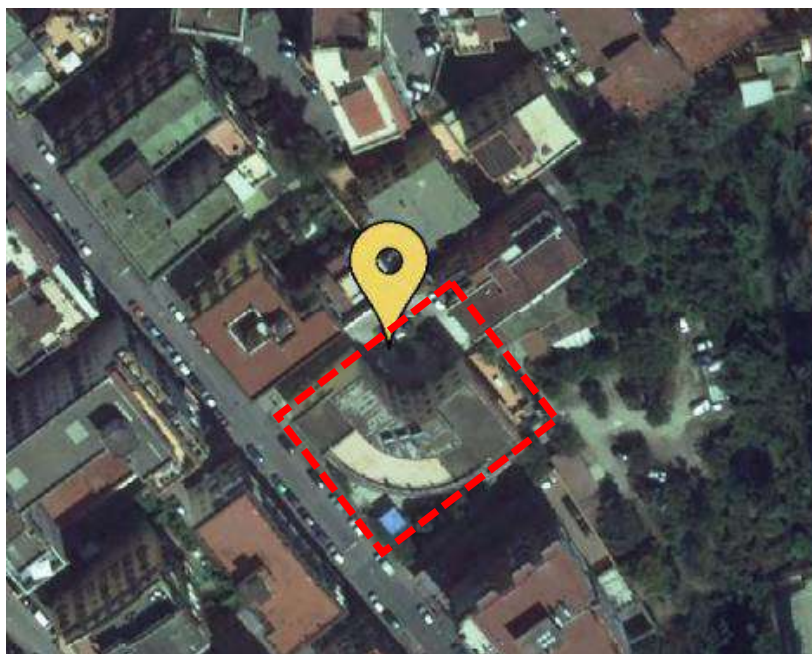


Figura 1 - inquadramento territoriale (Google Earth)

Come precedentemente accennato, la scelta degli elementi strutturali oggetto di verifica, le modalità di indagine ed i punti in cui si è proceduto al prelievo dei campioni (carote e barre), sono stati preventivamente concordati con la Committenza ed il tecnico incaricato per la determinazione della vulnerabilità dell'edificio in oggetto.

La campagna di indagini è stata articolata come di seguito specificato:

- Esecuzione di n. 17 scasso di travi di copertura di piano per rilievo diretto ferri di armatura;
- Esecuzione di n. 8 scasso di pilastri per rilievo diretto ferri di armatura;
- Esecuzione di n.26 rilievi pacometrici armatura travi di copertura di piano;
- Esecuzione di n.15 rilievi pacometrici armatura pilastri;
- Esecuzione di n. 4 prelievi di barre di armatura;
- Esecuzione di n. 7 prelievi provini di cls e prova di carbonatazione;
- Esecuzione di n. 10 prova sclerometrica;
- Esecuzione di n. 4 prove di durezza superficiale barre di armatura;
- Esecuzione di n. 4 endoscopia solaio;
- Esecuzione di n. 1 endoscopia tamponatura passante.

2

Nella presente relazione si riportano le schede ed i report di ogni singola indagine eseguita dalla scrivente, in appendice sono riportati gli elaborati grafici con l'individuazione planimetrica di ogni singola prova effettuata e la rispettiva codifica.

2. Normativa di riferimento

Le indagini diagnostiche, sono state eseguite in ottemperanza alle normative vigenti, in particolare:

- Linee guida per la messa in opera del calcestruzzo strutturale e per la valutazione delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo indurito mediante prove non distruttive”, Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, febbraio 2008;
- NTC 2018 - Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni;
- Norma BS 1881:204 – Esecuzione prova pacometrica;
- Norma UNI EN 12504-2/2001: «Prove del calcestruzzo nelle strutture. Prove non distruttive. Determinazione dell’indice sclerometrico»;
- Norma UNI EN 12504-4/2005: «Prove del calcestruzzo nelle strutture - parte 4 - Determinazione della velocità di propagazione degli ultrasuoni nei materiali solidi»;
- Norma UNI EN ISO 15630-1:2010 - Acciaio per calcestruzzo armato e calcestruzzo armato precompresso - Metodi di prova - Parte 1: Barre, rotoli e fili per calcestruzzo armato.

3

3. Obiettivi della campagna di indagini sperimentali e modalità di prova

L’obiettivo della campagna di prove è stata la caratterizzazione dei materiali in opera, mediante determinazione delle caratteristiche meccaniche dei materiali degli elementi in calcestruzzo armato gettato in opera e/o in muratura presenti nell’edificio in oggetto.

Per perseguire tale obiettivo sono stati effettuati i seguenti tipi d’indagine sperimentale.

4. PD – Prove distruttive

Tale fase comprende tutte le operazioni necessarie (scelta del metodo di indagine, definizione e localizzazione delle prove, etc..) per valutare, con un grado di accuratezza e rappresentatività sufficienti, le effettive caratteristiche dei materiali da impiegare in sede di verifica.

Nel caso di edifici esistenti in cemento armato devono essere effettuate sia prove sul calcestruzzo, finalizzate ad una stima della resistenza media a compressione, sia prove sulle barre di armatura, finalizzate alla valutazione della resistenza media a trazione, del limite di snervamento e dell'allungamento a carico massimo.

La stima della resistenza a compressione del calcestruzzo è molto importante in quanto, oltre al ruolo determinante che essa ha sulla capacità portante e sulla durabilità della struttura, consente di determinare direttamente o indirettamente altre proprietà del calcestruzzo, come il modulo elastico e la resistenza a trazione.

I carotaggi e le estrazioni di barre vengono generalmente effettuati in corrispondenza delle zone in cui le sollecitazioni flessionali sono minime, pertanto a metà altezza dei pilastri e circa a un quinto della luce delle travi.

4.1 Carotaggi sul calcestruzzo con prova di rottura

I carotaggi consistono nel prelievo di campioni (da zone opportunamente individuate all'interno degli elementi strutturali) e nell'esecuzione di prove di schiacciamento fino a rottura, al fine di risalire alla resistenza a compressione media del calcestruzzo. La minore affidabilità dei metodi non distruttivi per giungere ad una definizione diretta della resistenza del conglomerato determina la necessità di effettuare sempre prove di tipo distruttivo i cui risultati possono essere utilizzati da soli o per calibrare quelli ottenuti con i metodi indiretti non distruttivi.

L'esecuzione dei carotaggi è un'operazione piuttosto complessa e delicata. Il criterio fondamentale da adottare nell'esecuzione dei prelievi è quello di ridurre al minimo il danneggiamento del campione nel corso delle operazioni di estrazione. Al fine di perseguire tale obiettivo i carotaggi sono stati effettuati laddove le sollecitazioni flessionali negli elementi sono ridotte. Il campione così ottenuto è stato portato nel laboratorio e schiacciato mediante una pressa per valutarne la resistenza.

Di seguito la tabella riassuntiva dei carotaggi effettuati all'interno dell'intero edificio, divisi per livello.

Piano	n.
-1	2
0	2
1	2
2	1
Totale	7

5

Tabella 1 – Report carotaggi

4.1.1 Metodologia d'indagine

L'esecuzione dei carotaggi è regolata dalla norma UNI 12504-1 [UNI 2009]. La prova di compressione, invece, è regolata dalla norma UNI EN 12390 nelle parti da 1 a 4.

Individuato il reticolo delle armature mediante il pacometro, il prelievo è stato effettuato nei campi privi di armatura. Nel caso in cui le prove distruttive sono integrate con prove non distruttive tipo SONREB, queste ultime in numero superiore al fine di ottenere un quadro più ampio dello stato del calcestruzzo della struttura, è opportuno eseguire i carotaggi in corrispondenza dei punti in cui sono state eseguite alcune delle prove sclerometriche ed ultrasoniche, al fine di ricavare le corrette correlazioni con i risultati delle indagini non distruttive. Le operazioni di prelievo devono scongiurare l'inclusione di armature metalliche nelle carote per evitare: la significativa riduzione della capacità

resistente dell'elemento strutturale su cui si effettua il prelievo, l'aggravio del disturbo al campione nelle fasi di prelievo determinato dall'incremento delle vibrazioni, l'alterazione dei valori della prova di compressione per la presenza della barra d'armatura.

Quando la maglia delle armature è tale da non consentire il prelievo di carote prive di inclusioni si prelevano carote con diametro minore. In ogni caso, qualora una o più barre d'armatura vengano tranciate, si procede al ripristino delle stesse.

Nel corso delle operazioni di prelievo delle carote si è proceduto anche alla misura della profondità di carbonatazione del calcestruzzo, così da valutare il potenziale grado di protezione alla corrosione delle barre di armatura. La misura della profondità di carbonatazione è regolata dalla norma UNI 9944. Essa consiste nell'osservare il viraggio della fenoftaleina, che, in ambiente basico, ovvero in assenza di carbonatazione, si colora di rosso-violetto. Pertanto, spruzzata sulla superficie cilindrica del campione, immediatamente dopo l'estrazione, una soluzione di fenoftaleina all'1% in alcol etilico, si è osservato il calcestruzzo carbonatato come quella parte che non ha mostrato una colorazione rosso-violetto. La profondità di carbonatazione è stata misurata con la precisione del millimetro.

È di fondamentale importanza la verifica, nel corso dei prelievi, che la macchina carotatrice non abbia subito significative vibrazioni dell'asse di rotazione e che la velocità di avanzamento sia stata contenuta, onde evitare un eccessivo danneggiamento del campione. A tal fine sono stati adottati tutti gli accorgimenti necessari ad evitare la vibrazione del sistema di carotaggio (carotatrice e relativo supporto) ricorrendo inoltre ad una velocità di avanzamento per il prelievo di campioni ben minore di quella abitualmente adottata per la realizzazione di fori nel calcestruzzo (inferiore a 600 giri/min.). Il diametro delle carote, come indicato dalle norme UNI, è pari ad almeno pari a tre volte il diametro massimo dell'aggregato presente nel calcestruzzo. Il diametro più comunemente utilizzato nei prelievi è di circa 100 mm e, di conseguenza, l'altezza della carota prelevata è di circa 280 mm, affinché possa ottenersi un campione lungo 200 mm o, meglio, due campioni con rapporto altezza/diametro unitario. Le norme, e la letteratura del settore, evidenziano come la resistenza in situ, determinata mediante la compressione di carote prelevate dalla struttura, è in generale minore di quella ricavata dalla prova di compressione di campioni maturati in condizioni di laboratorio. Tale difformità è legata a differenti motivazioni che possono essere suddivise in due grandi categorie: l'una relativa alle condizioni di posa in opera e di maturazione, l'altra ai disturbi arrecati ai campioni mediante il prelievo.

Per quanto attiene il primo aspetto, così come indicato dalla vigente normativa, che si riporta integralmente, *"Il valor medio della resistenza del calcestruzzo in opera (definita come resistenza*

strutturale) è in genere inferiore al valor medio della resistenza dei prelievi in fase di getto maturati in condizioni di laboratorio (definita come resistenza potenziale)". Per tali motivi, sempre le NTC2008 citano che "È accettabile un valore medio della resistenza strutturale, misurata con tecniche opportune (distruttive e non distruttive) e debitamente trasformata in resistenza cilindrica o cubica, non inferiore all'85% del valore medio definito in fase di progetto."

Per quanto attiene il secondo aspetto, le operazioni di prelievo comportano un degrado locale delle caratteristiche meccaniche e, quindi, del campione estratto. Tali perdite, generalmente, risultano trascurabili per l'elemento strutturale oggetto di indagine, date le limitate dimensioni del foro in esso realizzato, ma molto influenti sulla resistenza del campione prelevato. L'entità è commisurata alle cure che si adottano nelle operazioni di prelievo, ma anche alle caratteristiche meccaniche del materiale di partenza ed al diametro della carota. Il disturbo arrecato dall'operazione di taglio (usura) provocata dalla corona diamantata si propaga radialmente nel materiale circostante individuando un volume avente in sezione la forma di una corona circolare con diametro medio pari a quello del carotiere, ed una lunghezza di poco maggiore a quella del campione prelevato. È evidente che lo spessore di corona circolare degradato cresce al diminuire della resistenza propria del materiale. Tale aspetto, se generalmente poco significativo per l'elemento indagato, risulta invece determinante per il campione prelevato, soprattutto quando lo spessore degradato risulta percentualmente significativo rispetto al diametro della carota. Le linee guida del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici - "Linee guida per la messa in opera del calcestruzzo strutturale e per la valutazione delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo indurito mediante prove non distruttive", al punto 11.3, danno rilievo a tale aspetto sottolineando che "l'estrazione e la lavorazione delle superfici di calcestruzzi aventi resistenza ≤ 20 MPa, è molto critica" e quindi "il metodo non risulta idoneo ad indagare tali calcestruzzi."

7

Stante la necessità di valutare la resistenza in situ dei calcestruzzi, indipendentemente dal valore della capacità resistente, se ne utilizzano formulazioni che ne consentano comunque una stima.

La letteratura tecnico-scientifica e diverse normative danno una serie di indicazioni per i fattori sopra elencati. La più completa, sebbene calibrata su calcestruzzi con caratteristiche di resistenza medie e carote di diametro 100 mm, appare la formula proposta dall'American Concrete Institute (ACI) per la trasformazione della resistenza di carota in resistenza in opera:

$$F_c = F_{l/d} \cdot F_{dia} \cdot F_{mc} \cdot F_d \cdot f_{core}$$

dove

- f_c rappresenta la resistenza cilindrica in opera (resistenza strutturale), misurata su un campione con $l/d=2$;
- $F_{l/d}$ è il fattore che tiene conto della geometria del campione, i cui valori sono riportati in tabella 1;
- F_{dia} è il fattore che tiene conto del diametro del provino, avente valore 1 nel caso di diametro 100 mm, determinabile mediante interpolazione lineare per i diametri compresi tra quelli indicati in tabella 1;
- F_{mc} è il fattore che tiene conto dell'umidità del provino, i cui valori sono riportati in tabella 1;
- F_d è il fattore che tiene conto del disturbo provocato dal carotaggio, i cui valori sono riportati in tabella 1. Nel caso in cui le caratteristiche del calcestruzzo siano molto basse tale coefficiente può raggiungere valori anche maggiori di quelli indicati in tabella;
- f_{core} è il valore della resistenza scaturita dalla prova di compressione del campione di calcestruzzo.

La relazione indicata non contempla il caso in cui il campione includa spezzoni di armatura. Qualora l'armatura sia disposta parallelamente all'altezza del provino la resistenza a compressione del calcestruzzo andrà depurata dal contributo offerto dalla barra. L'inclusione di barre variamente inclinate all'interno del campione, invece, possono indurre una riduzione diretta della resistenza che la letteratura indica dell'ordine massimo del 10%. In alcuni casi, però, la presenza delle armature induce nella fase di prelievo un disturbo tale da rendere il provino poco rappresentativo della reale resistenza del calcestruzzo, maggiormente quando quest'ultimo ha caratteristiche meccaniche non eccellenti.

8

Quando il campione estratto ha un rapporto altezza/diametro pari a due, è possibile passare dalla resistenza cilindrica che scaturisce dalla prova di compressione e dalle successive elaborazioni sopra illustrate alla resistenza cubica strutturale utilizzando la seguente relazione riportata in molte normative:

$$R_c = f_c / 0.83$$

Quando il rapporto altezza/diametro è unitario la relazione cui fare riferimento è la seguente:

$$R_c = f_c$$

Per rapporti altezza/diametro compresi tra quelli sopra indicati si farà riferimento a valori opportunamente interpolati.

Seguono le tabelle esplicative nelle quali sono presenti nel dettaglio le caratteristiche geometriche dei campioni prelevati.

CAROTAGGI							
n.	Data	Piano	Codice	Φ (cm)	Lunghezza (cm)	Profondità di carbonatazione (mm)	Foto
1	07/09/2021	-1	C1	10	12	120	1
2	07/09/2021	-1	C2	10	17	>170	2
3	07/09/2021	T	C3	10	14	86	3
4	07/09/2021	T	C4	10	14	75	4
5	07/09/2021	1	C5	10	16	55	5
6	07/09/2021	1	C6	10	12,5	75	6
7	07/09/2021	2	C7	10	15	130	7

Tabella 2 – Tabella carotaggi

4.1.2 Report fotografico



Foto 1-2 C1 e C2



Foto 3-4 C3 e C4



Foto 5-6 C5 e C6



Foto 7 C7

4.2 Estrazioni di barre di armatura

La prova consiste nel prelievo di spezzoni di armatura da sottoporre a prove di trazione al fine di risalire alla resistenza media dell'acciaio, nonché del limite di snervamento e del relativo allungamento a rottura.

Lo spezzone di barra da prelevare deve avere una lunghezza pari a circa 450 mm, per poter essere sottoposto alla prova di rottura per trazione in conformità alla norma UNI EN 10002/1.

Il prelievo è stato effettuato sugli elementi meno sollecitati, laddove si abbia certezza che il tipo di acciaio sia lo stesso in tutta la struttura.

Si riporta di seguito il report del numero delle estrazioni di barre di armature.

Piano	n.
-1	1
0	1
1	1
2	1
Totale	4

Tabella 3 – Report estrazioni di barre di armatura

Di seguito le caratteristiche geometriche delle barre estratte.

PRELIEVI DI BARRE D'ARMATURA									
n.	Data	Piano	Codice	Elemento	Posizione/Punto di prelievo	Φ (mm)	Lunghezza (cm)	Barra di armatura	Foto
1	08/09/2021	1	F1	Pilastro	barra centrale	20	58	Liscia	8
2	16/09/2021	2	F2	Pilastro	barra centrale	14	52	Liscia	9
3	08/09/2021	3	F3	Pilastro	barra centrale	20	58	Liscia	10
4	08/09/2021	4	F4	Pilastro	barra centrale	12	54	Liscia	11

Tabella 4 – Estrazioni di barre di armatura

4.2.1 Report fotografico



Foto 8-9 F1 F2



Foto 10-11 F1-F3-F4

5. Indagini magnetometriche

La prova magnetometrica (pacometrica), di tipo non distruttivo, è molto utile per rilevare la presenza, la direzione e il diametro delle barre di armatura all'interno degli elementi strutturali, nonché la misura dello spessore del copriferro e l'ampiezza dell'interferro tra i tondini (interasse).

Il pacometro rientra nei cosiddetti metodi magnetici, in quanto sfrutta le proprietà magnetiche del ferro per la localizzazione delle armature.

Esso si basa sul principio operativo dell'induzione elettromagnetica secondo il quale la presenza di un conduttore metallico (barra di armatura o altro oggetto metallico) che si trova in un campo elettromagnetico ne altera il potenziale. Si sfrutta questo principio facendo scorrere una sonda capace di generare un campo magnetico sulla superficie in calcestruzzo armato. L'interferenza della sonda con la barra di armatura viene segnalata da una variazione di potenziale che viene registrata dallo strumento. L'intensità del segnale rilevato dalla sonda dipende sia dall'orientamento che dalla vicinanza della barra. In questo modo è possibile individuare la barra e determinare l'orientamento. Inoltre, attraverso una adeguata taratura dello strumento, è possibile stimare con una buona accuratezza sia il copriferro che il diametro della barra.

Il numero di prove magnetometriche eseguite è riportato sinteticamente nelle tabelle sottostanti:

Piano	n.
-1	8
0	8
1	7
2	3
Totale	26

Tabella 5 - Report indagini magnetometriche sulle travi

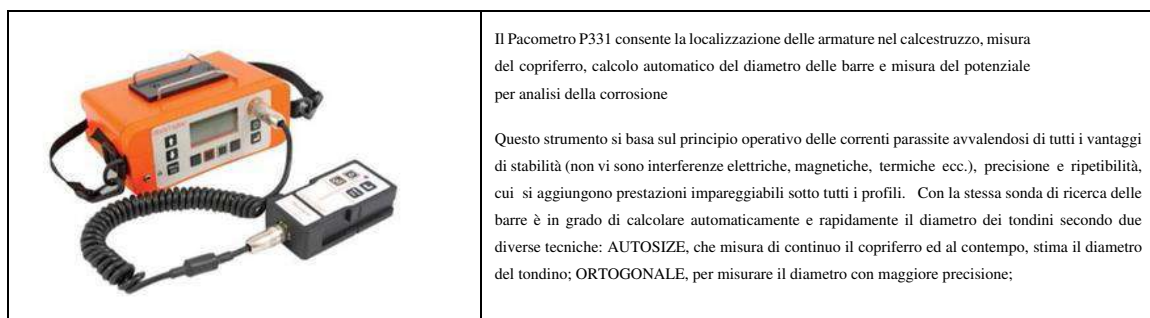
Piano	n.
-1	4
0	4
1	4
2	3
Totale	15

Tabella 6 - Report indagini magnetometriche sui pilastri

5.1 Strumentazione utilizzata

Per l'esecuzione dell'indagine pacometrica si è utilizzato lo strumento Pacometro Elcometer P331, pacometro multi-funzione che consente di determinare:

- Localizzazione e distribuzione dei ferri di armatura;
- Misura dello spessore del copriferro;
- Misura del diametro di barre e staffe;
- Ricostruzione grafica della griglia;
- Visualizzazione dei ferri in sezione per la valutazione dello scostamento dal copriferro noto per ogni barra o staffa.



L'accuratezza garantita è ampiamente conforme ai requisiti delle norme BS 1881:201 e 204, DIN 1045, ASTM C876, CP110, ACI 318 e SIA 162 per l'intero campo del copriferro specificato in EC2.

5.2 Metodologia d'indagine

14

Eseguita la rimozione dell'intonaco e dello strato di laterizio che riveste l'elemento strutturale da indagare, allontanati tutti gli elementi metallici che si presentavano in prossimità della zona di prova, si è provveduto all'accensione della strumentazione, concedendo alla stessa l'opportuno tempo di adattamento alle condizioni di temperatura e umidità.

Successivamente, impostato il diametro su di un valore intermedio (16 mm), ciò allo scopo di avere la stessa sensibilità dello strumento sia in presenza di barre di piccolo diametro (6-8 mm) che di barre di grande diametro (22-24 mm), si è proceduto con la sonda di ricerca alla scansione della superficie di prova in posizione presumibilmente parallela alla barra da individuare, evitando qualsiasi movimento rapido della sonda; lo strumento ha emesso un suono sempre più acuto in corrispondenza della barra rilevata.

Individuata l'armatura dell'elemento indagato, si è proceduto alla mappatura della superficie dell'elemento.

Nel seguito, si riporta la tabella esplicativa con indicazione della tipologia di elemento indagato, la posizione delle armature, lo spessore del copriferro. Per quanto riguarda le armature, non è stato

sempre possibile stimarne il diametro a causa dello spessore notevole del copriferro.

INDAGINI MAGNETOMETRICHE - Scuole R. Jemma													
n.	Data	Piano	Codice	Elemento	Posizione	Armatura longitudinale			Armatura trasversale			Copriferro (cm)	Foto
						n.	Φ (mm)	Interasse (cm)	n.	Φ (mm)	Passo (cm)		
1	08/09/2021	2	PT1	Trave	Mezzeria/intradosso	1	nr	nr	3	nr	18.5-19	2	12
2	08/09/2021	2	PT2	Trave	Mezzeria/faccia laterale	1	nr	nr	3	nr	12-15	3,5	13
3	08/09/2021	2	PT3	Trave	Mezzeria/faccia laterale	2	nr	17	3	nr	10.5-16	6	14
4	09/09/2021	1	PT4	Trave	Mezzeria/faccia laterale	1	nr	nr	3	nr	27.5-20.5	6	15
5	09/09/2021	1	PT5	Trave	Mezzeria/faccia laterale	1	nr	nr	3	nr	19-17	6	16
6	09/09/2021	1	PT6	Trave	Mezzeria/faccia laterale	2	nr	26	3	nr	18-19.5	7	17
7	09/09/2021	1	PT7	Trave	Mezzeria/faccia laterale	1	nr	nr	3	nr	17.5-19.5	5	18
8	09/09/2021	1	PT8	Trave	Mezzeria/faccia laterale	1	nr	nr	3	nr	19-13.5	7	19
9	09/09/2021	1	PT9	Trave	Mezzeria/faccia laterale	1	nr	nr	3	nr	26-17	5,5	20
10	09/09/2021	1	PT10	Trave	Mezzeria/faccia laterale	3	nr	12.5-11.5	3	nr	41-37.5	2,7	21
11	14/09/2021	0	PT11	Trave	Mezzeria/faccia laterale	3	nr	14.5-10,5	3	nr	38.5-33.5	2	22
12	14/09/2021	0	PT12	Trave	Mezzeria/faccia laterale	1	nr	nr	3	nr	29-21.5	2,5	23
13	09/09/2021	0	PT13	Trave	Mezzeria/faccia laterale	1	nr	nr	3	nr	18-28.5	8	24
14	14/09/2021	0	PT14	Trave	Mezzeria/faccia laterale	1	nr	nr	3	nr	30-28	3	25
15	14/09/2021	0	PT15	Trave	Mezzeria/faccia laterale	1	nr	nr	3	nr	9.5-19.5	7	26
16	14/09/2021	0	PT16	Trave	Mezzeria/faccia laterale	1	nr	nr	3	nr	13-11	5,5	27
17	09/09/2021	-1	PT17	Trave	Mezzeria/faccia laterale	1	nr	nr	4	nr	13.5-16.5-11	5	28
18	09/09/2021	-1	PT18	Trave	Appoggio/faccia laterale	2	nr	11.5	3	nr	14.5-12	4	29
19	10/09/2021	-1	PT19	Trave	Mezzeria/faccia laterale	1	nr	nr	4	nr	20-16-14.5	7	30
20	14/09/2021	-1	PT20	Trave	Mezzeria/faccia laterale	1	nr	nr	2	nr	13.5-12	6	31
21	14/09/2021	-1	PT21	Trave	Mezzeria/faccia laterale	1	nr	nr	3	nr	34.5-24	7,5	32

15

22	14/09/2021	-1	PT22	Trave	Mezzeria/faccia laterale	1	nr	nr	3	nr	30-28	6,5	33
23	09/09/2021	0	PT23	Trave	Mezzeria/faccia laterale	1	nr	nr	3	nr	15.5-18	6	34
24	10/09/2021	-1	PT24	Trave	Mezzeria/faccia laterale	2	nr	14,5	4	nr	38-12-24	4,5	35
25	10/09/2021	-1	PT25	Trave	Mezzeria/intradosso	2	nr	24	4	nr	17-16.5-18	6,5	36
26	14/09/2021	0	PT26	Trave	Mezzeria/faccia laterale	1	nr	nr	3	nr	30-30.5	3,5	37
27	09/09/2021	-1	P1	Pilastro	C	2	22	33.5	3	6	15-17.5	nr	38
28	07/09/2021	-1	P2	Pilastro	B	3	nr	23-34	3	nr	17-21	4	39
29	07/09/2021	-1	P3	Pilastro	C	2	nr	50	4	nr	15.5-18.5-22	nr	40
30	08/09/2021	-1	P4	Pilastro	D	2	nr	43	3	nr	15-20	4	41
31	10/09/2021	0	P5	Pilastro	C	2	nr	27.5	3	nr	21-16	7	42
32	10/09/2021	0	P6	Pilastro	C	2	nr	36.5	3	nr	14-12.5	3,6	43
33	10/09/2021	0	P7	Pilastro	B	3	nr	nr	3	nr	nr	7	44
34	10/09/2021	0	P8	Pilastro	C	2	nr	40.5	3	nr	21-21.5	5,5	45
35	08/09/2021	1	P9	Pilastro	C	2	nr	28	3	nr	22-15	7	46
36	09/09/2021	1	P10	Pilastro	C	2	nr	34.5	3	nr	16-22.5	4,5	47
37	08/09/2021	1	P11	Pilastro	A	3	nr	24-14.5	3	nr	23.5-18.5	5	48
38	07/09/2021	1	P12	Pilastro	C	2	16	39	3	16	20.5-18	3	49
39	08/09/2021	2	P13	Pilastro	A	2	nr	19	3	nr	20.5-17.5	4,5	50
40	08/09/2021	2	P14	Pilastro	A	2	nr	19	3	nr	20-18	3	51
41	08/09/2021	2	P15	Pilastro	A	2	nr	32.5	3	nr	24.5-17	5	52

Tabella 7 - Indagini magnetometriche su travi e pilastri

Le indagini sui pilastri sono state effettuate sulla faccia identificata con la specifica lettera, al fine di individuare l'orientamento si prende come riferimento lo schema riportato sulle tavole in appendice.

5.3 Report fotografico



Foto 12-13-14 PT1-PT2-PT3



Foto 15-16 PT4-PT5

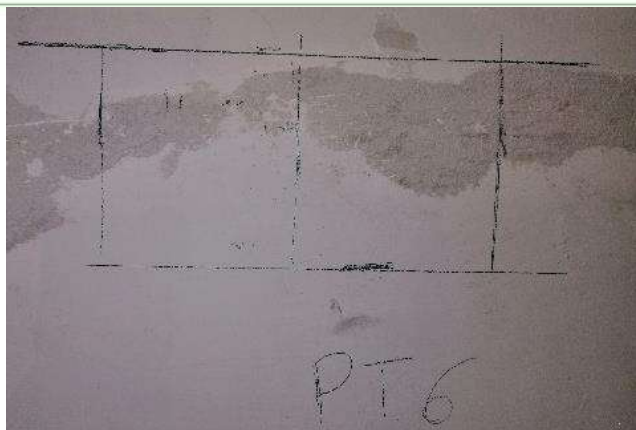


Foto 17-18 PT6-PT7

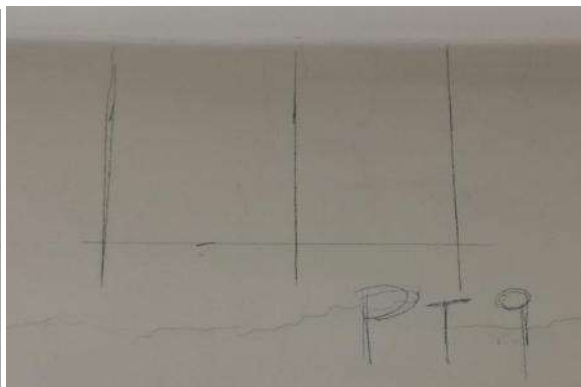
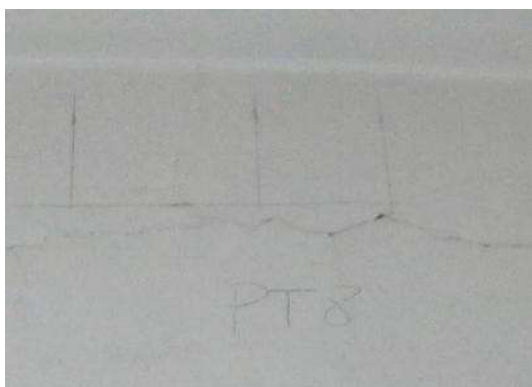


Foto 19-20 PT8-PT9

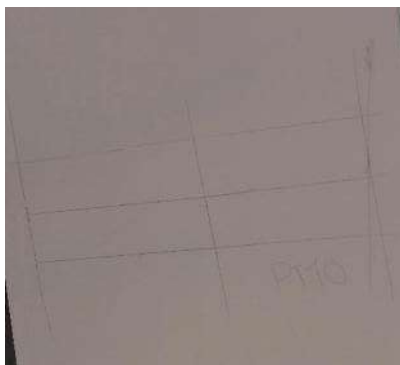


Foto 21-22 PT10-PT11

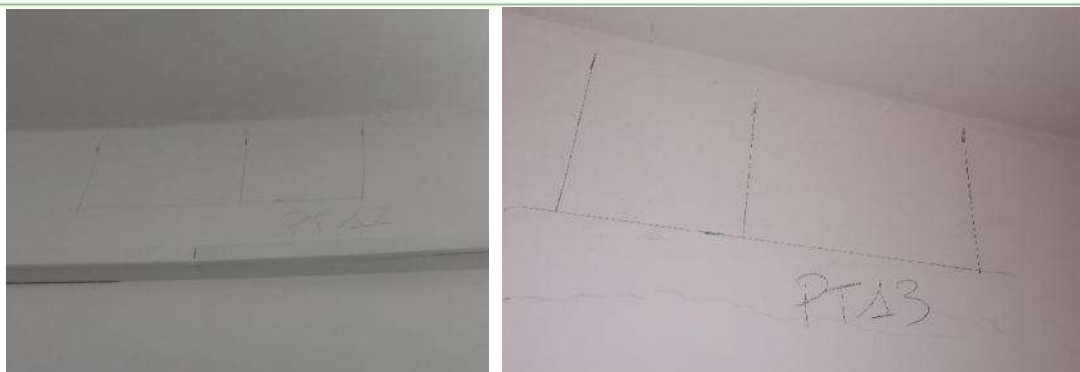


Foto 23-24 PT12-PT13

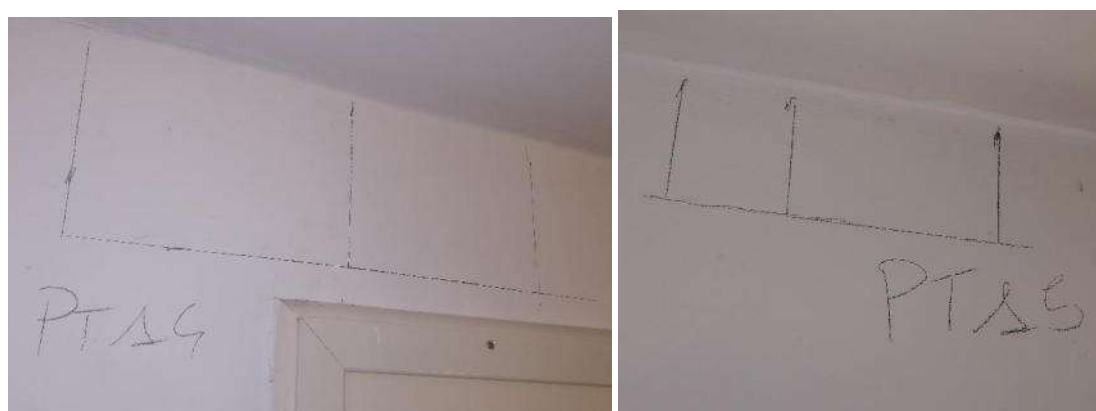


Foto 25-26 PT14-PT15

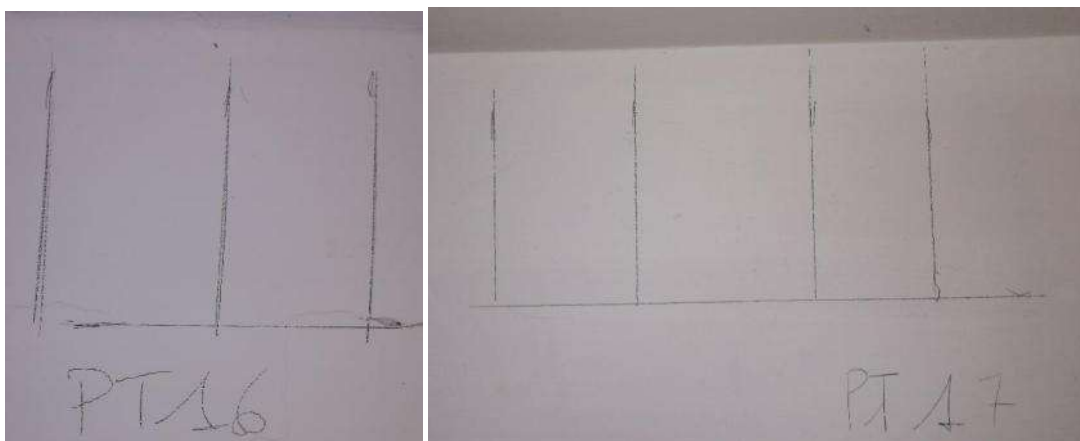


Foto 27-28 PT16-PT17

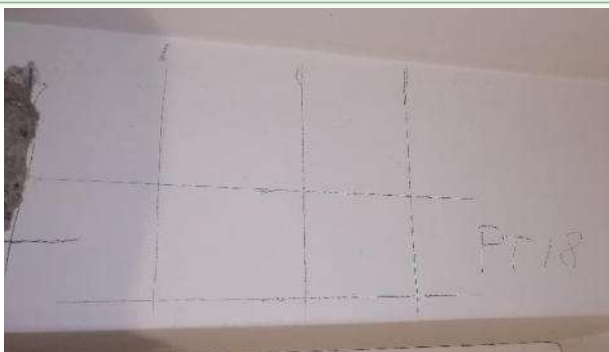


Foto 29-30 PT18-PT19

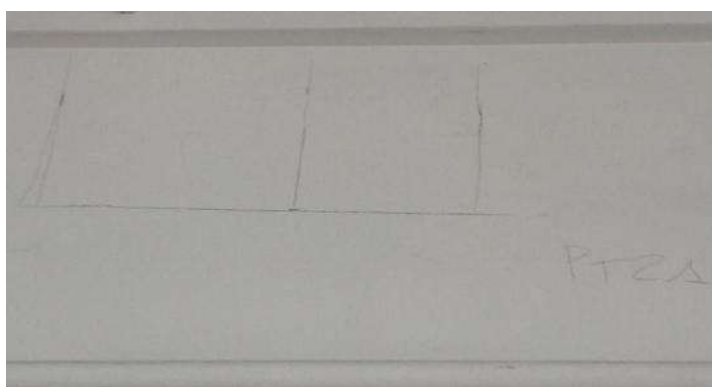
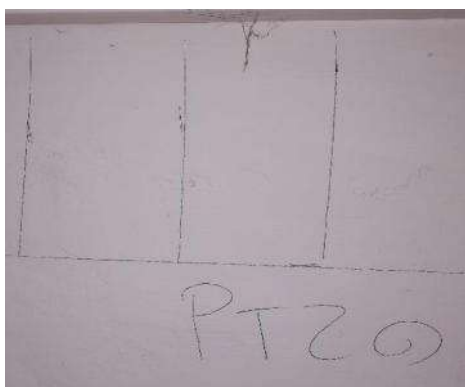


Foto 31-32 PT20-PT21



Foto 33 PT22

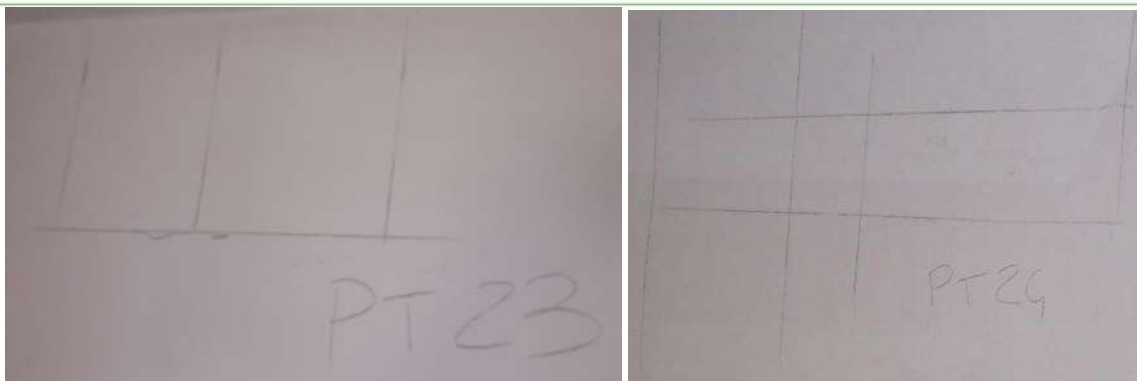


Foto 34-35 PT23-PT24

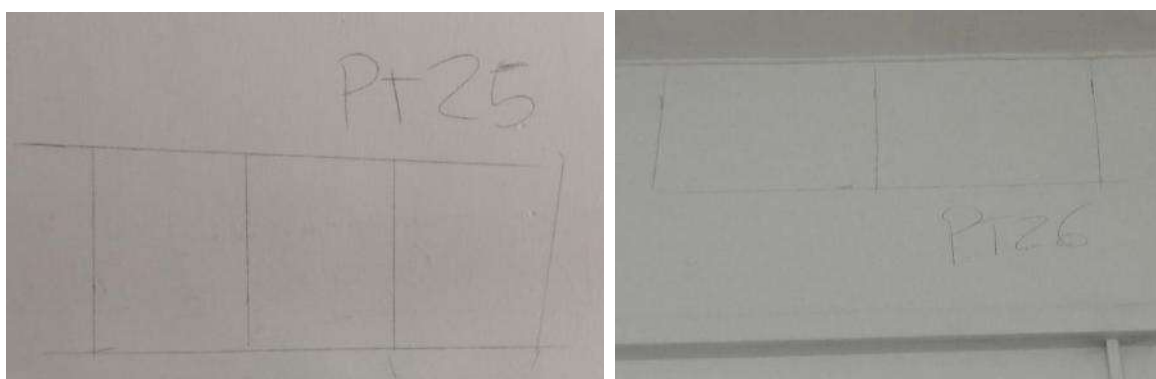


Foto 36-37 PT25-PT26



Foto 38-39 P1-P2



Foto 40-41-42 P3-P4-P5



Foto 43-44 P6-P7



Foto 45-46-47 P8-P10



Foto 48-49-50 P11-P13



Foto 51-52 P14-P15

6. Saggi visivi

L'indagine visiva diretta su elementi strutturali consente un riscontro visivo delle dimensioni geometriche dell'elemento strutturale indagato, del numero e diametro delle barre di armatura longitudinali in esso contenute, in uno con diametro e passo delle staffe di confinamento della sezione trasversale, ed in ultimo la misura diretta del copriferro e di eventuali anomalie presenti.

L'indagine è stata condotta mediante demolizione manuale e/o meccanica del copriferro.

Piano	n.
-1	5
0	4
1	6
2	2
Totale	17

Tabella 8 – Report saggi visivi su travi

Piano	n.
-1	3
0	2
1	2
2	1
Totale	8

Tabella 9 – Report saggi visivi su pilastri

6.1 Metodologia d'indagine

Individuata la zona di esecuzione delle demolizioni scegliendo, ove possibile, una condizione operativa comoda per l'operazione di demolizione la quale non avesse interferenze con le attività presenti nell'ambiente in cui si esegue la prova.

Si procede, rimuovendo l'eventuale intonaco, il copriferro per un tratto pari a due passi delle staffe (mettendo in vista 3 staffe successive lungo lo sviluppo dell'elemento oggetto di indagine).

Si prosegue con la demolizione per l'intera larghezza dell'elemento strutturale in questione nella direzione perpendicolare all'asse, in modo tale da individuare tutte le armature presenti.

Successivamente, si è proceduto al rilievo geometrico e strutturale dell'elemento. Al termine di tutte le indagini e misurazioni, si è provveduto al ripristino strutturale mediante materiali idonei per il ripristino della capacità strutturale dell'elemento indagato.

Segue la tabella esplicativa di quanto rilevato dall'esecuzione delle indagini visive all'interno dell'immobile in oggetto.

25

SAGGI VISIVI TRAVI E PILASTRI														
n.	Piano	Data	Codice	Elemento	Dimensioni		Armatura longitudinale			Armatura trasversale			Copriferro (cm)	Foto
					h (cm)	b (cm)	n.	Φ (mm)	Interasse (cm)	n.	Φ (mm)	Passo (cm)		
1	-1	09/09/2021	T1A	Trave appoggio / fianco	40+h solaio	nr	1	16	nr	2	6	6,5	5	53-54
2	-1	09/09/2021	T1B	Trave mezzeria / fianco	40+h solaio	nr	1	16	nr	2	6	14,5	4	55-56
3	-1	09/09/2021	T2A	Trave mezzeria / intradosso	nr	40	1	16	nr	2	6	10,5	2	57-58
4	-1	09/09/2021	T2B	Trave appoggio / intradosso	nr	40	1	16	nr	2	6	7,5	1,5	59-60
5	-1	14/09/2021	T3	Trave mezzeria / fianco	60	nr	2	6	53	2	6	25	4	61-62

6	0	14/09/2021	T4	Trave appoggio / fianco	40+h solaio	nr	1	16	nr	2	6	12	3	63-64
7	0	14/09/2021	T5	Trave appoggio / fianco	40+h solaio	nr	1	8	nr	2	6	26	6	65-66
8	0	09/09/2021	T6A	Trave appoggio / fianco	40+h solaio	nr	1	12	nr	2	6	10	3	67-68
9	0	09/09/2021	T6B	Trave mezzeria / fianco	40+h solaio	nr	1	12	nr	2	6	14	3	69-70
10	1	09/09/2021	T7A	Trave appoggio / fianco	40+h solaio	nr	1	12	nr	2	6	13,5	3	71-72
11	1	09/09/2021	T7B	Trave mezzeria / fianco	40+h solaio	nr	1	12	nr	2	6	14,5	3	73-74
12	1	09/09/2021	T8A	Trave appoggio / intradosso	nr	40	1	12	nr	2	6	13	1,5	75-76
13	1	09/09/2021	T8B	Trave mezzeria / intradosso	nr	40	1	12	nr	2	6	12,5	1	77-78
14	1	09/09/2021	T9A	Trave appoggio / fianco	40+h solaio	nr	1	12	nr	2	6	14	3,5	79-80
15	1	09/09/2021	T9B	Trave mezzeria / fianco	40+h solaio	nr	1	12	nr	2	6	17	2,5	81-82
16	2	08/09/2021	T10	Trave mezzeria / fianco	40+h solaio	nr	1	12	nr	2	6	12	3	83-84
17	2	08/09/2021	T10B	Trave appoggio / fianco	40+h solaio	nr	1	12	nr	2	6	16	3	85-86
1	-1	08/09/2021	SP1	Pilastro / B	nr	70	2	24	62,5	2	8	27,5	3	87-88
2	-1	08/09/2021	SP2	Pilastro / C	nr	50	2	22	47,5	2	6	40	2,5	89-90
3	-1	08/09/2021	SP3	Pilastro / C	40	nr	2	20	33	2	6	16,5	2,5	91-92
4	0	08/09/2021	SP4	Pilastro / C	40	nr	2	26	37,5	2	6	31,5	3	93-94
5	0	14/09/2021	SP5	Pilastro / B	nr	40	2	24	32,5	2	6	16	4,5	95-96
6	1	08/09/2021	SP6	Pilastro / C	nr	40	2	18	32	2	6	18,5	3,5	97-98
7	1	08/09/2021	SP7	Pilastro / C	nr	35	2	18/16	29	2	6	17,5	3	99-100
8	2	08/09/2021	SP8	Pilastro / A	nr	25	2	14	18,5	2	6	23	3	101-102

Tabella 10 – Saggi visivi su travi e pilastri

Le indagini sui pilastri sono state effettuate sulla faccia identificata con la specifica lettera, al fine di individuare l'orientamento si prende come riferimento lo schema riportato sulle tavole in appendice.

6.2 Report fotografico



Foto 53-54 T1A



Foto 55-56 T1B



Foto 57-58 T2A



Foto 59-60 T2B



Foto 61-62 T3



Foto 63-64 T4



Foto 65-66 T5



Foto 67-68 T6A



Foto 69-70 T6B



Foto 71-72 T7A



Foto 73-74 T7B



Foto 75-76 T8A



Foto 77-78 T8B



Foto 79-80 T9A



Foto 81-82 T9B



Foto 83-84 T10



Foto 85-86 T10B



Foto 87-88 SP1



Foto 89-90 SP2



Foto 91-92 SP3



Foto 93-94 SP4



Foto 95-96 SP5



Foto 97-98 SP6

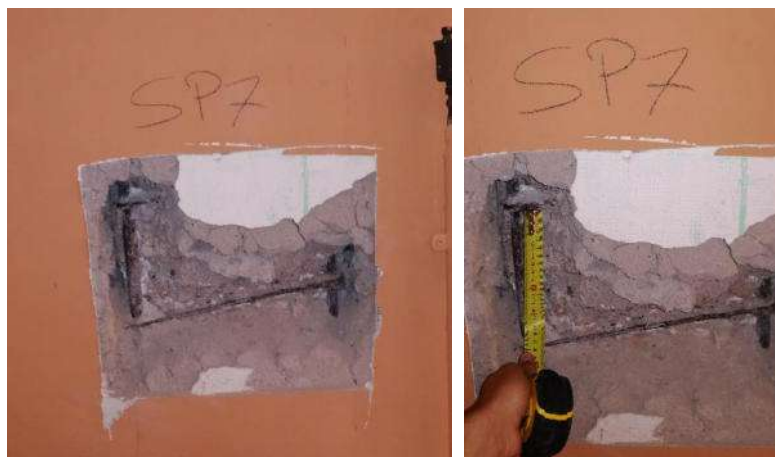


Foto 99-100 SP7



Foto 101-102 SP8

7. Endoscopia

La prova endoscopica consiste nell'osservare con appositi strumenti cavità naturali o artificiali (appositamente create con carotatori o trapani). Questa prova, eseguita sulla muratura consente la conoscenza della stratigrafia, tipologia, morfologia e stato di conservazione dei materiali attraversati. Detta tipologia d'indagine, come per il caso specifico, può anche essere effettuata su strutture portanti e portate dei solai piani, consentendo quindi la definizione della stratigrafia dell'elemento indagato con misura diretta degli spessori dei vari strati attraversati dalla sonda.

35

Il numero delle endoscopie effettuate, distribuite per piani, è indicato nella tabella che segue.

Piano	n.
-1	1
0	0
1	3
2	0
Totale	4

Tabella 11 – Report Endoscopie solaio

Piano	n.
0	1
Totale	1

Tabella 12 – Report Endoscopie tamponatura passante

7.1 Metodologia d'indagine

L'endoscopia si esegue praticando un foro di piccolo diametro nei punti da indagare; possono essere sufficienti fori di 10 mm e genericamente inferiori ai 20 mm. La profondità del foro è variabile a seconda dell'indagine da effettuarsi, come limite massimo si possono eseguire fori di lunghezza pari a 120-150 cm, circostanza che si verifica sovente quando oggetto dell'indagine sono orizzontamenti costituiti da volte e l'indagine è ubicata in prossimità dell'imposta dove, in funzione della tipologia della struttura piana, posso presentarsi spessori consistenti. Per eseguire i fori nella muratura vengono utilizzati trapani a basso numero di giri per non indurre vibrazioni eccessive nella struttura muraria in esame. Lo strumento che viene utilizzato è il boroscopio rigido, cioè un'asta con opportuno sistema di lenti e luce guida che permette la completa ispezione interna delle pareti del foro dalla quale è deducibile l'esecuzione tecnologica dell'elemento strutturale permettendo di rilevare qualsiasi situazione di discontinuità. Qualora siano presenti fessure o distacchi sufficientemente ampi si può ricorrere all'utilizzo dell'endoscopio flessibile, dotato di fibra ottica, che ha la particolarità di adattarsi al cammino del foro. All'endoscopio può essere applicata una macchina fotografica o una videocamera che consente l'archiviazione della prova eseguita. Le principali caratteristiche delle strutture emerse nel corso delle ispezioni visive sono riportate in un'adeguata documentazione fotografica che evidenzia con didascalie e particolari gli strati attraversati in uno con i rispettivi spessori e le eventuali situazioni di discontinuità.

36

I risultati della prova sono registrati, nel caso delle video endoscopie, su supporto magnetico per future analisi. Poiché, in genere, l'interpretazione dei fotogrammi può essere un'operazione difficile; va ricordato quindi che l'endoscopia può essere utilizzata solamente per capire la stratigrafia.

Segue la tabella esplicativa di quanto rilevato dall'esecuzione delle indagini visive all'interno dell'immobile in oggetto.

ENDOSCOPIE SOLAIO								
n.	Data	Piano	Codice	Tipologia	Spessore (cm)	Dimensioni elemento (cm)	Travetti (cm)	Foto
1	09/09/2021	1	E1	Solaio in latero cemento	30	Pignatta 30 x 29 x 18	Travetto in c.a. Larghezza 8,5 i = 38,5	103-104
2	09/09/2021	1	E2	Solaio in latero cemento	40	Pignatta 11 x 30 x 22	Travetto in c.a. Larghezza 10 i = 43	105-106

3	09/09/2021	1	E3	Solaio in latero cemento	40	Pignatta 15 x 30 x 22	Travetto in c.a. Larghezza 15 i = 61	107-108
4	09/09/2022	-1	E4	Solaio in latero cemento	38	Pignatta 30 x 30 x 18	Travetto in c.a. Larghezza 10 i = 40	109-110

Tabella 13 – Endoscopie solaio

ENDOSCOPIE TAMPONATURA								
n.	Data	Piano	Codice	Tipologia	Spessore (cm)	Intonaco interno (cm)	Intonaco esterno (cm)	Foto
5	14/09/2021	0	ED1	Muratura in lapillo-cemento	59	2	2,5	111-112

Tabella 14 – Endoscopie tamponatura passante

Seguono gli schemi delle prove endoscopiche effettuate.

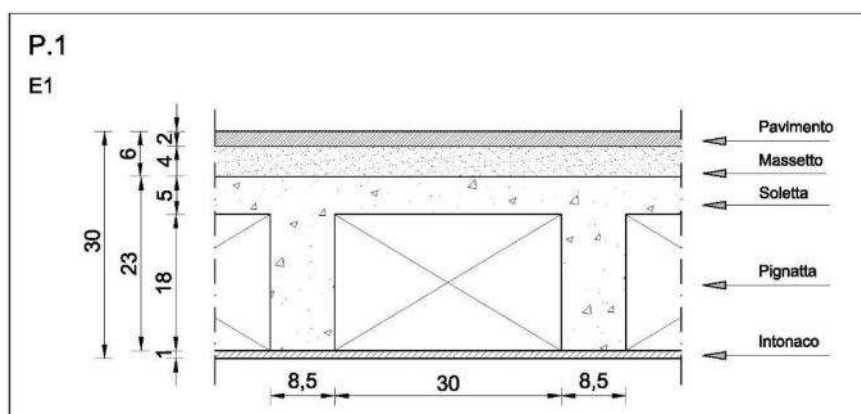


Figura 6 – E1

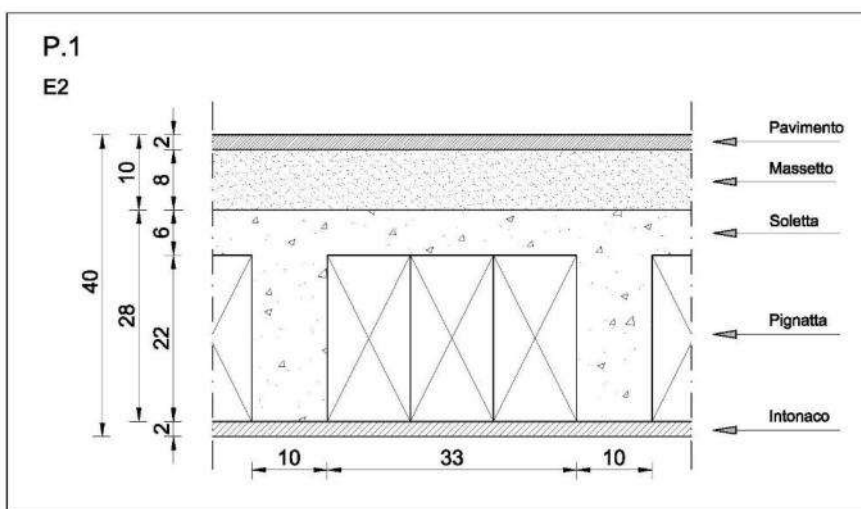


Figura 7 – E2

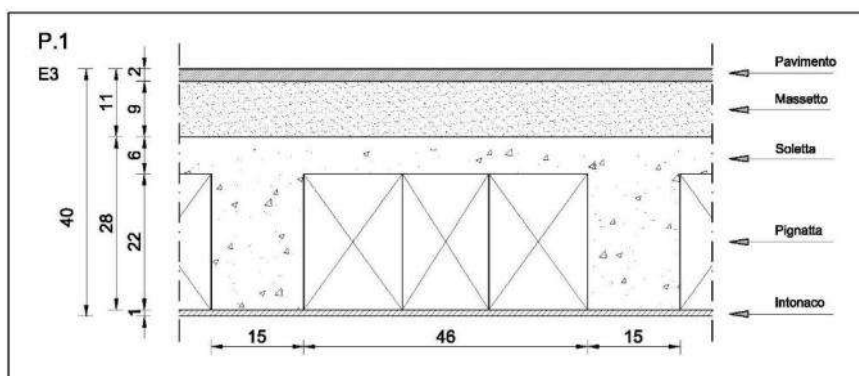


Figura 8 - E3

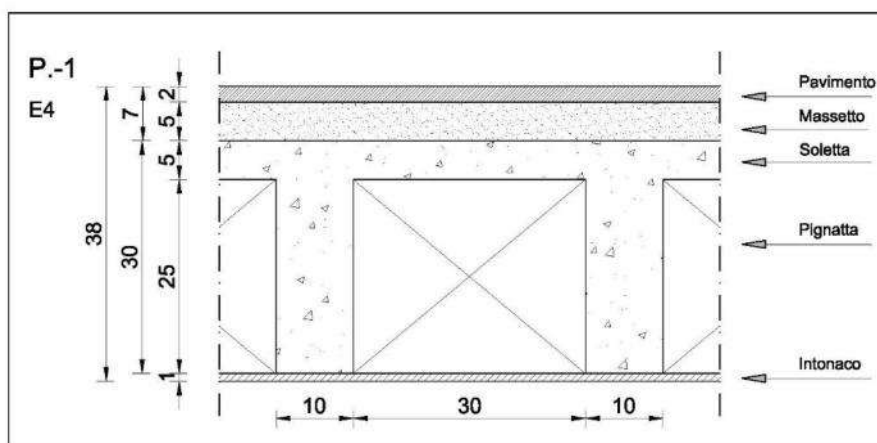


Figura 9 - E4

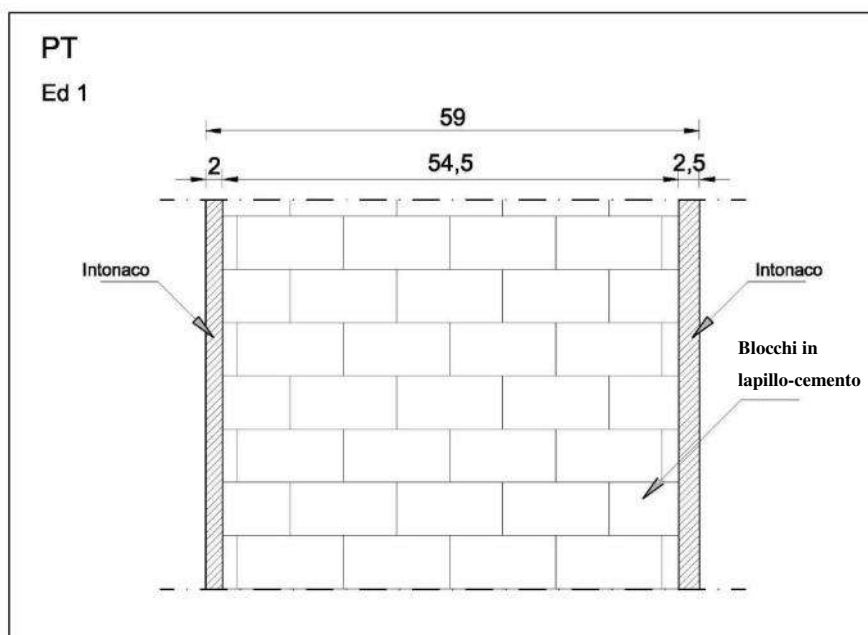


Figura 10 – ED1

7.2 Report fotografico



Foto 103-104 E1



Foto 105-106 E2



Foto 107-108 E3



Foto 109-110 E4



Foto 111-112 ED1

6. Prove di durezza Brinell

Per la valutazione delle caratteristiche resistenti degli elementi in acciaio sono state realizzate le prove di durezza Brinell su un numero totale di 4 elementi (1 per ogni piano dell'edificio). Su ciascuna zona di misura sono state eseguite 10 battute. I valori medi di durezza rilevati in ogni zona sono correlati alla resistenza a trazione utilizzando le tabelle esistenti in letteratura.

Per l'esecuzione della prova in sito è stato utilizzato il DUROMETRO digitale a rimbalzo DMQ modello QH2 (SN: 167) che è un misuratore di durezza per impatto, che si può utilizzare per misurazioni in acciaio, acciaio inossidabile, fusioni ferro, ghisa, lega in acciaio, etc. Dotato di una sonda "D" di tipo universale per tutti i materiali di spessore non inferiore a 3mm (in accoppiamento

ad una massa di supporto), lo spessore minimo del materiale deve essere di 5 mm e la massa minima deve essere di 5 kg. Il dispositivo di impatto permette misurazioni di alta precisione in ogni angolazione. Il principio di misura del durometro è di un dardo con punta a elevata durezza che viene scagliata da una molla sul campione, causando una deformazione plastica alla superficie che si traduce in una perdita di energia cinetica. Questa perdita di energia è quantificata misurando la differenza di velocità del dardo prima e dopo l'impatto con la superficie del campione ad una data distanza dalla superficie. L'elettronica dello strumento elabora il segnale fornendo la lettura della durezza.



Figura 4 – Immagini della strumentazione utilizzata

Nel seguito, è riportata la tabella riassuntiva delle prove durometriche effettuate:

Prova di durezza Brinell																	
n.	Data di prova	Piano	Cod.	Elemento	Durezza Brinell HB										Resistenza a trazione Rm [N/mm ²]	Foto	
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			Media
1	08/09/2021	-1	D1	pilastro	178	135	103	86	96	85	125	117	99	84	111	374	113
2	08/09/2021	0	D2	trave	95	115	173	172	86	104	152	105	98	190	129	436	114
3	08/09/2021	1	D3	trave	108	87	85	106	139	98	117	123	109	136	111	374	115
4	08/09/2021	2	D4	pilastro	83	82	81	99	86	141	97	149	164	165	115	387	116

Tabella 15 – Risultati prove durometriche

6.1 Report fotografico



Foto 113-114 D1 e D2



Foto 115-116 D3 e D4

10. Prove sclerometriche

La prova sclerometrica è eseguita allo scopo di:

- valutare l'uniformità del calcestruzzo in sito;
- delineare le zone o le aree di calcestruzzo di scarsa qualità o deteriorato presenti nelle strutture.

Il metodo di prova non è inteso come un'alternativa per la determinazione della resistenza alla compressione del calcestruzzo ma, con un'opportuna correlazione, può fornire una stima della resistenza alla compressione in sito. Lo sclerometro può essere utilizzato per prove comparative, in riferimento ad un calcestruzzo con resistenza nota o ad un calcestruzzo che è risultato provenire da

un volume definito di calcestruzzo con una popolazione verificata come conforme ad una particolare classe di resistenza. La determinazione della resistenza del calcestruzzo si ottiene mediante la valutazione della durezza superficiale del cls, attraverso la misura del rimbalzo di una massa contenuta in apposito cilindro cavo. Nello specifico, una massa scagliata da una molla colpisce un pistone a contatto con la superficie della struttura o del campione da sottoporre a prova. Il risultato della prova è espresso come un numero in termini di distanza di rimbalzo della massa. Si può ottenere un numero anche in termini di energia o di velocità differenziale prima e dopo l’impatto della massa. Le prove sclerometriche, sono le indagini non distruttive più comunemente utilizzate, sebbene i valori che restituiscono mediante correlazioni dell’entità del rimbalzo alla resistenza a compressione attraverso specifiche curve di calibrazione, se non abbinati alle prove ultrasoniche (metodo SonReb), risultano, spesso, essere poco significativi. Nella tabella di seguito riportata è indicato il numero di prove eseguite.


Piano	n.
-1	2
0	3
1	3
2	2
Totale	10

Tabella 10– Report prove sclerometriche

10.1 Strumentazione utilizzata

Le prove sono state eseguite con uno sclerometro Proceq Original Schmidt live N per calcestruzzo, sclerometro meccanico con proprie curve di correlazione.

L'utilizzo dello sclerometro, come strumento di prova non distruttivo, è regolato dalla norma UNI EN 12504-2/2001.

	<p style="text-align: center;">SCLEROMETRO</p> <p style="text-align: right;">Proceq Original Schmidt live N</p>
	<p>Lo sclerometro a rimbalzo Original Schmidt, indiscusso standard di settore, è uno strumento collegato al cloud che offre prestazioni e facilità d'uso senza eguali. Consente il Risparmio di tempo fino all'80% del tempo richiesto con i sclerometri meccanici per la riparazione, esecuzione ed interpretazione delle prove. Rileva e corregge automaticamente l'angolo di impatto. Registrazione automatica delle misure eliminando l'errore umano. Condivisione istantanea dei dati con i colleghi ed i clienti tramite il web report.</p>

44

10.2 Metodologia d'indagine

Come indicato dalle norme UNI, l'indice di rimbalzo è stato valutato come la media su un numero determinato di battute eseguite su una stessa area di misura (è sbagliato ripeterle sullo stesso identico punto fisico), previa adeguata preparazione con pietra abrasiva a garanzia della rimozione di eventuali asperità della superficie indagata. Le aree su cui sono state eseguite le battute sclerometriche sono interne alle zone di solo calcestruzzo circoscritte dal reticolo delle armature individuate mediante rilievi pacometrici. Si è evitata l'esecuzione di misurazioni in corrispondenza di calcestruzzo distaccato o palesemente deteriorato.

Le battute sono state eseguite su di una griglia regolare di linee equidistanti 25 mm le cui intersezioni hanno costituito i punti di battuta dello sclerometro. Questi ultimi sono stati tenuti debitamente distanti da ferri d'armatura e da eventuali difetti superficiali.

Durante le prove l'asse dello sclerometro è stato sempre mantenuto perpendicolare alla superficie esaminata ($\alpha = 0^\circ$).

Il risultato della prova, riportato per ogni punto di indagine, è fornito in termini di indice di rimbalzo

medio S_m . In fase di elaborazione dei dati è stato inoltre effettuato, per ciascun elemento indagato, il cosiddetto controllo di accettazione.

Preliminarmente ad ogni sessione di prova è stata verificata la taratura dello strumento con l'apposita incudine a corredo dello strumento, con le modalità indicate nella norma UNI di riferimento.

Di seguito la tabella esplicativa degli esiti delle prove sclerometriche eseguite.

PROVE SCLEROMETRICHE																				
n.	Data di Prova	Piano	Codice	Elemento	BATTUTE SCLEROMETRICHE												Ir medio	fck _(cube) (Mpa)	Dispersione (Mpa)	Foto
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12				
1	08/09/2021	-1	SCL1	Trave	34	38	27	33	31	38	33	31	29	32	35	39	33	31	+6,5	117
2	08/09/2021	-1	SCL2	Pilastro	34	28	37	31	31	26	26	30	37	30	33	32	31	27	+6,0	118
3	08/09/2021	0	SCL3	Trave	30	30	25	25	22	21	39	30	27	25	32	24	28	21	+6,0	119
4	08/09/2021	0	SCL4	Trave	39	45	43	40	40	33	34	30	38	47	36	31	38	39	+6,5	120
5	08/09/2021	0	SCL5	Pilastro	35	38	43	43	34	29	27	29	35	30	34	31	34	32	+6,5	121
6	08/09/2021	1	SCL6	Trave	39	42	39	41	36	35	43	40	39	38	38	41	39	41	+7,0	122
7	08/09/2021	1	SCL7	Trave	44	43	37	18	36	32	43	43	34	33	35	39	36	36	+6,5	123
8	08/09/2021	1	SCL8	Pilastro	29	29	35	35	39	42	29	40	31	32	31	27	33	31	+6,5	124
9	08/09/2021	2	SCL9	Trave	20	20	28	25	30	22	29	30	24	23	20	28	25	17	+4,5	125
10	08/09/2021	2	SCL10	Pilastro	34	31	29	26	31	30	36	32	30	32	34	31	31	28	+6,0	126

Tabella 11– Risultati prove sclerometriche

45

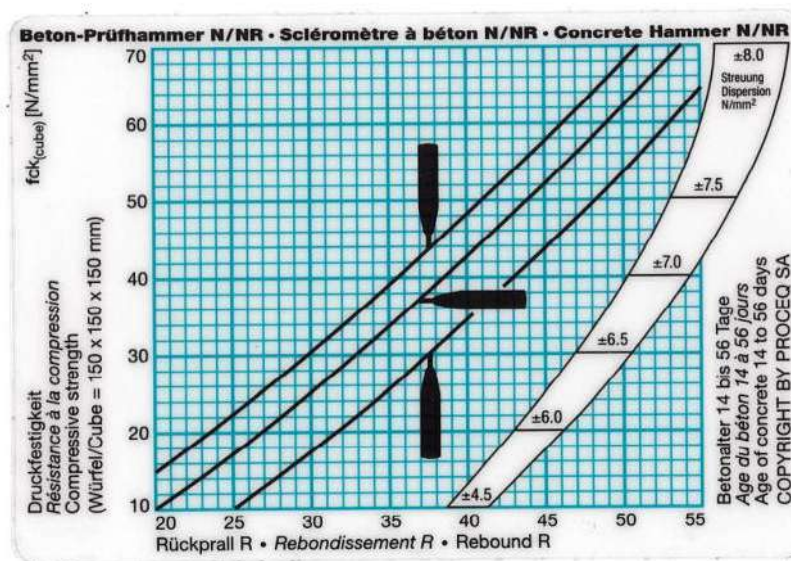


Figura 1 – Curve di correlazione Ir-fck sclerometro

10.3 Report fotografico



Foto 117-118 SCL1 e SCL2



Foto 119-120 SCL3 e SCL4



Foto 121-122 SCL5 e SCL6



Foto 123-124 SCL7 e SCL8

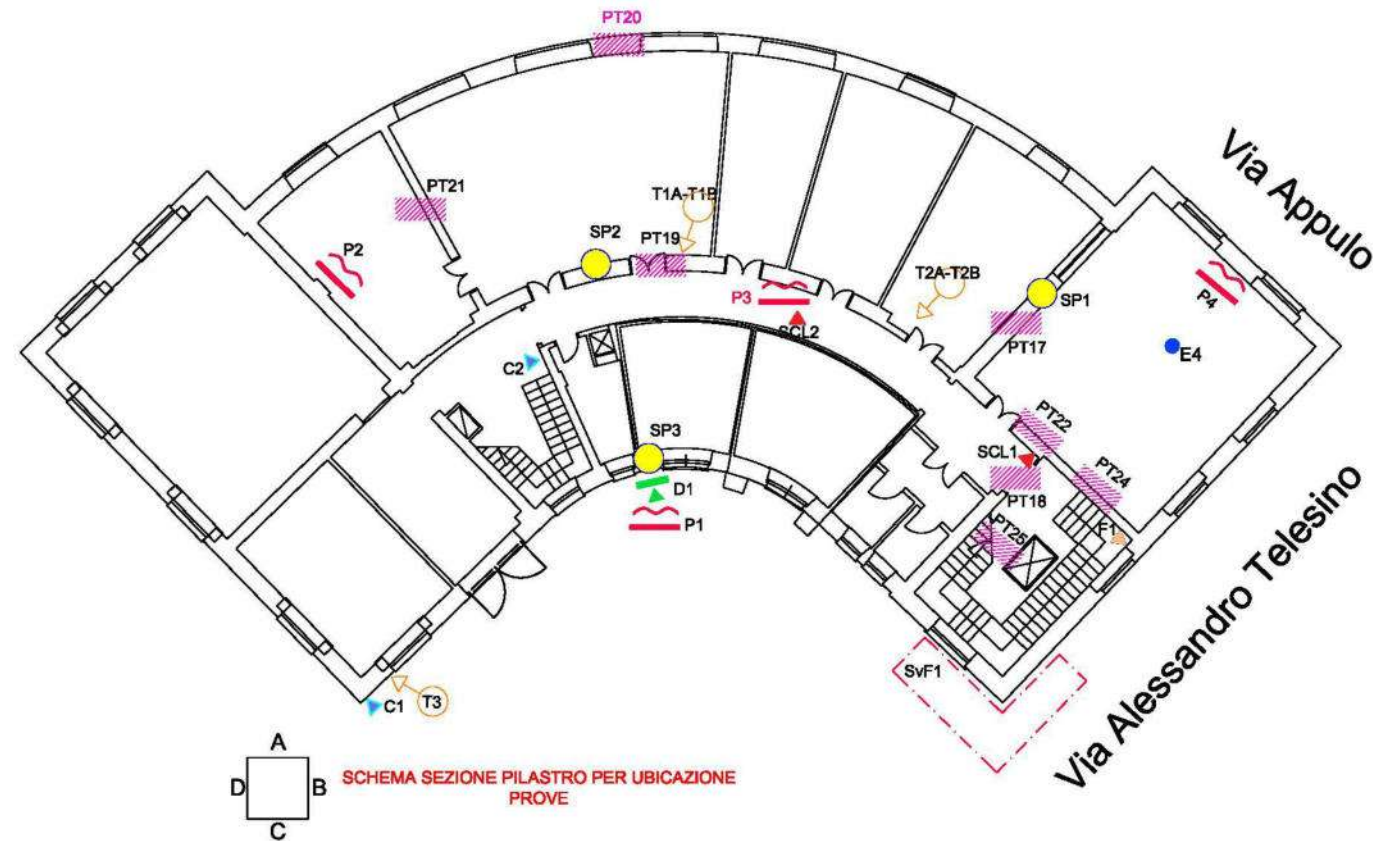


Foto 125-126 SCL9 e SCL10

Appendice

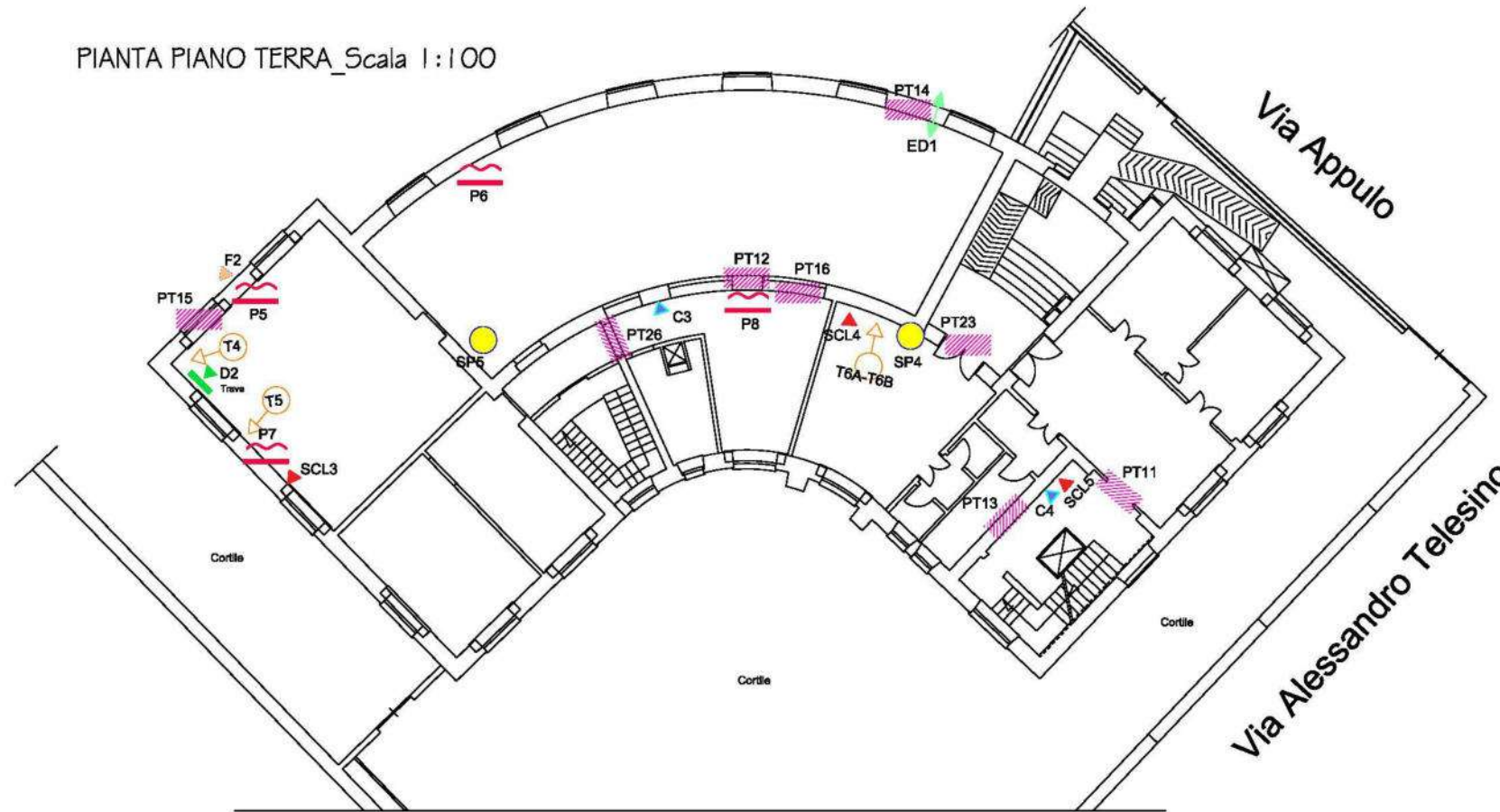
Nel presente appendice sono riportate le piante ai vari livelli con l'ubicazione delle indagini.

PIANTA PIANO SEMINTERRATO_Scala 1:100



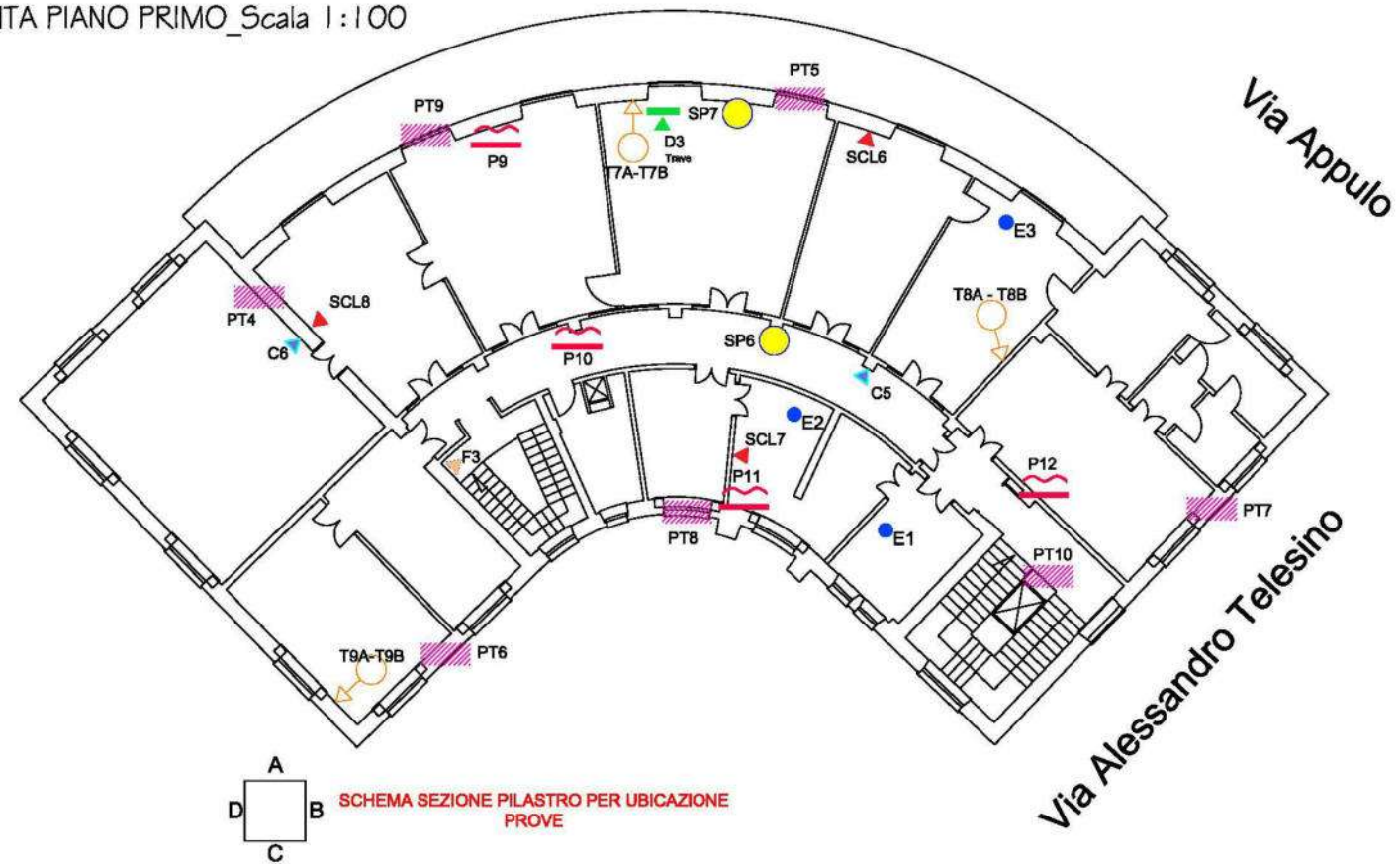
LEGENDA PROVE DIAGNOSTICHE SU C.A.	
	Scasso travi di copertura di piano per rilievo diretto ferri di armatura (*)
	Scasso pilastri per rilievo diretto ferri di armatura (**)
	Rilevo pacometrico armatura travi di copertura di piano (***)
	Rilevo pacometrico armatura pilastri
	Prelievo barre di armatura
	Prelievo provini di cls (carote) e prova di carbonatazione
	Prova sclerometrica
	Prova di durezza superficiale barre di armatura
	Saggio visivo in fondazione
LEGENDA PROVE SUI SOLAI E SULLE TAMPONATURE	
	Endoscopia soletto (su impalcato di copertura del piano)
	Endoscopia tamponatura passante

PIANTA PIANO TERRA_Scala 1:100



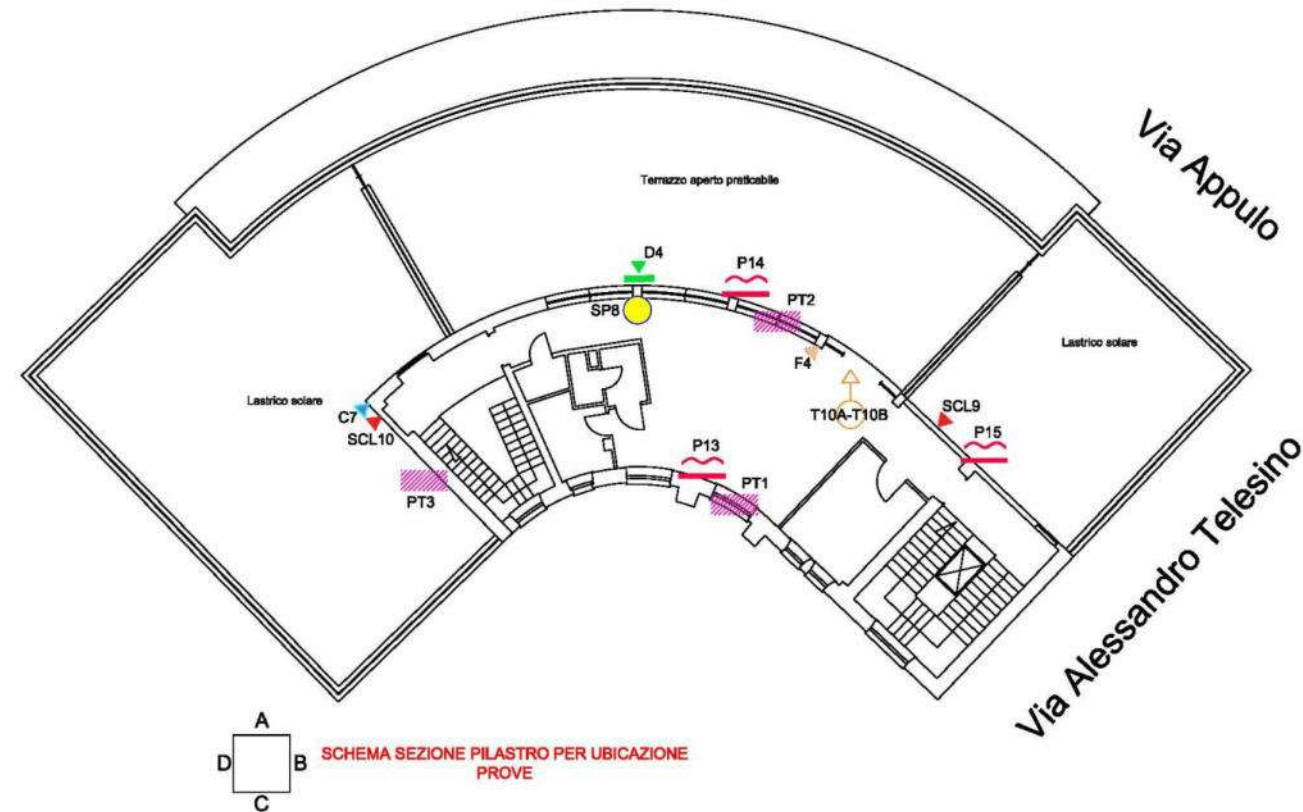
LEGENDA PROVE DIAGNOSTICHE SU C.A.	
	Scasso travi di copertura di piano per rilievo diretto ferri di armatura (*)
	Scasso pilastri per rilievo diretto ferri di armatura (**)
	Rilievo pacometrico armatura travi di copertura di piano (***)
	Rilievo pacometrico armatura pilastri
	Prelievo barre di armatura
	Prelievo provini di cis (carote) e prova di carbonatazione
	Prova sclerometrica
	Prova di durezza superficiale barre di armatura
	Saggio visivo in fondazione
LEGENDA PROVE SUI SOLAI E SULLE TAMPONATURE	
	Endoscopia solai (su impalcato di copertura del piano)
	Endoscopia tamponatura passante

PIANTA PIANO PRIMO_Scala 1:100



LEGENDA PROVE DIAGNOSTICHE SU C.A.	
	Scasso travi di copertura di piano per rilievo diretto ferri di armatura (*)
	Scasso pilastri per rilievo diretto ferri di armatura (**)
	Rilevo pacometrico armatura travi di copertura di piano (***)
	Rilevo pacometrico armatura pilastri
	Prelievo barre di armatura
	Prelievo provini di c/c (carote) e prova di carbonatazione
	Prova sclerometrica
	Prova di durezza superficiale barre di armatura
	Saggio visivo in fondazione
LEGENDA PROVE SUI SOLAI E SULLE TAMPONATURE	
	Endoscopia soletto (su impalcato di copertura del piano)
	Endoscopia tamponatura passante

PIANTA PIANO SECONDO_Scala 1:100



LEGENDA PROVE DIAGNOSTICHE SU C.A.	
	Scasso travi di copertura di piano per rilievo diretto ferri di armatura (*)
	Scasso pilastri per rilievo diretto ferri di armatura (**)
	Rilievo pacometrico armatura travi di copertura di piano (***)
	Rilievo pacometrico armatura pilastri
	Prelievo barre di armatura
	Prelievo provini di cis (carote) e prova di carbonatazione
	Prova sclerometrica
	Prova di durezza superficiale barre di armatura
	Saggio visivo in fondazione
LEGENDA PROVE SUI SOLAI E SULLE TAMPONATURE	
	Endoscopia soletto (su impalcato di copertura del piano)
	Endoscopia tamponatura passante



Allegati



**ANALISI
GENERALI
COSTRUZIONI s.r.l.**

SEDE LEGALE:
81055 S. MARIA C. V. (CE)
Via Santella (P.co La Porta)
E-mail: agclab@virgilio.it

SEDE LABORATORIO:
81020 S. NICOLA LA STRADA (CE)
Via Appia Antica, 12
Tel. 0823.424727 - Fax 0823.424729

Cod. Fisc. e Part. IVA 01108860818
C.C.I.A.A. n. 100078
Reg. Soc. Trib. N. 1741/82
Cap. Soc. Euro 42.120,16 int vers.

LABORATORIO TECNOLOGICO SPERIMENTALE PER PROVE SUI MATERIALI DA COSTRUZIONE
AI SENSI DELLA C.M. 7617/STC DELL'08/09/2010 - AUTORIZZATO CON D.M.N. 22967 DEL 13/09/1982 E RINNOVO N. 000070 DEL 09/04/2020

DIVISIONE "CLS" PROVA A COMPRESSIONE UNI EN 12390-3/12390-7
D.M. 17/01/2018

San Nicola La Strada, 20/09/2021 Certificato n° 4170/C/G

Accettazione del 17/09/2021 Numero 79516

Richiedente Ing. Marco Lorenzini - Tecnico Incaricato
Indirizzo Via G. Garibaldi, n° 10 - Lusciano (CE)

Oggetto dei Lavori CE 2.20.40 - IC Fava/Gioia - Rocco Semma
Località Via Guglielmo Appulo - Napoli

Proprietà/Committente Comune di Napoli
Impresa esecutrice dei prelievi GIA Consulting Srl

Prova richiesta: Compressione

Apparecchiatura di Prova: Pressa Controls da 3000 kN, matricola n. 82101814, taratura del 22/06/2021, certificato n°
44/A/2021 del 01/07/2021.

Indicazione del materiale: N.7 campioni cilindrici ricavati da carote estratte dalle strutture in c.a. del manufatto
in oggetto tramite una carotatrice elettrica dotata di carotiere con corona dentata
diamantata e raffreddamento ad acqua.

Sigla prelievo	Posizione in opera del prelievo	Data prelievo
C1-C2	Pilastro piano seminterrato	07/09/2021
C3-C4	Pilastro piano terra	07/09/2021
C5-C6	Pilastro primo piano	07/09/2021
C7	Pilastro secondo piano	07/09/2021

RISULTATI DELLE PROVE												
Sigla prelievo	velocità ultrasonica (m/s)	Porosità di carbonatazione (mm)	Dimensioni		Area di carico (mm ²)	Peso (kg)	Peso Specifico (kg/m ³)	Carico di rottura (kN)	Tensione di rottura (N/mm ²)	Data di prova (gg/mm/aa)	Tipo di rottura (*)	Rettifica (**) (si)
			d (mm)	h (mm)								
C1			94,4	95,5	6999	1,470	2199	60,8	8,68	20/09/2021	s	si
C2			94,4	94,5	6999	1,422	2150	80,7	11,53	20/09/2021	s	si
C3			94,4	96,0	6999	1,499	2231	93,2	13,31	20/09/2021	s	si
C4			94,4	94,5	6999	1,510	2283	116,5	16,64	20/09/2021	s	si
C5			94,4	96,0	6999	1,493	2222	84,2	12,03	20/09/2021	s	si
C6			94,4	95,8	6999	1,462	2181	70,2	10,03	20/09/2021	s	si
C7			94,4	94,4	6999	1,396	2113	44,9	6,41	20/09/2021	s	si

(*) : s) soddisfacente; 1-2-3-4-5-6-7-8-9) non soddisfacente.

Note : I campioni cilindrici sono stati preparati tramite una sega circolare munita di disco con corona dentata diamantata.
Il prelievo delle carote è stato eseguito in conformità al D.M. 17.01.2018 (NTC 2018) prf.8.5.3 e prf.11.2.2
La richiesta di prova è stata sottoscritta dal tecnico incaricato. si no

Lo Sperimentatore
(Geom. Pietro Ruggiero)



Il Direttore del Laboratorio
(Dott. Ing. Roberto Tardeo)





**ANALISI
GENERALI
COSTRUZIONI s.r.l.**

SEDE LEGALE:
81055 S. MARIA C. V. (CE)
Via Santella (P.co La Perla)
E-mail: agclab@virgilio.it

SEDE LABORATORIO:
81020 S. NICOLA LA STRADA (CE)
Via Appia Antica, 12
Tel. 0823.424727 - Fax 0823.424729

Cod. Fisc. e Part. IVA 01108860618
C.C.I.A.A. n. 100078
Reg. Soc. Trib. N. 1741/82
Cap. Soc. Euro 42.120,16 int vers.

LABORATORIO TECNOLOGICO SPERIMENTALE PER PROVE SUI MATERIALI DA COSTRUZIONE
AI SENSI DELLA C.M. 7617/STC DELL'08/09/2010 - AUTORIZZATO CON D.M.N. 22987 DEL 13/09/1982 E RINNOVO N. 0000070 DEL 09/04/2020

DIVISIONE "ACCIAI" PROVA DI TRAZIONE E PIEGAMENTO UNI EN 10002/1; UNI ISO 10065;
DM 17/01/2018

San Nicola La Strada, 20/09/2021 Certificato n° 4171/C/G

Accettazione del 17/09/2021 Numero 79516 Data di prova 20/09/2021

Richiedente Ing. Marco Lorenzini - Tecnico Incaricato
Indirizzo Via G. Garibaldi, n° 10 - Lusciano (CE)

Oggetto dei Lavori CE 2.20.40 - IC Fava/Gioia - Rocco Semma
Località Via Guglielmo Appulo - Napoli
Proprietà/Committente Comune di Napoli

Impresa Esecutrice dei Prelievi GIA Consulting Srl

Prova richiesta Trazione

Apparecchiatura di Prova Macchina Universale MATEST da 600 kN, serie n. H003P106-AA-0001,
taratura del 22/06/2021, certificato n° 44/E/21 del 01/07/2021.

Indicazione del materiale N.4 saggi metallici di barre lisce prelevate dalle strutture in c.c.a.
del manufatto edilizio in oggetto.

RISULTATI DELLE PROVE

Sigla	Diametro (*) (mm)	Sezione (mm ²)	Allung.to a rottura A _s (%)	Tensione di snervamento fy (N/mm ²)	Tensione di rottura ft (N/mm ²)	ft/fy	fy/fyk	Piega (esito (**))	Mandrino utilizzato (n x φ)	Marchio di laminazione (***)
1	20,10	317,38	18,5	299,70	439,25	1,466	0,937			
2	15,14	179,92	17,5	295,57	409,06	1,384	0,924			
3	23,80	444,77	19,0	262,27	399,49	1,523	0,820			
4	12,84	129,51	18,5	232,87	304,30	1,307	0,728			

(*) : Diametro equivalente al diametro del tondo liscio equipesante.

(**) : Esito: AC = Assenza di cricche - C = Presenza di cricche.

(***) : 1) Sui campioni non è stato identificato alcun marchio di laminazione.

Il prelievo dei saggi è stato eseguito in conformità al D.M.17/01/2018 (NTC 2018) prf 8.5.3.
e prf 11.2.2.

Note: La richiesta di prova è stata sottoscritta dal tecnico incaricato:

si no

Lo Sperimentatore
(P.C. Paolo Maietta)



Il Direttore del Laboratorio
(Dott. Ing. Roberto Taddeo)