

## **ATTIVITA' 02 - PROGETTO ESECUTIVO**

**Attività specialistiche finalizzate all'Adeguamento sismico della Palestra Comunale e dei locali Spogliatoi e servizi, situati alla Via IV Novembre n.2 nel Comune di San Giusto Canavese (TO).  
PROGETTO ESECUTIVO.**

OGGETTO DELL'ELABORATO	ESITI DELLE INDAGINI SUI MATERIALI
SCALA	-

### **IDENTIFICATIVO ELABORATO**

CODICE COMMESSA	TIPOLOGIA ATTIVITA'	n° ATTIVITA'	TIPOLOGIA ELABORATO	VERSIONE	DATA	N° ELABORATO
045_19	PE	A02	RM	00 - Emissione	Luglio 2020	03

#### **Il Tecnico**

**Ing. Roberto SECCHI**  
Ordine Ingegneri Provincia Torino  
Posizione n.12950  
Cod.Fisc. SCC RRT 87A09 G203Z  
email: secchi@engineer.com  
pec: roberto.secchi1@ingpec.eu  
Telefono: 3202859881  
Corso Giovanni Agnelli 118  
10137 - Torino (TO)

#### **Timbri e Firme**



#### **Il Committente**

**Comune di San Giusto Canavese**  
Provincia di Torino  
Ufficio Tecnico Comunale  
Piazza del Municipio n.1  
10090 - San Giusto Canavese

**RILIEVI E PROVE LC®**

## **INDAGINI DIAGNOSTICHE**

### **RILIEVI E PROVE SULLE STRUTTURE**

**Palestra e Spogliatoi – Scuola Primaria “Gozzano”**

**Via IV Novembre, 2 – San Giusto Canavese (TO)**



**Committente:**

**Comune di San Giusto Canavese  
Piazza Municipio, 1  
10090 San Giusto Canavese (TO)**



**TECNOINDAGINI S.r.l.**

Tel 02 36527601 fax 02 66304937 – [www.tecnoindagini.it](http://www.tecnoindagini.it)  
con il supporto tecnico dell' Arch. Alessandro Crippa

## INDICE

<b>1. PREMESSA</b>	2
<b>2. INQUADRAMENTO DELLE INDAGINI</b>	3
<b>3. METODOLOGIA D'INDAGINE</b>	4
<b>3.1 Analisi termografica</b>	4
3.1.1 Caratteristiche tecniche delle apparecchiature	4
<b>3.2 Analisi pacometrica</b>	5
<b>3.3 Scarificazione e prelievo armature</b>	6
<b>3.4 Analisi durezza delle armature</b>	7
3.4.1 Caratteristiche tecniche delle apparecchiature	7
<b>3.5 Prelievo campioni di calcestruzzo</b>	8
<b>3.6 Analisi profondità di carbonatazione</b>	9
<b>3.7 Analisi sclerometrica</b>	11
<b>3.8 Analisi ultrasonica</b>	12
<b>3.9 Analisi con metodo Son.Reb.</b>	14
<b>3.10 Analisi costruttiva dei solai</b>	15
<b>3.11 Analisi endoscopiche</b>	16
3.11.1 Caratteristiche tecniche delle apparecchiature	16
<b>4. CONCLUSIONI</b>	17

**ALLEGATO 1 – REPORT DIAGNOSTICO**

**ALLEGATO 2 – CERTIFICATO PROVA CALCESTRUZZO**

**ALLEGATO 3 – CERTIFICATO PROVA ACCIAIO**

## 1. PREMESSA

A seguito dell’incarico conferito dal Comune di San Giusto Canavese si è proceduto all’esecuzione di una campagna d’indagini diagnostiche per determinare le caratteristiche strutturali dell’edificio che ospita la Palestra e Spogliatoi della Scuola Primaria “Gozzano” sito in Via IV Novembre, 2 a San Giusto Canavese (TO).

Dette indagini seguono un protocollo che prevede verifiche da effettuare in situ, comprensive sia di prove distruttive atte o alla stima diretta dei parametri meccanici dei materiali o al prelievo di campioni di materiale, queste ultime completate da specifiche prove di laboratorio, sia di prove non distruttive (PND) che consentono di estendere i risultati ai punti laddove non condotte prove distruttive. Le stesse PND permettono, tra l’altro, l’individuazione dei tracciati e delle tramature caratteristiche degli elementi portanti sia verticali che orizzontali, il rilievo delle sezioni dei vari elementi in cemento armato, quindi la stima del numero e della dimensione delle armature o ancora l’ispezione di sistemi di sistemi di rivestimento non accessibili, quali ad esempio controsoffitti continui o contropareti.

I punti di prova, scelti in accordo con l’Ing. Roberto Secchi, sono stati individuati in numero e posizione in modo tale da garantire un livello di conoscenza adeguato ed omogeneo per le varie componenti strutturali del manufatto, supportato ove presente dalla documentazione di progetto.

Si riporta di seguito un elenco non esaustivo relativo alle prove eseguite:

- Analisi termografica
- Analisi pacometrica
- Prelievo barre di armatura
- Scarificazione calcestruzzo per rilievi dimensionali al vero delle armature
- Analisi durezza delle armature
- Analisi sclerometrica
- Analisi ultrasonica
- Prelievo di campioni di calcestruzzo
- Analisi della profondità di carbonatazione
- Analisi endoscopica

A completamento delle prove distruttive condotte sugli elementi in calcestruzzo armato, i campioni di materiali prelevati dal manufatto sono stati sottoposti a prove di laboratorio, e nello specifico:

- Prove di rottura a compressione sui provini cilindrici di calcestruzzo
- Prove di rottura a trazione sulle barre di armatura

I risultati delle stesse prove sono riepilogati nei certificati emessi dal *Laboratorio Prove Materiali* del *Politecnico di Milano*, allegati alla presente relazione (Allegati 2 e 3).

L’elaborazione e l’interpretazione delle misurazioni ottenute, consente di risalire ai valori di resistenza dei materiali in opera oltreché ad avere un riscontro oggettivo delle strutture; la documentazione fotografica riportata nel Report Diagnostico (Allegato 1) è di ausilio all’individuazione dei punti di prova delle varie analisi.

## 2. INQUADRAMENTO DELLE INDAGINI

Secondo le indicazioni della Committenza l'indagine ha riguardato solamente l'edificio che ospita la Palestra e gli Spogliatoi della Scuola Primaria “Gozzano”. L'edificio, secondo i documenti forniti dalla Committenza, è stato realizzato nel 1987.

L'edificio è mono-piano caratterizzato da struttura verticale realizzata in calcestruzzo armato e coperture di tipo prefabbricato. Gli orizzontamenti sono costituiti da solaio in laterocemento semi-prefabbricati o da lastre prefabbricate. Il sistema delle fondazioni risulta essere per la Palestra in plinti isolati (gettati o prefabbricati), invece per gli Spogliatoi risultano essere realizzati con fondazioni continue gettate in opera.

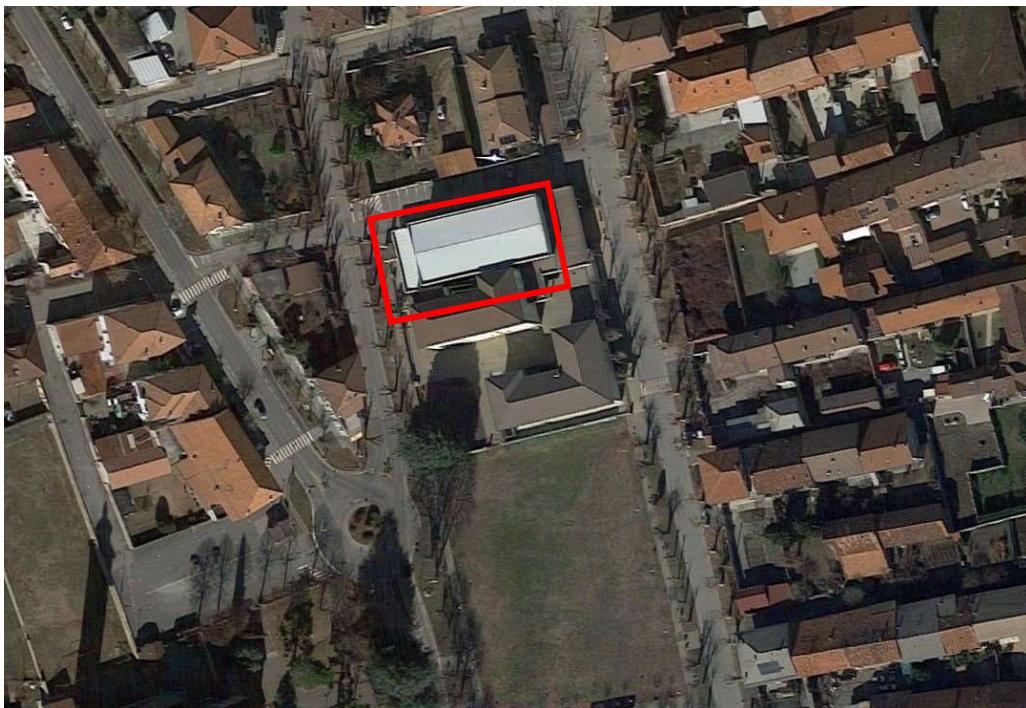


Foto 1 – Inquadramento dell'edificio nel contesto.

Al fine di poter stimare sia le caratteristiche meccaniche dei materiali impiegati per le strutture portanti, sia la geometria delle sezioni resistenti, e nel caso di elementi in cemento armato la loro carpenteria, possono essere condotte prove sperimentali singole o combinate sulle varie componenti strutturali del manufatto oggetto di verifiche. La campagna di indagini ha previsto l'esecuzione delle seguenti prove:

Piano di riferimento	Prove su acciaio			Prove su calcestruzzo			Prove su muratura						
	Pacometria	Misurazione diretta armatura	Prelievo armatura	Durometria	Caroggaggio e analisi	Son.Reb	Pull Out	Penetrometro	Rilievo al vero muratura	Martinetto piatto singolo	Martinetto piatto doppio	Endoscopia	Rilievo dettaglio costruttivo
Piano Terra	14	7	4	-	5	2	-	-	-	-	-	1	9
Piano Interrato	2	2	2	-	2	-	-	-	-	-	-	-	3

Negli Allegati 1 e 2 è contenuto il riepilogo delle misurazioni effettuate con le diverse prove eseguite nel corso dell'indagine.

### 3. METODOLOGIA D'INDAGINE

#### 3.1 Analisi termografica

Al fine di permettere l'individuazione ed il riconoscimento delle principali tipologie costruttive adottate per la realizzazione degli impalcati, viene compiuta un'osservazione generale della struttura mediante termocamera ad infrarossi. Tale procedura consente il rilevamento degli elementi strutturali intonacati e la localizzazione di eventuali anomalie presenti nella conformazione degli stessi elementi. Ciò può avvenire grazie alla sensibilità di misurazione dello strumento, che permette di distinguere con colorazioni differenti, zone che ammettono temperature superficiali diverse. La termografia è uno strumento prezioso anche per la valutazione di infiltrazioni e umidità nell'edificio. La presenza di sacche d'aria tra lo strato di finitura ed il supporto può consentire l'osservazione diretta delle zone degradate. La capacità di fornire un'immagine fisica dei percorsi di diffusione dell'umidità offre informazioni più sicure rispetto all'estrapolazione dei dati di umidità rilevate da sonde e comporta tempi inferiori. Le infiltrazioni ed i vuoti d'aria, attraverso la struttura, influiscono anche sulle variazioni di temperatura della superficie. Ciò significa che i difetti di isolamento presenti nelle componenti strutturali che racchiudono un edificio possono essere localizzati ed ispezionati. Grazie alla sua maggiore capacità termica, la parte umida tratterrà il calore più a lungo di quella asciutta e sarà visibile nelle immagini termiche; inoltre il materiale da costruzione interessato dall'umidità ha una massa termica più elevata e la sua temperatura diminuisce più lentamente rispetto alle aree circostanti a causa dell'effetto capacitivo conduttivo e termico.

Lo scopo principale della termografia consiste nell'individuazione di errori e difetti nelle strutture e nella determinazione della loro natura ed estensione. Generalmente viene utilizzata per studiare l'andamento della temperatura sulle superfici esposte. Le variazioni nella resistenza termica possono infatti, in determinate condizioni, determinare differenze nella temperatura superficiale. La termocamera permette di misurare e rappresentare la radiazione infrarossa emessa da un oggetto. La radiazione emessa dallo strumento, quale funzione della temperatura della superficie di un oggetto, permette di calcolare e visualizzare tale temperatura. La radiazione rilevata dalla termocamera non dipende solo dalla temperatura dell'oggetto ma è anche una funzione dell'emissività. L'emissività è una misura che si riferisce alla quantità di radiazione termica emessa dall'oggetto, comparata a quella emessa dal perfetto corpo nero. L'emissività della maggior parte dei materiali da costruzione ha valori compresi tra 0,85 e 0,90.

##### 3.1.1 Caratteristiche tecniche delle apparecchiature

- Campo di misura della temperatura da -20 °C a +120 °C
- Frequenza di immagine: 30 Hz
- Sensibilità termica (NETD) 50 mK @ +30°C
- Risoluzione spaziale a 45°: 1,23 mRad
- Tipo di sensore: Focal Plane Array (FPA), microbolometro non raffreddato 640x480 pixels, vanadium oxide.
- Campo spettrale da 7,8 a 14 µm

### 3.2 Analisi pacometrica

Per procedere all'esecuzione delle analisi sul calcestruzzo in situ è necessario rilevare, in tutti i punti di prova, la disposizione delle armature, longitudinali e trasversali. Tale operazione è necessaria per evitare interferenze con le armature.

L'indagine per la localizzazione delle armature nei getti di calcestruzzo viene eseguita con un pacometro digitale.

Il pacometro basa il suo funzionamento sul fenomeno delle correnti parassite: un conduttore massiccio (ad es. un'armatura), sottoposto ad un campo d'induzione magnetica, dissipà una certa quantità di potenza in funzione della sua resistività, e quindi della sua geometria.

Lo strumento è costituito da una sonda generatrice del campo e da una centralina che misura la potenza dissipata dall'oggetto metallico per effetto dell'induzione magnetica indotta dalla sonda. La posizione dei ferri è determinata muovendo la sonda sulla superficie in esame, fino ad individuare la direzione di massimo assorbimento elettromagnetico che corrisponde all'andamento longitudinale della barra.

Tale principio operativo presenta, rispetto ad altri sistemi, una maggiore precisione ( $\pm 1$  mm) e l'assenza di disturbo dovuto ad umidità ed altri fenomeni chimici o termici.

Il principio a induzione di impulsi utilizzato dallo strumento ha un range di funzionamento predefinito. L'accuratezza della misurazione dipende dalle dimensioni dell'armatura e dalla profondità della ricoprimento.

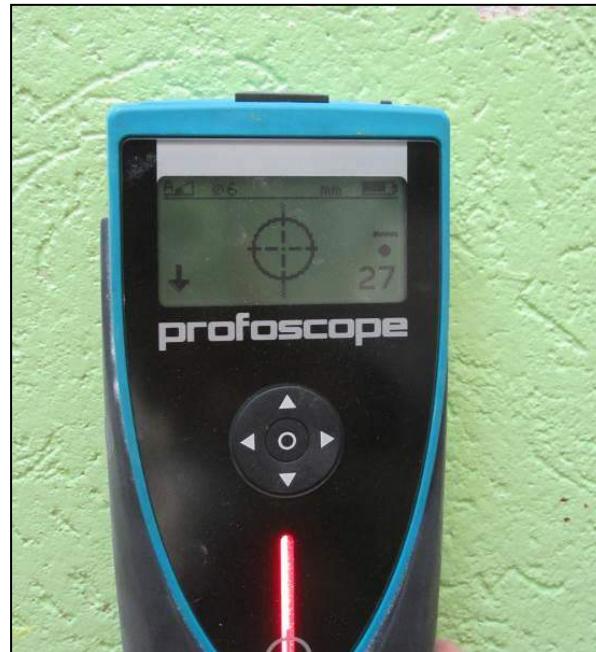


Foto 2 – Analisi pacometrica.

### 3.3 Scarificazione e prelievo armature

Ad integrazione dei rilievi pacometrici sono state eseguite valutazioni a campione al vero delle dimensioni delle armature metalliche da rilevare, previa scarificazione del copriferro cementizio e messa a nudo parziale delle armature sia longitudinali che trasversali e successiva misurazione mediante calibro digitale.

Anomalie nelle registrazioni pacometriche, possono essere indotte da eccessiva profondità delle armature o interfero ridotto. Tali circostanze, soprattutto laddove combinate, favoriscono le interferenze delle potenze dissipate da armature vicine.

Sono stati previsti i prelievi delle barre di armatura al fine di effettuare prove a trazione in laboratorio ai sensi della norma UNI EN 10002/1 per valutare il valore di snervamento e rottura dell'acciaio e completarne la caratterizzazione.

L'estrazione delle barre è stata eseguita previa scarificazione del copriferro cementizio e messa a nudo parziale delle armature sia longitudinali che trasversali.

A completamento dei rilievi le rimozioni di parti di calcestruzzo andranno ripristinate con malta cementizia a ritiro compensato, fibrata e tixotropica.



Foto 3 – Prelievo barra di armatura.

### 3.4 Analisi durezza delle armature

La prova durometrica in situ permette di stimare la resistenza a trazione delle barre d'armatura, senza prelevarne un campione su cui eseguire prove di laboratorio. La prova durometrica non può sostituire il prelievo di campioni di barre d'armatura/profilo d'acciaio, ma permette di estendere la stima della resistenza a trazione, eseguita su un campione, ad un maggior numero di elementi. L'attrezzatura utilizzata è costituita da un durometro digitale a rimbalzo. La prova di durezza viene eseguita in modo conforme agli standard ASTM A956, DIN 50156.

Il principio di misura è il seguente: un dardo con una punta a elevata durezza viene scagliato 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. Il magnete permanente incluso nel dardo genera una tensione indotta passando attraverso la bobina della sonda.

La tensione del segnale così ottenuta sarà direttamente proporzionale alla velocità del dardo attraverso la bobina.

L'elettronica dello strumento elabora il segnale fornendo la lettura della durezza. Lo strumento fornisce una misura diretta della durezza del campione (espressa in scala Leeb); il risultato può essere convertito nella altre più comuni scale di durezza (HRC, HRB, HB, HV, HSD ecc.).

Per l'esecuzione della prova di durezza viene rimosso il copriferro in corrispondenza della barra d'armatura da campionare, per una porzione adeguata alla corretta preparazione del campione stesso; sulla porzione di barra scoperta viene creata una superficie piatta e a bassa rugosità su cui verrà eseguita la prova.



Foto 4 – Prova durometrica su barra di armatura.

#### 3.4.1 Caratteristiche tecniche delle apparecchiature

- Energia d'impatto: 11 Nm
- Punta sferica: Carburo di tungsteno,  $\phi 3$  mm
- Portata di misura: 150-950 HL
- Precisione:  $\pm 4$  HL (0,5% a 800 HL)
- Display: LCD ad alto contrasto.
- Temperatura di funzionamento: da -10 °C a +60°C

### 3.5 Prelievo campioni di calcestruzzo

La valutazione della resistenza meccanica del calcestruzzo indurito costituente un’opera, si può ottenere prelevando dei campioni in situ (“carote”), secondo la UNI EN 12504/1-2002 unitamente alla UNI 6131-2002, i quali vengono successivamente sottoposti alla prova di compressione in laboratorio, secondo la UNI EN 12390/3-2003.

L'estrazione dei campioni di calcestruzzo indurito (“carote”) avviene attraverso l'impiego di una attrezzatura chiamata “carotatrice”, in grado di estrarre provini cilindrici di diametro e profondità variabile. Il prelievo deve essere condotto in modo da ridurre al minimo il danneggiamento provocato dall'estrazione sul campione. Le carote vengono prelevate per quanto possibile in punti lontani da giunti e bordi ed in zone poco armate o per nulla armate. L'esatto posizionamento viene perciò preceduto da una preliminare analisi pacometrica che individui le armature al contorno dell'area di foratura.

Una volta individuata la zona sede del prelievo, si procede alla installazione della “carotatrice”, la quale viene rigidamente posizionata al fine di evitare fenomeni vibratori, deve essere dotata di punte affilate e perfettamente cilindriche e deve usufruire di abbondante acqua di raffreddamento.

Per evitare il danneggiamento del campione è buona norma che il prelievo avvenga perpendicolarmente alla parete di calcestruzzo.

Subito dopo il prelievo della carota, la stessa viene sottoposta ad esame visivo, al fine di identificare eventuali anomalie che richiederebbero il prelievo di ulteriori campioni. Ogni campione viene indelebilmente marcato, fotografandolo vicino al punto di prelievo, nonché registrandone posizione ed orientamento.

Giunte in laboratorio, le carote vengono misurate (diametro, lunghezza, peso) e rettificate le estremità. In seguito viene eseguita la prova di compressione in accordo con la UNI EN 12390-3, utilizzando macchinari conformi alla UNI EN 12390-4.



Foto 5 – Prelievo campioni di calcestruzzo.

### 3.6 Analisi profondità di carbonatazione

Il procedimento inserito nella norma UNI EN 14630 inerente alla “Corrosione e protezione dell’armatura del calcestruzzo. Determinazione della profondità di carbonatazione e del profilo di penetrazione degli ioni cloruro nel calcestruzzo” prevede di determinare le caratteristiche sullo stato di conservazione delle armature mediante il prelievo e l’analisi di campioni di calcestruzzo.

Il prelievo dei campioni può essere effettuato secondo tre differenti metodologie:

- tramite carotaggio, conforme alla norma UNI 6131:2002, di profondità e dimensione stabilita in funzione dello scopo dell’indagine;
- tramite prelievo di frammenti di calcestruzzo, nel caso di copriferri già visibilmente danneggiati o distaccati dall’armatura;
- tramite prelievo di polveri per mezzo di un trapano a percussione.

La misura della *profondità di carbonatazione* viene svolta utilizzando una soluzione di fenolftaleina all’1% in alcol etilico, che vira al rosa se a contatto con materiali il cui pH è maggiore di 8,3÷10 e rimane incolore per valori di pH inferiori.

Il calcestruzzo che riveste le armature, in genere caratterizzato da un pH compreso tra 13÷13,80, ha delle caratteristiche protettive nei confronti dell’acciaio che si ricopre di un film di ossido di pochi nanometri di spessore. L’alcalinità del calcestruzzo si riduce progressivamente al contatto con l’anidride carbonica presente nell’atmosfera, per cui il pH si riduce a valori inferiori a 9. In queste nuove condizioni il film di ossido viene distrutto e si annullano le condizioni di passività delle armature.

L’aggressione procede fino a ridurre considerevolmente la sezione resistente delle armature, la cui collaborazione con il calcestruzzo risulta per di più limitata dal decadimento dell’aderenza. I prodotti della corrosione, inoltre, occupano un volume maggiore rispetto allo strato metallico aggredito. L’aumento di volume all’interfaccia acciaio-calcestruzzo viene a generare elevate tensioni puntuali di trazione nel calcestruzzo che ne provocano la fessurazione.

La penetrazione della carbonatazione dipende, oltre che dalle caratteristiche intrinseche del getto di calcestruzzo (tipo di cemento, rapporto a/c, porosità, messa in opera, compattazione, stagionatura, fessurazione, copriferro) anche dalle condizioni ambientali (umidità, temperatura, concentrazione CO<sub>2</sub> nell’aria, esposizione). In particolare la presenza di temperature superiori a 15°÷20°C e umidità relative dell’aria intorno al 60% costituiscono condizioni tali da permettere il verificarsi delle reazioni ma da impedire l’intasamento da parte dell’acqua liquida dei pori del calcestruzzo, fatto che ostacolerebbe il trasporto della anidride carbonica in fase gassosa.

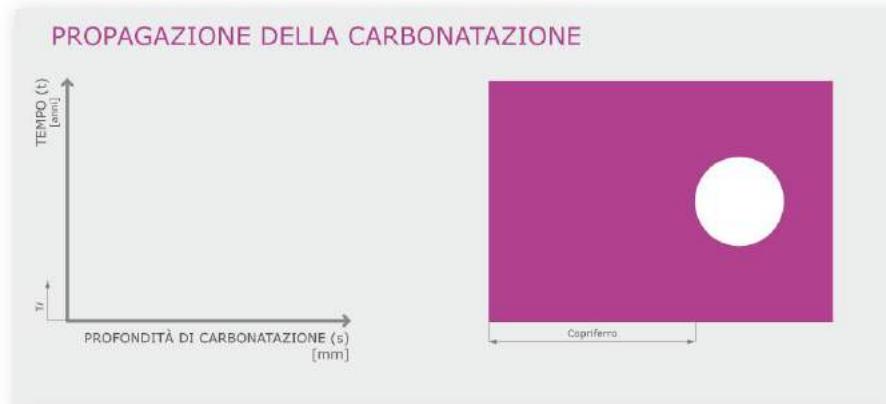
La presenza di alternanza di condizioni di bagnato e asciutto, come quelle provocate dalla presenza di infiltrazioni, riduce leggermente i tempi di avanzamento del fronte di carbonatazione ma costituisce le condizioni migliori per la corrosione delle armature. Le differenze di esposizione costituiscono le principali variabili nell’avanzamento della propagazione della carbonatazione a parità di caratteristiche intrinseche dell’edificio. La Norma UNI EN 206, infatti, suddivide i livelli delle condizioni di aggressività ambientale definendo 4 livelli XC per la corrosione da Carbonatazione. Dove il calcestruzzo armato è esposto all’aria e all’umidità, l’esposizione viene classificata come segue:

- XC1 - Secco o sastro
- XC2 - Umido, raramente secco
- XC3 - Moderatamente umido
- XC4 - Cicli di bagnamento e asciugamento

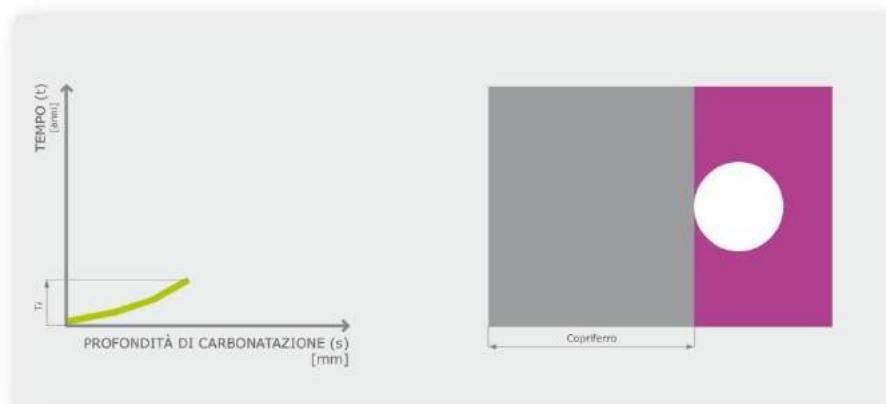
La determinazione della profondità di carbonatazione è stata eseguita sui campioni di calcestruzzo in cui è stato eseguito il saggio attraverso l’applicazione della fenolftaleina. La reazione chimica del reagente avviene

immediatamente. Il calcestruzzo carbonatato non modifica il suo colore, mentre quello non ancora raggiunto dalla carbonatazione assume il tipico colore rosa.

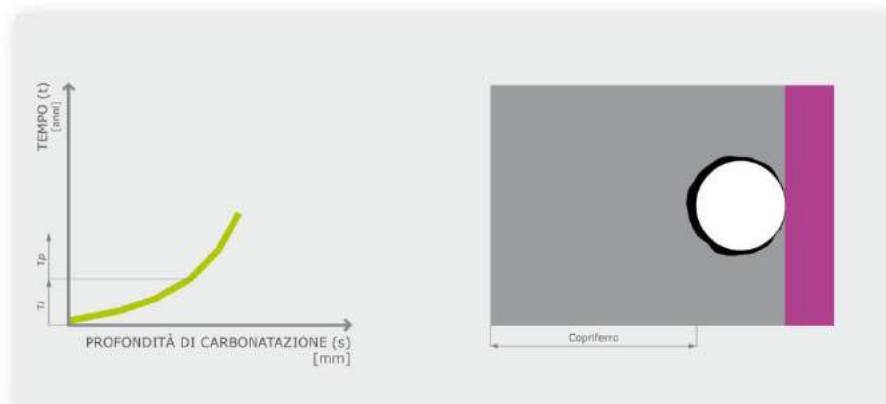
Questa metodologia consente di suddividere in tre fasi l’evoluzione del degrado del travetto in calcestruzzo. Nella schematizzazione posta di seguito si riporta il diagramma di propagazione della carbonatazione e la corrispondente immagine dell’avanzamento all’interno dell’elemento in calcestruzzo con il corrispondente colore caratteristico.



*Fase 1 – Calcestruzzo non interessato dalla carbonatazione*



*Fase 2 – Calcestruzzo carbonatato per una profondità minore o uguale allo spessore del copriferro*



*Fase 3 – Calcestruzzo carbonatato per una profondità superiore allo spessore del copriferro*

### 3.7 Analisi sclerometrica

Per ogni elemento prescelto, l'analisi sclerometrica, eseguita secondo la normativa UNI-EN 12504-2:2001, su una griglia regolare, ha previsto la misurazione dell'indice di rimbalzo su un numero di punti adeguato. La prova interessa prevalentemente lo strato superficiale pertanto l'indice di rimbalzo può non essere rappresentativo del calcestruzzo all'interno. Le misure infatti sono influenzate dalla carbonatazione, dalla presenza di inerti di grandi dimensioni o da bolle d'aria che ne possono sovrastimare o sottostimare la resistenza.

Le analisi sclerometriche misurano l'entità del rimbalzo effettuato da una massa battente scagliata sulla superficie di calcestruzzo da analizzare. Grazie alla relativa rapidità di esecuzione si prestano bene per rilevare l'uniformità delle caratteristiche del calcestruzzo o per confrontare calcestruzzi di caratteristiche note. Attraverso il diagramma delle curve di correlazione ( $R_c$ - $I_r$ ) dello sclerometro, è possibile direttamente convertire l'*indice di rimbalzo* con il valore stimato di resistenza, scegliendo la curva in funzione della inclinazione della superficie oggetto di prova e del conseguente orientamento dello sclerometro ( $\alpha$ ).

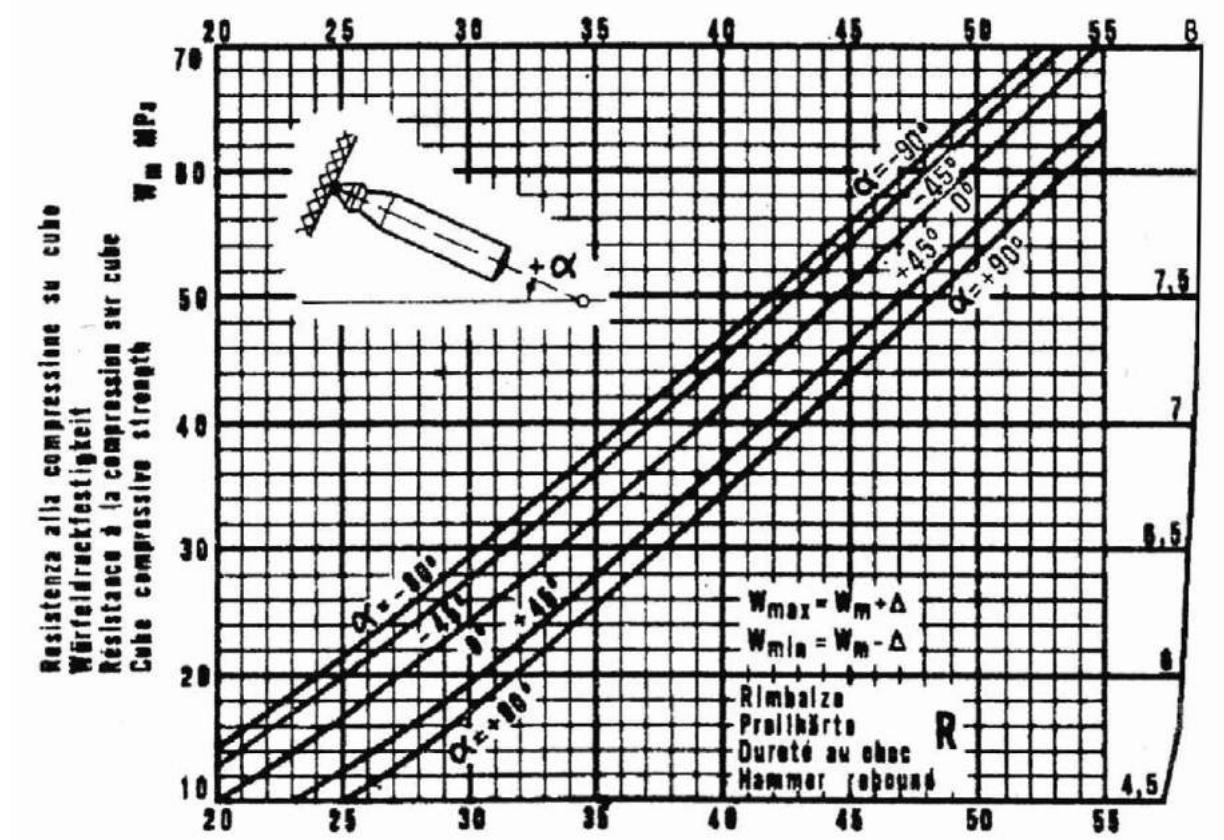


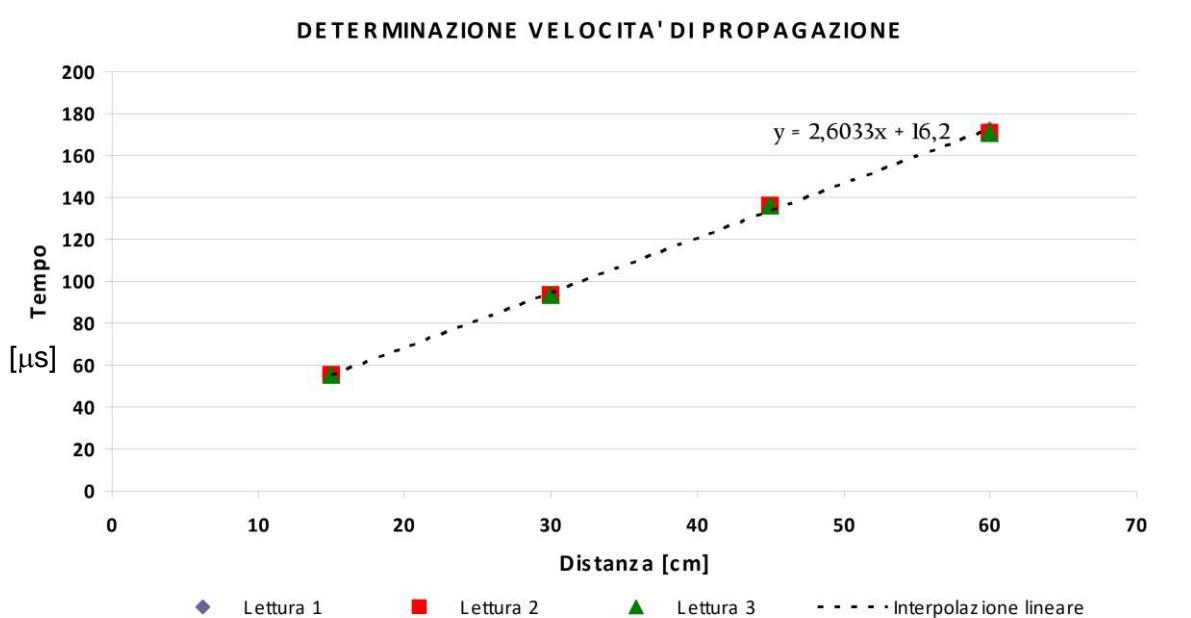
Grafico 1 – Diagramma delle curve di taratura dello sclerometro

### 3.8 Analisi ultrasonica

Nei rilievi ultrasonici misurando il tempo di volo dell'impulso tra le due sonde, è possibile calcolare, nota la distanza reciproca fra le sonde, la *velocità di propagazione* all'interno del calcestruzzo ed ottenere informazioni qualitative sui fenomeni di degrado del materiale.

Occorre ricordare che nel caso di rilievi ultrasonici, lo strumento misura il tempo di volo del segnale, pertanto la determinazione della velocità è una misura indiretta ricavata avendo note le distanze. Nel *metodo diretto*, la determinazione dello spessore dell'elemento è piuttosto semplice e le interferenze nel segnale sono generalmente ridotte. Nel *metodo indiretto*, oltre alla definizione della corretta distanza tra le sonde, è evidente l'interferenza delle fessurazioni superficiali, che possono produrre deviazioni dell'onda sovrastimando il tempo di volo.

Nell'interpretazione dei rilievi sonici, in entrambi i metodi è stata utilizzata la media tra le due/tre letture effettuate e nel caso indiretto sono stati utilizzati i valori registrati a tutte quattro le distanze previste dalla prova (15 cm, 30 cm, 45 cm e 60 cm).



Per determinare la velocità di propagazione dell'onda nel metodo indiretto, pertanto, è stato costruito un grafico Tempo [μs]/Distanza [cm] in cui sono state inserite le 8/12 letture misurate sull'elemento. L'inverso della pendenza della retta interpolante i punti (nell'es.  $1/2,6033$ ) fornisce un valore di velocità [cm/μs]. Nel caso in cui siano evidenti cambi di pendenza tra i punti più ravvicinati (15÷30 cm) e quelli in cui l'onda percorre una distanza superiore (45÷60 cm), l'interpolazione lineare potrebbe risultare falsata dalla presenza di fessurazioni superficiali o imperfezioni. In quei casi la velocità è stata determinata nei punti in cui l'attenuazione dell'onda è minore. Il grafico proposto mostra un esempio del metodo di determinazione adottato nella determinazione della velocità di propagazione nelle prove indirette.

Il valore della velocità di propagazione dell'onda non è sufficiente per calcolare direttamente la resistenza del calcestruzzo ma fornisce informazioni utili relative alla qualità.

A titolo esemplificativo nella tabella seguente, riconosciuta nella letteratura scientifica, si riporta una classificazione del materiale in funzione della velocità di propagazione delle onde microismiche.

QUALITÀ CALCESTRUZZO	VELOCITÀ DI PROPAGAZIONE	
Molto scadente	< 2135	m/s
Scadente	2135 ÷ 3050	m/s
Discreta	3050 ÷ 3660	m/s
Buona	3660 ÷ 4575	m/s
Ottima	> 4575	m/s

Le immagini riportate mostrano l'esecuzione di una prova ultrasonica diretta condotta su un elemento in calcestruzzo armato.



*Foto 6-7 – Analisi ultrasonica diretta eseguita su un pilastro.*

### 3.9 Analisi con metodo Son.Reb.

Le analisi sclerometriche ed i rilievi ultrasonici, come descritto precedentemente, prese singolarmente, vengono influenzate dalle condizioni ambientali e dalle caratteristiche intrinseche del materiale. Risultati migliori nella stima della resistenza di un calcestruzzo attraverso metodi indiretti, si ottengono utilizzando combinatamente le due metodologie.

Il metodo Son.Reb. è una prova combinata che, tramite la correlazione dei dati ottenuti dal rilievo con ultrasuoni e dal metodo sclerometrico, permette di determinare la resistenza dei materiali esaminati e di fornire informazioni qualitative sullo stato di degrado.

La combinazione tra le due indagini compensa buona parte dei limiti presenti nei metodi presi separatamente. Rispetto all'indagine ultrasonica, infatti, si riduce l'influenza della granulometria degli inerti, del dosaggio e del tipo di cemento impiegati nel getto. Rispetto all'analisi sclerometrica viene rilevata la variazione di qualità tra strati superficiali e strati profondi del calcestruzzo. Il metodo combinato, inoltre, annulla l'incidenza che il contenuto di umidità e il grado di maturazione del calcestruzzo possono avere sui risultati delle analisi, poiché umidità e maturazione, a parità di resistenza a rottura, producono effetti opposti sulla velocità di propagazione degli ultrasuoni e sul valore dell'indice di rimbalzo.

In letteratura sono presenti molte formule sperimentali che cercano di correlare l'*indice di rimbalzo* alla *velocità di propagazione* dell'onda, per calcolare la *resistenza a compressione* del calcestruzzo.

Nella presente relazione sono state utilizzate le seguenti formule che definiscono le curve di correlazione di base:

$$R_{cls1} = \alpha_1 \cdot 7,695 \cdot 10^{(-10)} \cdot I_r^{1,450} \cdot v^{2,58}$$

RILEM (1993)

$$R_{cls2} = \alpha_2 \cdot 6,693 \cdot 10^{(-7)} \cdot I_r^{1,246} \cdot v^{1,85}$$

J. Gasparik (1992)

$$R_{cls3} = \alpha_3 \cdot 9,964 \cdot 10^{(-9)} \cdot I_r^{1,058} \cdot v^{2,446}$$

Di Leo - Pascale (1994)

La norma EN 13791, che descrive i metodi per la valutazione della resistenza in opera del calcestruzzo mediante prove non distruttive, prevede l'applicazione di curve di correlazione di base, tarate per ogni singola zona di prova sulla base del confronto con valori ottenuti da prove su carote. Per tarare i rilievi in situ con i valori di resistenza del calcestruzzo ottenuti dalle prove a rottura delle carote è stato ricavato il coefficiente di normalizzazione  $\alpha$  attraverso la seguente formula:

$$\alpha = \frac{R_{cls,Carota}}{\delta \cdot R_s^{\beta,Carota} \cdot v^{\gamma,Carota}}$$

### 3.10 Analisi costruttiva dei solai

I rilievi non distruttivi e le demolizioni localizzate effettuate all'intradosso dei solai permettono di identificare le tipologie costruttive (travetti, alleggerimenti, rivestimento dell'intradosso, pavimento e sottofondo, ecc.).

L'impiego di transpointer, dotato di due sonde ("ricevitore" e "trasmettitore") che appoggiate sulle due facce dell'elemento da analizzare, consente di stimarne lo spessore complessivo del pacchetto con la precisione di  $\pm 5\%$ .



*Foto 8 – Rilievo del solaio condotto mediante demolizione localizzata dell'intradosso.*

### 3.11 Analisi endoscopiche

L'analisi visiva mediante l'ausilio dell'endoscopio elettronico, ove ritenuto necessario, ha dato la possibilità di integrare e/o completare le informazioni ottenute durante l'analisi costruttiva e consentito, in modo puntuale, la verifica degli spessori delle varie stratigrafie individuate nelle strutture.

Il procedimento permette l'esecuzione di osservazioni tese ad un rilievo puntuale con un metodo non invasivo, effettuando un foro di dimensioni ridotte, necessario al passaggio della sola sonda videoendoscopica.

La strumentazione di ispezione è composta da un endoscopio flessibile alla cui estremità è posizionato un obiettivo interscambiabile con visione variabile da 15° in avanti a retroguardia 135°, con lampadina LED incorporata alimentata da un regolatore di intensità luminosa. L'immagine viene visualizzata dalla telecamera e trasferita al display per la successiva memorizzazione su scheda di memoria. L'analisi delle immagini registrate consente così la ricostruzione della stratigrafia di una struttura, evitando l'esecuzione di demolizioni.

#### 3.11.1 Caratteristiche tecniche delle apparecchiature

- Diametro esterno 5,8 mm
- Luce bianca a LED regolabile
- Regolazione della messa a fuoco
- Memoria esterna da 2.0 Gb
- Direzione di visione panoramica su 370°
- Terminale specchiato per visioni laterali



Foto 9 – Analisi endoscopica condotta all'estradosso del solaio.

#### 4. CONCLUSIONI

A seguito dell’incarico conferito dal Comune di San Giusto Canavese si è proceduto all’esecuzione di una campagna d’indagini diagnostiche per determinare le caratteristiche strutturali dell’edificio che ospita la Palestra e Spogliatoi della Scuola Primaria “Gozzano” sito in Via IV Novembre, 2 a San Giusto Canavese (TO).

Per una maggiore comprensione dei risultati riportati, si rimanda alle schede di riepilogo contenute negli Allegati 1 oltre ai certificati di laboratorio agli Allegati 2 e 3.

San Giusto Canavese (TO), 05/02/2020

Ing. Marco Gallotta

Tecnoindagini S.r.l.



**TECNOINDAGINI SRL**  
Via Monte Sabotino n° 14  
20095 Cusano M/ (MI)  
P.IVA 06383520969

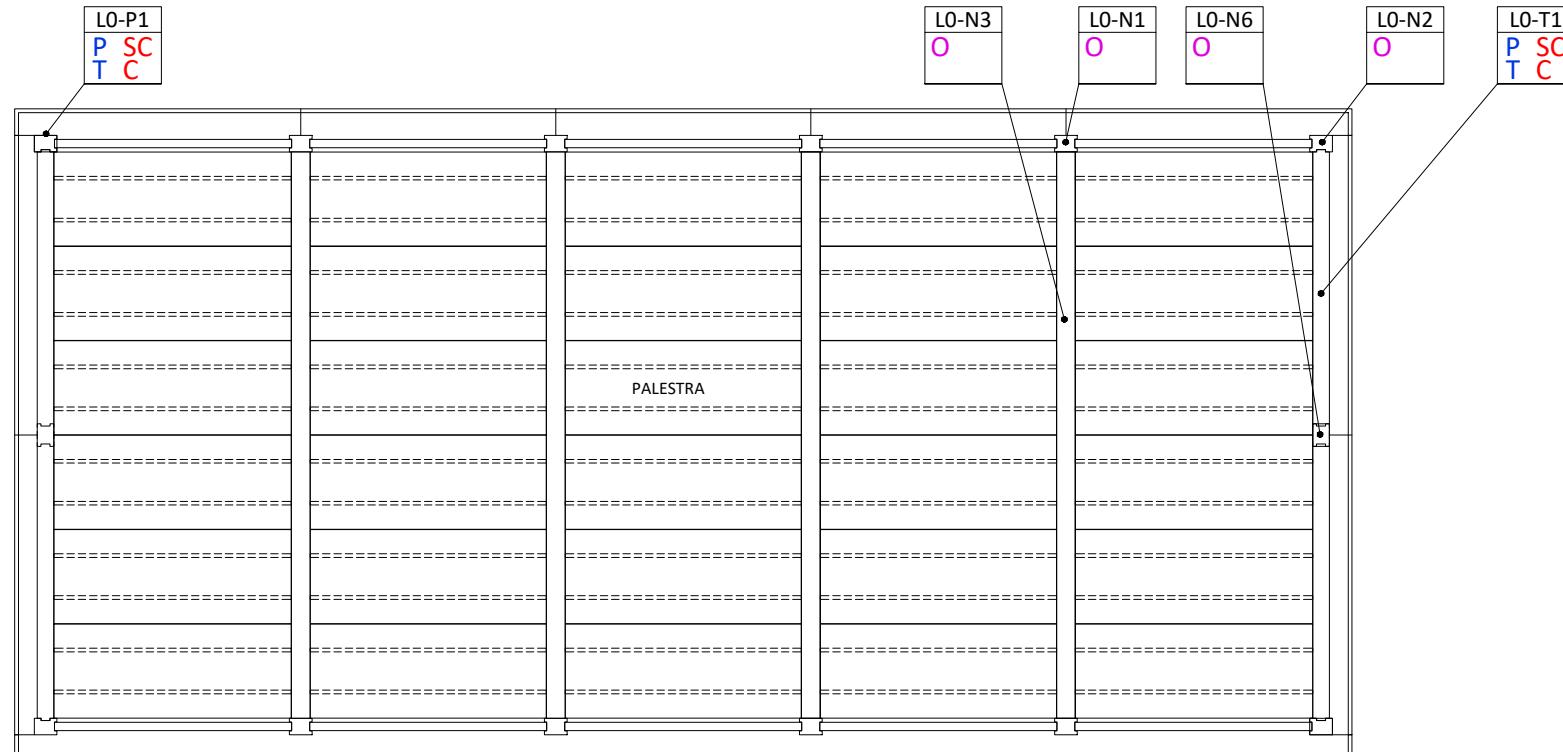
Indagini diagnostiche  
Rilievi e prove  
sulle strutture

Palestra e Spogliatoi – Scuola Primaria “Gozzano”  
Via IV Novembre, 2 – San Giusto Canavese (TO)  
Cod.B20001

## **ALLEGATO 1**

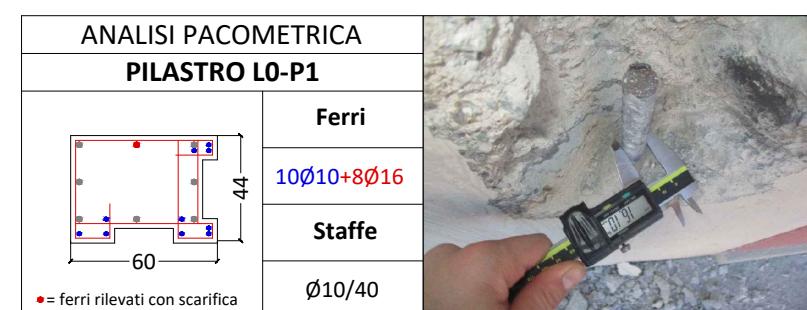
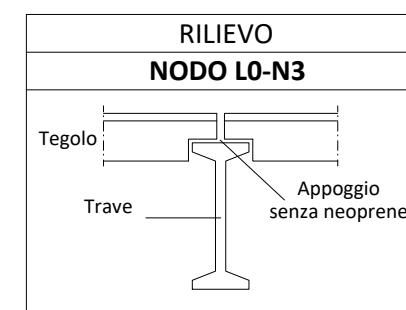
## **REPORT DIAGNOSTICO**

## PUNTI DI PROVA - PIANO TERRA - PALESTRA - L0 - PARTE 1

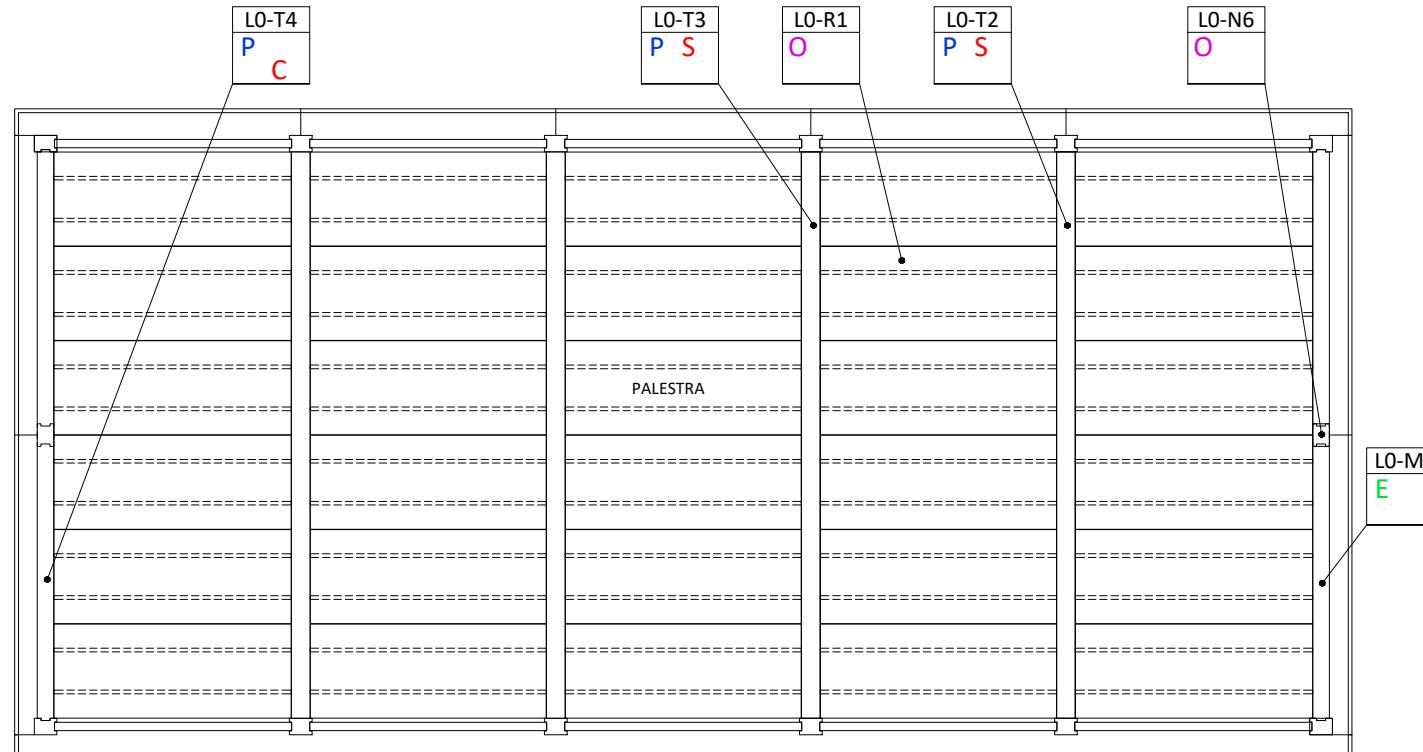


### LEGENDA

- P PACOMETRIA
- T PRELIEVO CAMPIONE ACCIAIO
- SC SCARIFICA CLS
- C CAROTAGGIO E CARBONATAZIONE CLS
- O RILIEVO

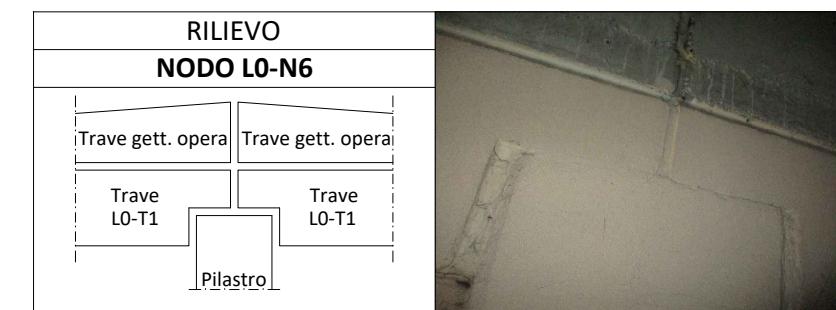


## PUNTI DI PROVA - PIANO TERRA - PALESTRA - L0 - PARTE 2



### LEGENDA

<b>P</b>	PACOMETRIA
<b>S</b>	SON.REB. CLS
<b>C</b>	CAROTAGGIO E CARBONATAZIONE CLS
<b>E</b>	ENDOSCOPIA
<b>O</b>	RILIEVO



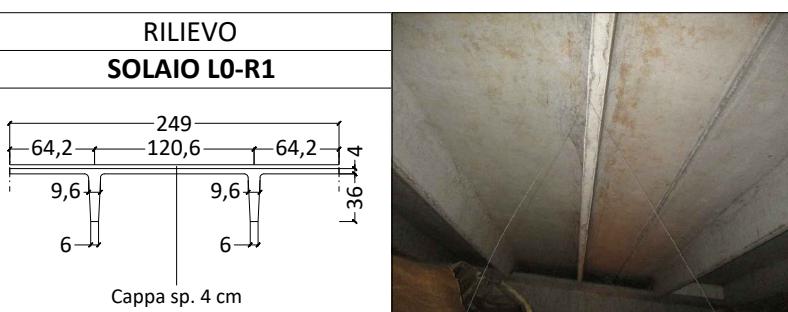
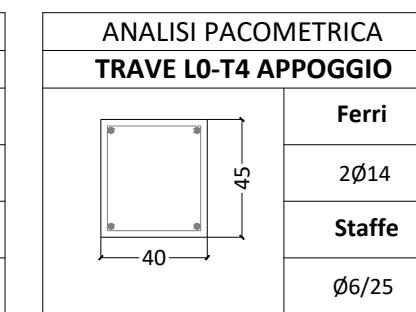
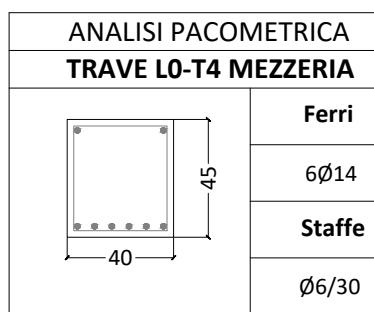
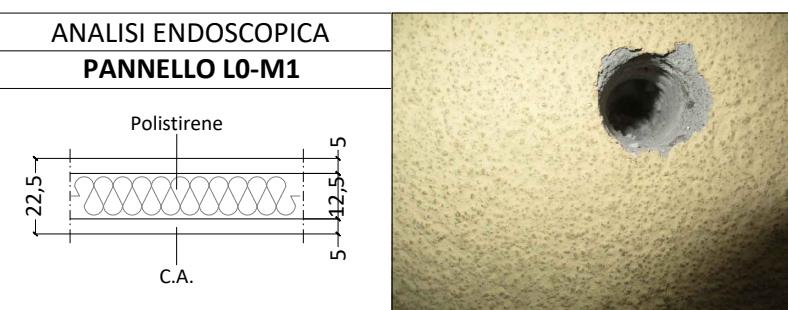
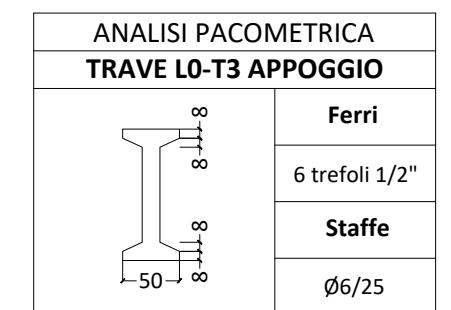
ANALISI PACOMETRICA	
TRAVE L0-T2 APPOGGIO	
Ferri	6 trefoli 1/2"
Staffe	Ø6/25



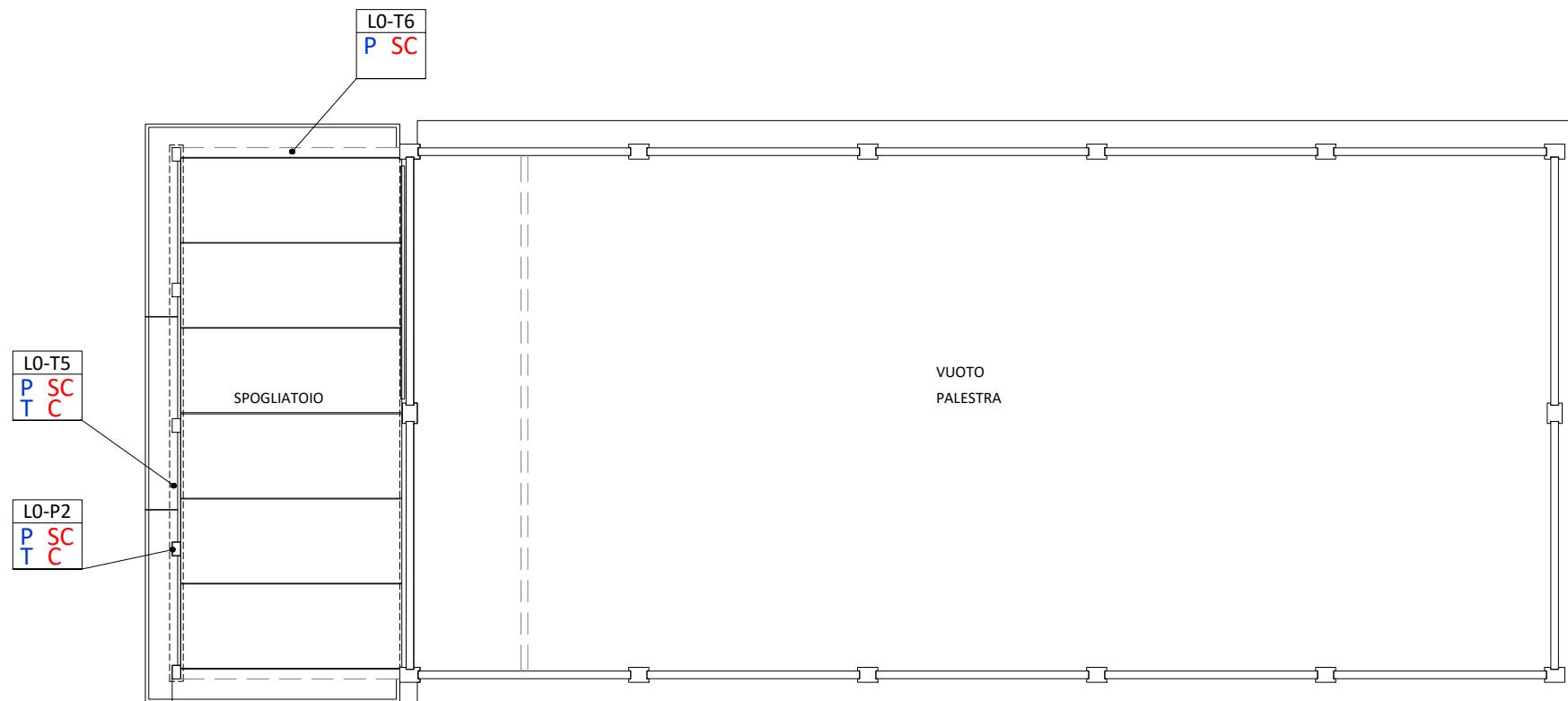
PROVA CON METODO SON.REB.				
TRAVE L0-T2				
54	54	54	52	54
52	54	54	52	54
Media				53
Velocità [m/s]				4212



PROVA CON METODO SON.REB.				
TRAVE L0-T3				
54	52	52	52	54
56	54	54	50	52
Media				53
Velocità [m/s]				4232



## PUNTI DI PROVA - PIANO TERRA - SPOGLIATOIO - L0 - PARTE 1



### LEGENDA

- P PACOMETRIA
- T PRELIEVO CAMPIONE ACCIAIO
- SC SCARIFICA CLS
- C CAROTAGGIO E CARBONATAZIONE CLS

ANALISI PACOMETRICA	
TRAVE L0-T6	
Trave mensola	Ferri
	3Ø10
	Staffe
	Ø6/25
● = ferri rilevati con scarifica	

ANALISI PACOMETRICA	
TRAVE L0-T5 APPOGGIO	
Trave mensola	Ferri
	2Ø14+2Ø10
	Staffe
	Ø6/25
● = ferri rilevati con scarifica	

ANALISI PACOMETRICA	
TRAVE L0-T5 MEZZERIA	
Trave mensola	Ferri
	5Ø14
	Staffe
	Ø6/25
● = ferri rilevati con scarifica	

CAROTAGGIO	
TRAVE L0-T5	
Diametro [mm]	94
Altezza [mm]	95
f <sub>core</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	14,84
Carbonatazione [mm]	25

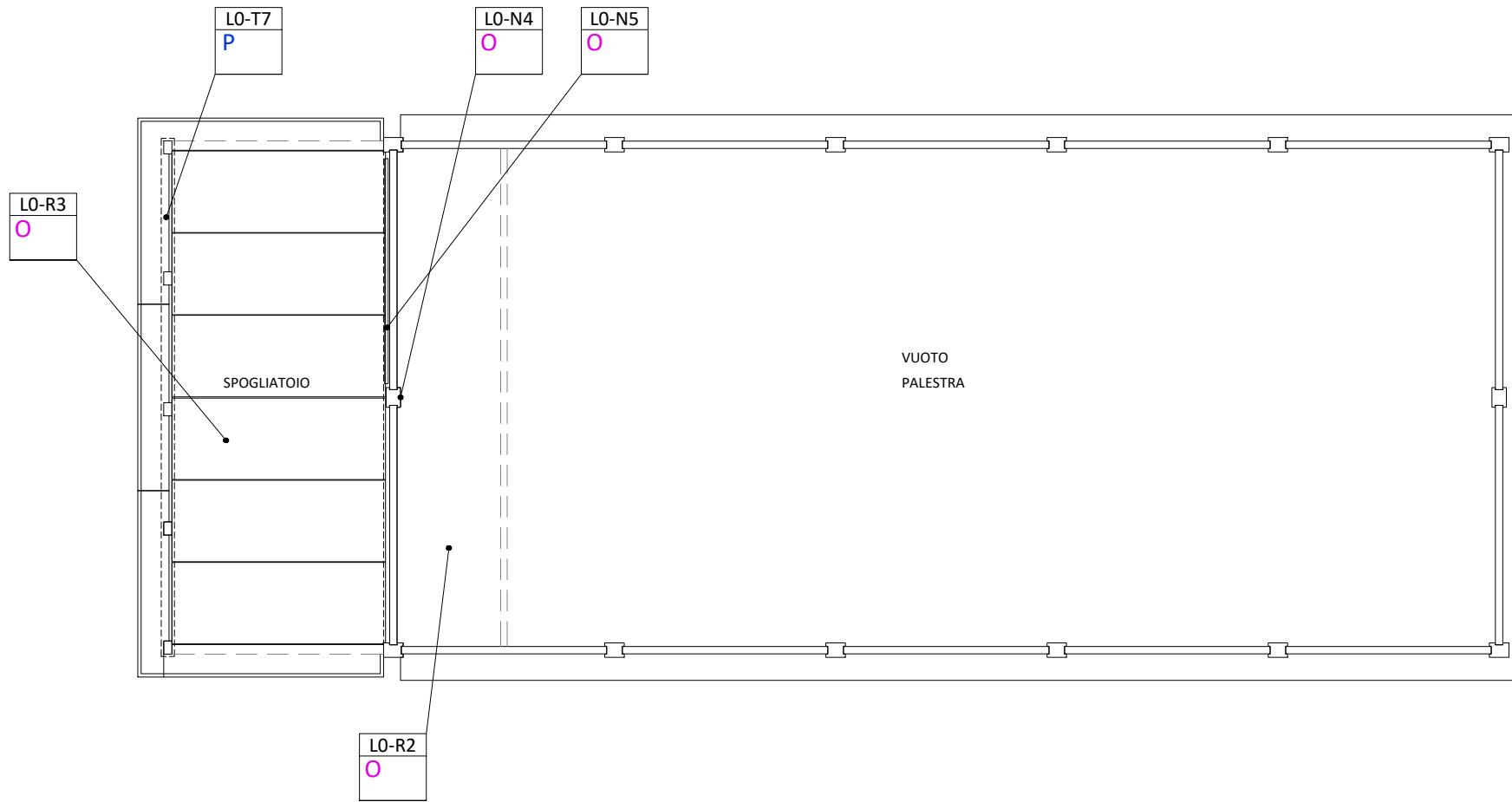
PROVA A TRAZIONE	
PILASTRO L0-T5	
Ø nominale [mm]	14
f <sub>y</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	453
f <sub>t</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	663
Allungamento [%]	15,5

ANALISI PACOMETRICA	
PILASTRO L0-P2	
Trave mensola	Ferri
	4Ø14+2Ø10
	Staffe
	Ø6/30
● = ferri rilevati con scarifica	

CAROTAGGIO	
PILASTRO L0-P2	
Diametro [mm]	94
Altezza [mm]	97
f <sub>core</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	47,70
Carbonatazione [mm]	30

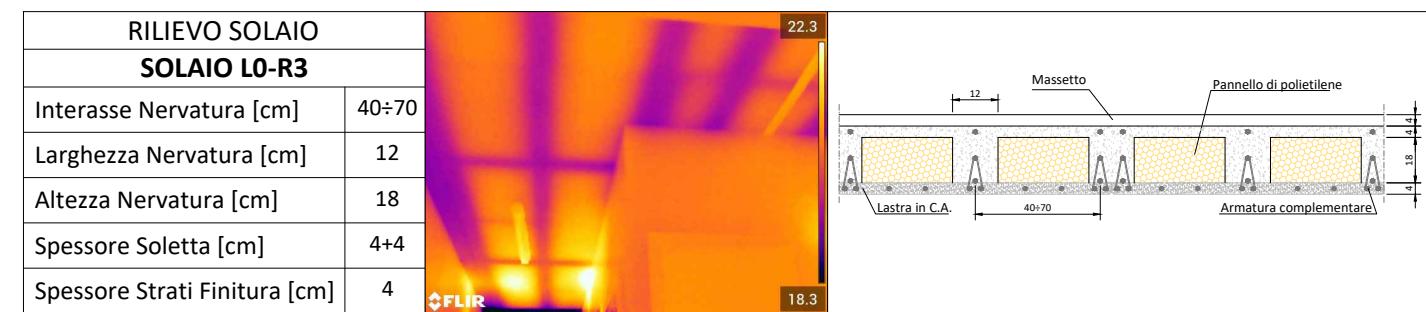
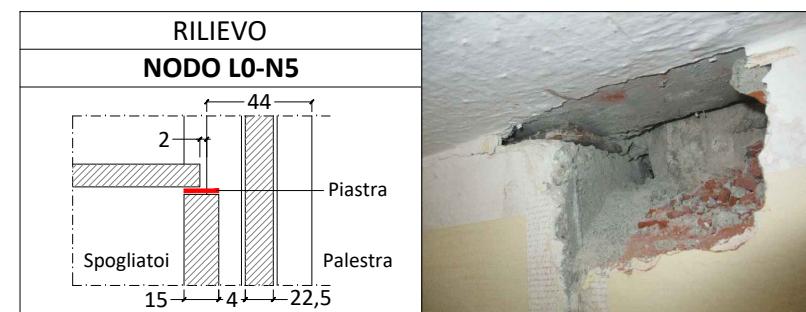
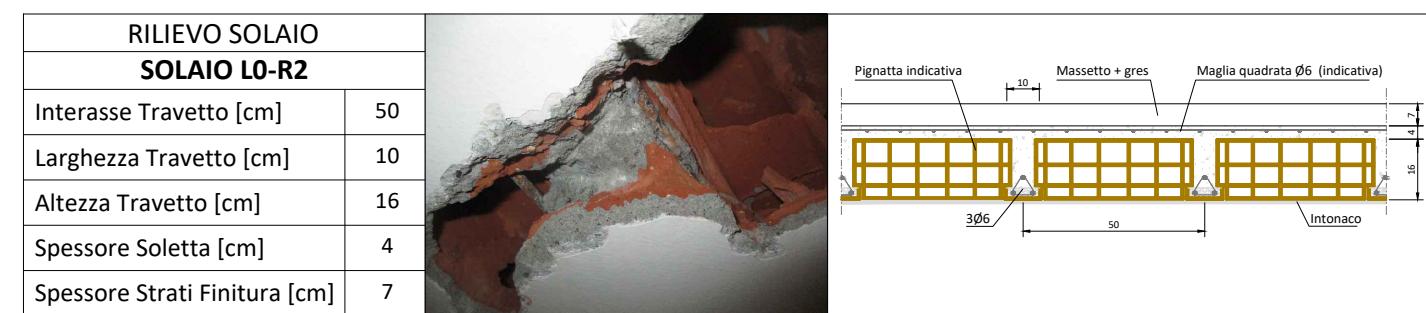
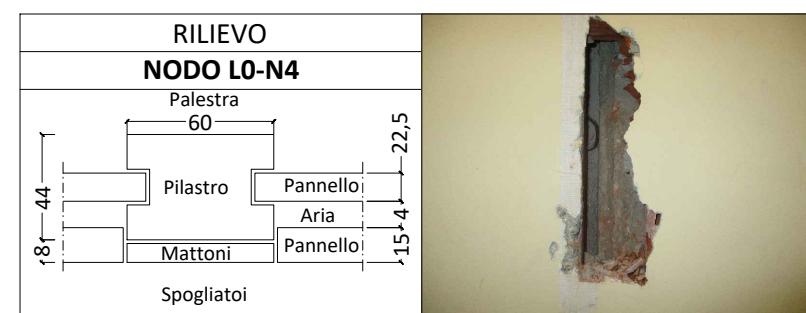
PROVA A TRAZIONE	
PILASTRO L0-P2	
Ø nominale [mm]	10
f <sub>y</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	425
f <sub>t</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	625
Allungamento [%]	12,6

## PUNTI DI PROVA - PIANO TERRA - SPOGLIATOIO - L0 - PARTE 2

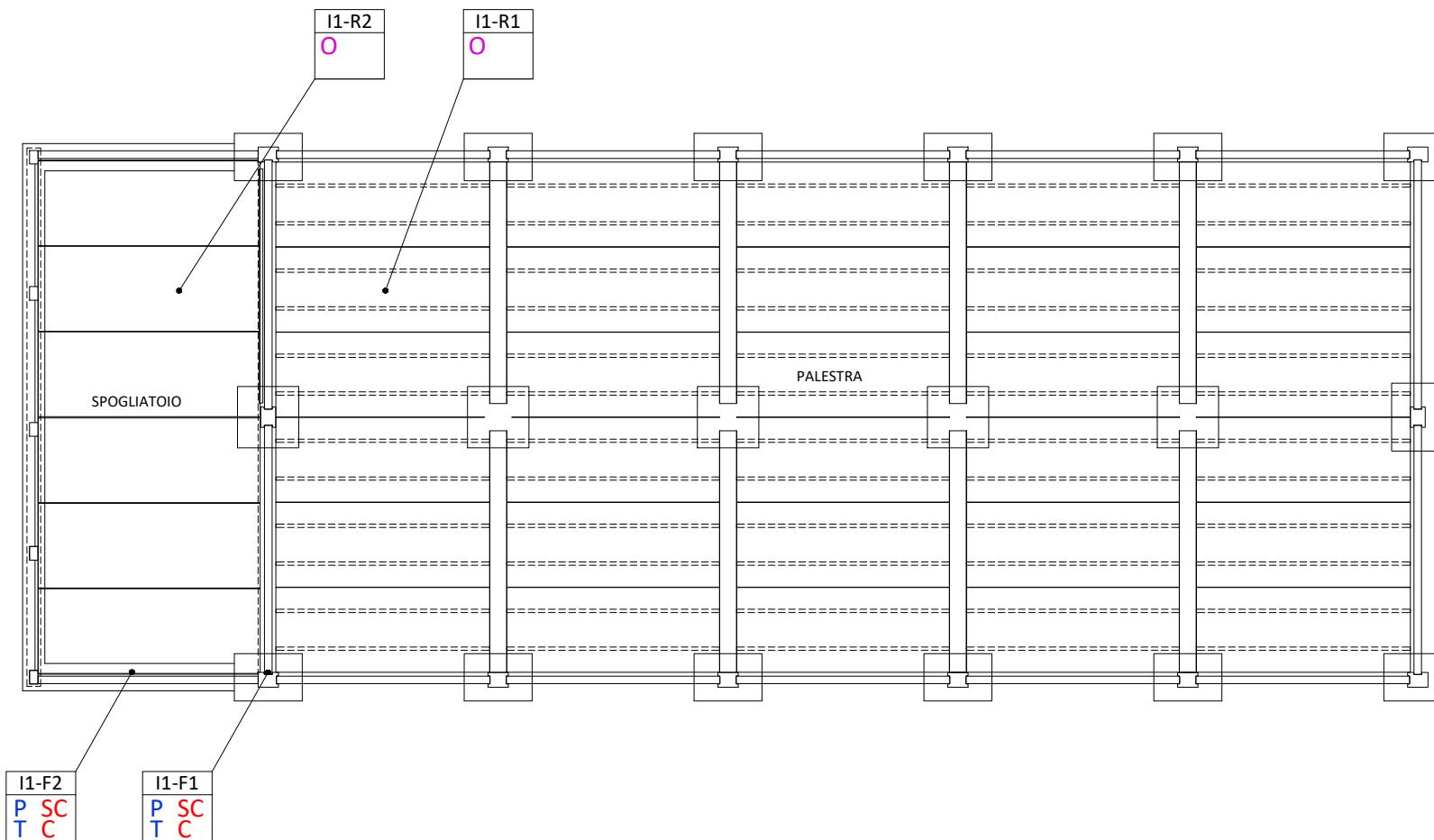


### LEGENDA

P PACOMETRIA  
O RILIEVO

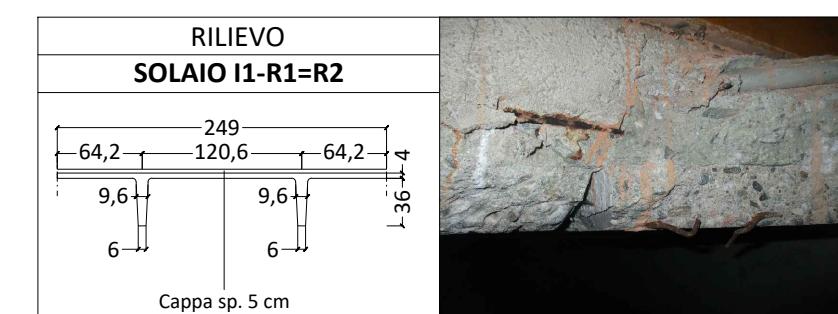


## PUNTI DI PROVA - PIANO INTERRATO - I1 - PARTE 1



## LEGENDA

- P PACOMETRIA
- T PRELIEVO CAMPIONE ACCIAIO
- SC SCARIFICA CLS
- C CAROTAGGIO E CARBONATAZIONE CLS
- O RILIEVO



ANALISI PACOMETRICA	
FONDAZIONE I1-F2	
Ferri	
Ø14	
Staffe	
Ø10/25	
● = ferri rilevati con scarifica	

CAROTAGGIO	
FONDAZIONE I1-F2	
Diametro [mm]	94
Altezza [mm]	97
f <sub>core</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	52,60
Carbonatazione [mm]	20

PROVA A TRAZIONE	
FONDAZIONE I1-F2	
Ø nominale [mm]	14
f <sub>y</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	453
f <sub>t</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	672
Allungamento [%]	13,7

ANALISI PACOMETRICA	
FONDAZIONE I1-F1	
Ferri	
Ø12/20	
Staffe	
Ø8/20	
● = ferri rilevati con scarifica	

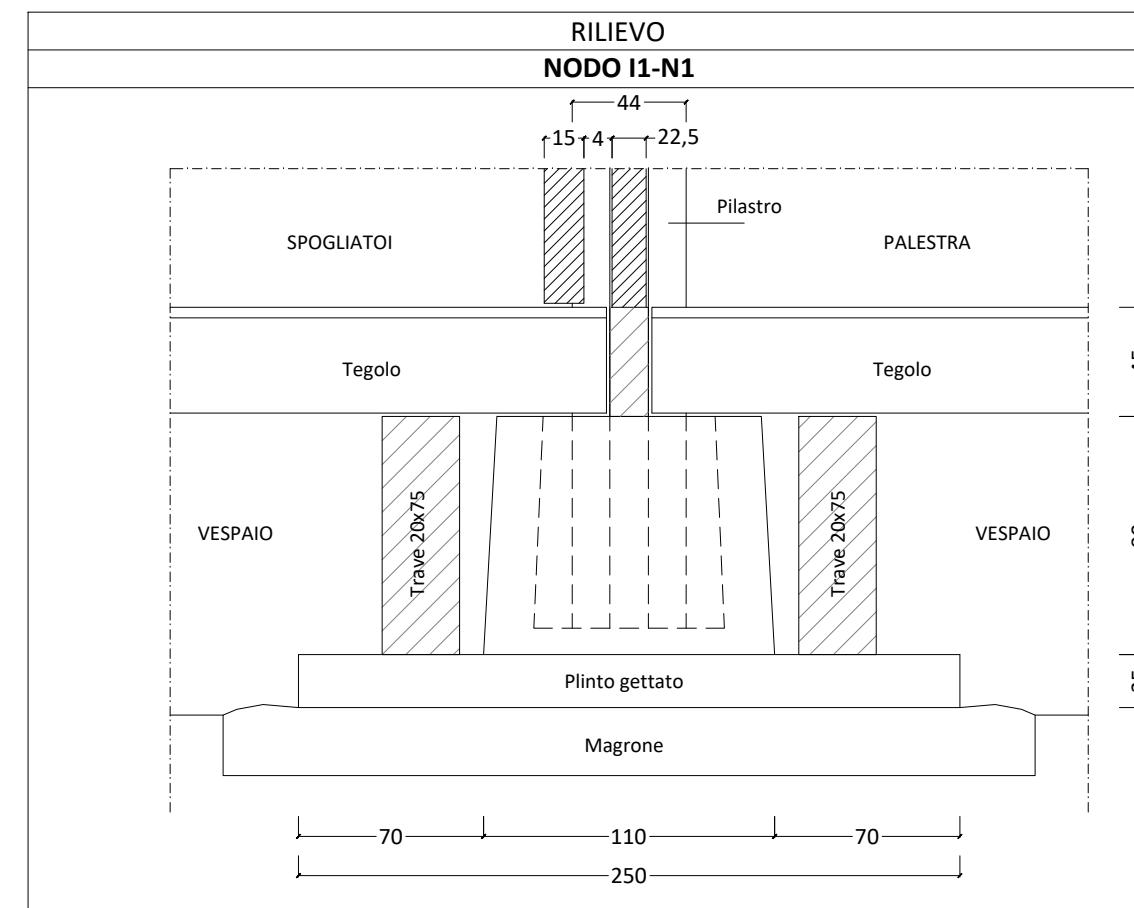
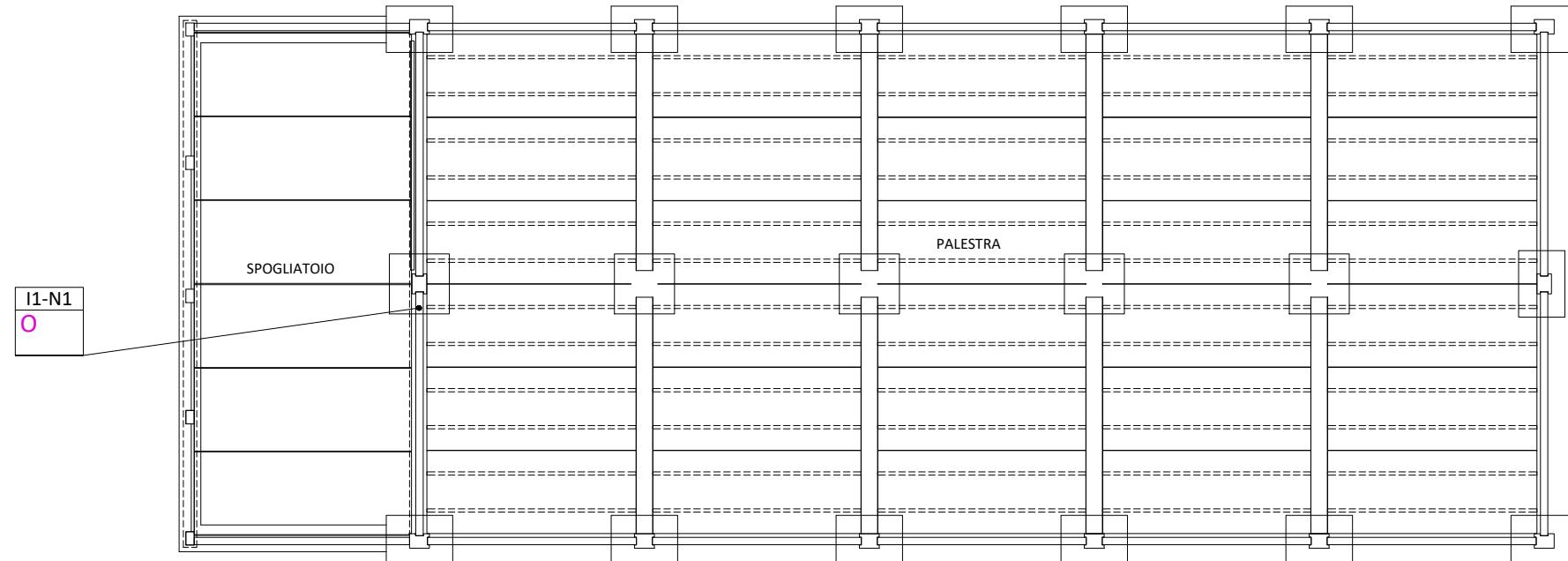
CAROTAGGIO	
FONDAZIONE I1-F1	
Diametro [mm]	94
Altezza [mm]	96
f <sub>core</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	53,75
Carbonatazione [mm]	20

PROVA A TRAZIONE	
FONDAZIONE I1-F1	
Ø nominale [mm]	12
f <sub>y</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	465
f <sub>t</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	718
Allungamento [%]	10,2

PUNTI DI PROVA - PIANO INTERRATO - I1 - PARTE 2

LEGENDA

O RILIEVO



Indagini diagnostiche  
Rilievi e prove  
sulle strutture

Palestra e Spogliatoi – Scuola Primaria “Gozzano”  
Via IV Novembre, 2 – San Giusto Canavese (TO)  
Cod.B20001

## **ALLEGATO 2**

### **CERTIFICATO DI PROVA CALCESTRUZZO**



**POLITECNICO**  
MILANO 1863

LABORATORIO PROVE MATERIALI

Spett. le  
TECNOINDAGINI S.R.L.  
VIA MONTE SABOTINO 14  
20095 CUSANO MILANINO (MI) - ITA

**Certificato di Prova N. 2020/0306 emesso in Milano il 10/02/2020**

Richiedente: TECNOINDAGINI S.R.L. – CUSANO MILANINO (MI)

Ingresso materiale: 07/02/2020

**CERTIFICATO DI PROVA**

Prove di compressione su provini di conglomerato cementizio secondo le indicazioni del vigente Decreto Ministeriale di cui alla Legge 5/11/1971 n. 1086.

I provini sono stati sottoposti a prova tal quali come consegnati.

Le misure effettuate sono relative alle determinazioni della massa, dimensioni geometriche, carico massimo di ogni provino.

Sulle pagine seguenti sono riportate:

- le date di esecuzione delle prove;
- i contrassegni dei provini;
- i risultati delle misure;
- la sezione e la resistenza a compressione del provino.

**I risultati contenuti si riferiscono esclusivamente agli oggetti provati.**

**Questo rapporto di prova consta di pagine 2 e dell' Allegato di pag. 1 che ne costituisce parte integrante.**

**Il presente rapporto di prova può essere riprodotto solo integralmente e deve essere assoggettato a bollo in caso d'uso ai sensi del D.P.R. 642/72.**

**IL CAPO SERVIZIO**

**Roberto Minerva**

Firmato digitalmente ai sensi della normativa vigente

**Sede di Milano - Ufficio Accettazione materiale e Certificazione**  
via Celoria, 3 – 20133 Milano – Tel. 02 2399 4210 Fax 02 2399 4211

**Sede di Lecco**  
via Gaetano Previati 1/C – 23900 Lecco – Tel. 0341/48 8793 Fax 0341/48 8771

*Laboratorio Ufficiale (art. 20 Legge n. 1086 del 5 novembre 1971) – NB 1777 Reg. (UE) 305/2011*

Data esecuzione prove: lunedì 10 febbraio 2020

## PROVE DI COMPRESSIONE SU PROVINI IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO

Contrassegno (*)	Massa	Diam.	Alt.	Carico massimo	Sezione	Massa volumica	Resistenza a compressione	Note
N°	kg	mm	mm	kN	mm <sup>2</sup>	Kg/dm <sup>3</sup>	N/mm <sup>2</sup>	
1 LO-T1	1.550	94	97	257.0	6940	2.303	37.03	R7
2 LO-T4	1.510	94	97	147.0	6940	2.243	21.18	R7
3 LO-T5	1.500	94	95	103.0	6940	2.275	14.84	R7
4 LO-P2	1.586	94	97	331.0	6940	2.356	47.70	R7
5 I1-F1	1.538	94	96	373.0	6940	2.309	53.75	R7
6 I1-F2	1.560	94	97	365.0	6940	2.317	52.60	R7
7 LO-P1	1.519	94	96	291.0	6940	2.280	41.93	R7

(\*) Si riportano gli estremi essenziali per riferire il campione a quanto dichiarato nell'Allegato A al presente rapporto

LEGENDA NOTE: A = Le facce del provino presentavano un visibile difetto di planarità

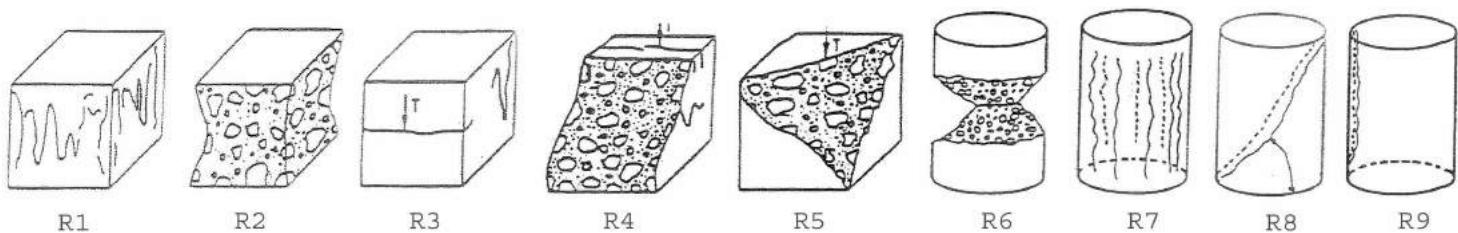
B = Il campione presentava solo due facce opposte completamente lisce tra le 5 a contatto con la cassaforma

C = Il provino conteneva spezzoni di acciaio

D = Il provino presentava già una vistosa fessura

E = Le dimensioni del provino non sono conformi alle dimensioni richieste dalla normativa UNI EN 12390-1

F = Il contrassegno riportato sul campione non corrisponde a quanto dichiarato nell'allegato A

Il Responsabile Tecnico  
Antonio Cocco

Indagini diagnostiche  
Rilievi e prove  
sulle strutture

Palestra e Spogliatoi – Scuola Primaria “Gozzano”  
Via IV Novembre, 2 – San Giusto Canavese (TO)  
Cod.B20001

### **ALLEGATO 3**

### **CERTIFICATO DI PROVA ACCIAIO**



**POLITECNICO**  
MILANO 1863

LABORATORIO PROVE MATERIALI

Spett. le

TECNOINDAGINI S.R.L.  
VIA MONTE SABOTINO, 14  
20095 CUSANO MILANINO - MI

**Certificato di Prova N. 2020/0311 emesso in Milano il 11/02/2020**

Richiedente: TECNOINDAGINI S.R.L. – CUSANO MILANINO (MI)

Ingresso materiale: 07/02/2020

**CERTIFICATO DI PROVA**

PROVE DI TRAZIONE.

Sulle pagine seguenti sono riportate:

- la descrizione del campione e la modalità di prova;
- i risultati ottenuti.

**I risultati contenuti si riferiscono esclusivamente agli oggetti provati.**

**Questo rapporto di prova consta di pagine 4 e dell' Allegato di pag. 1 che ne costituisce parte integrante.**

**Il presente rapporto di prova può essere riprodotto solo integralmente e deve essere assoggettato a bollo in caso d'uso ai sensi del D.P.R. 642/72.**

**IL CAPO SERVIZIO**

**Roberto Minerva**

Firmato digitalmente ai sensi della normativa vigente.

**Sede di Milano - Ufficio Accettazione materiale e Certificazione**  
via Celoria, 3 – 20133 Milano – Tel. 02 2399 4210 Fax 02 2399 4211

**Sede di Lecco**  
via Gaetano Previati 1/C – 23900 Lecco – Tel. 0341/48 8793 Fax 0341/48 8771

*Laboratorio Ufficiale (art. 20 Legge n. 1086 del 5 novembre 1971) – NB 1777 Reg. (UE) 305/2011*



Le prove sono state ultimate il giorno 10 febbraio 2020.

## PROVE DI TRAZIONE

### Descrizione ed identificazione di campioni e provini

CAMP.	PROVINO	DESCRIZIONE
A	A1	N°1 spezzone di barra in acciaio ad aderenza migliorata, con diametro nominale pari a 14 mm, lunga circa 400 mm, denominata dal Richiedente "L0-T1".
B	B1	N°1 spezzone di barra in acciaio ad aderenza migliorata, con diametro nominale pari a 14 mm, lunga circa 405 mm, denominata dal Richiedente "L0-T5".
C	C1	N°1 spezzone di barra in acciaio ad aderenza migliorata, con diametro nominale pari a 10 mm, lunga circa 405 mm, denominata dal Richiedente "L0-P2".
D	D1	N°1 spezzone di barra in acciaio ad aderenza migliorata, con diametro nominale pari a 12 mm, lunga circa 405 mm, denominata dal Richiedente "I1-F1".
E	E1	N°1 spezzone di barra in acciaio ad aderenza migliorata, con diametro nominale pari a 14 mm, lunga circa 405 mm, denominata dal Richiedente "I1-F2".
F	F1	N°1 spezzone di barra in acciaio ad aderenza migliorata, con diametro nominale pari a 16 mm, lunga circa 405 mm, denominata dal Richiedente "L0-P1".

### Descrizione dei metodi di prova

Le prove di trazione sono state eseguite secondo la normativa UNI EN ISO 6892-1.

Il Responsabile Tecnico  
p. i. Luigi Sacco

Firmato digitalmente ai sensi della normativa vigente.

**Sede di Milano - Ufficio Accettazione materiale e Certificazione**  
via Celoria, 3 – 20133 Milano – Tel. 02 2399 4210 Fax 02 2399 4211

**Sede di Lecco**  
via Gaetano Previati 1/C – 23900 Lecco – Tel. 0341/48 8793 Fax 0341/48 8771

*Laboratorio Ufficiale (art. 20 Legge n. 1086 del 5 novembre 1971) – NB 1777 Reg. (UE) 305/2011*



**POLITECNICO**  
MILANO 1863

LABORATORIO PROVE MATERIALI



Il Responsabile Tecnico  
p. i. Luigi Sacco

Firmato digitalmente ai sensi della normativa vigente.

**Sede di Milano - Ufficio Accettazione materiale e Certificazione**  
via Celoria, 3 – 20133 Milano – Tel. 02 2399 4210 Fax 02 2399 4211

**Sede di Lecco**  
via Gaetano Previati 1/C – 23900 Lecco – Tel. 0341/48 8793 Fax 0341/48 8771

*Laboratorio Ufficiale (art. 20 Legge n. 1086 del 5 novembre 1971) – NB 1777 Reg. (UE) 305/2011*

**Risultati ottenuti:****Prove di trazione**

campione	Ø nominale mm	Lung. mm	Massa g	Sezione mm <sup>2</sup>	Snervamento fy		Rottura ft		Allung. Agt %
					kN	Mpa	kN	Mpa	
A1	14	402	494	156.54	69.50	444	101.60	649	15.5
B1	14	403	494	156.15	70.78	453	103.50	663	15.5
C1	10	407	243	76.06	32.34	425	47.50	625	12.6
D1	12	405	353	111.03	51.58	465	79.70	718	10.2
E1	14	407	491	153.68	69.66	453	103.30	672	13.7
F1	16	405	636	200.05	88.73	444	131.00	655	14.9

La sezione è ricavata in funzione della lunghezza e massa misurate.

Il Responsabile Tecnico  
p. i. Luigi Sacco

Firmato digitalmente ai sensi della normativa vigente.

**Sede di Milano - Ufficio Accettazione materiale e Certificazione**  
via Celoria, 3 – 20133 Milano – Tel. 02 2399 4210 Fax 02 2399 4211

**Sede di Lecco**  
via Gaetano Previati 1/C – 23900 Lecco – Tel. 0341/48 8793 Fax 0341/48 8771

*Laboratorio Ufficiale (art. 20 Legge n. 1086 del 5 novembre 1971) – NB 1777 Reg. (UE) 305/2011*