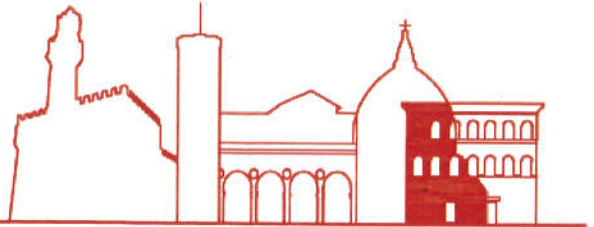




COMUNE DI  
FIRENZE



DIREZIONE SERVIZI TECNICI  
SERVIZIO SUPPORTO TECNICO AI QUARTIERI ED IMPIANTI SPORTIVI

Prog. n. L0175/2016  
rev. Febbraio 2018

**SCUOLA GUICCIARDINI  
LAVORI DI COMPLETAMENTO AUDITORIUM  
C.O. 170292**

**PROGETTO ESECUTIVO**

**R.U.P.:**

Ing. Michele Mazzoni

**Supporto al R.U.P.:**

Vie en.ro.se. Ingegneria srl - Arch. Lucia Busa  
Ing. Alessandro Meschi

**Architettonico**

**Progettisti:**

Geom. Bruno Ulivi  
Ing. Samuele Cappelli  
Geom. Marco Noferi  
Geom. Tamara Paoli

**Strutturale**

**Progettista:**

Ing. Claudio Brunori

**Coord. Progettazione Impianti:**

Ing. Filippo Cioni

**Impianti Meccanici**

**Progettisti:**

Ing. Simone Ferroni  
P.I. Lorenzo Cappugi  
P.I. David Cionini  
P.I. Sandro Faggi

**Collaboratori:**

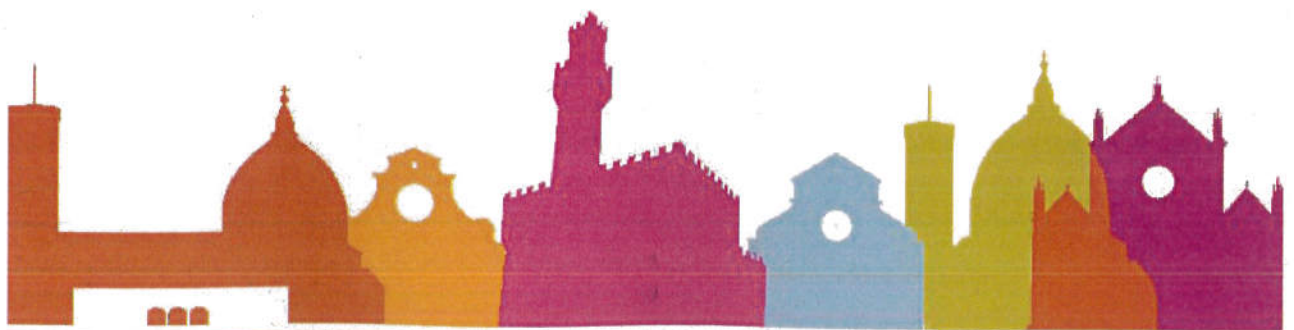
Add. Tecn. Albano Parisi  
Add. Tecn. Claudio Pollastrini

**Impianti Elettrici**

**Progettisti:**

P.I. Valter Masini  
P.I. Nicola Riccarelli

PROGETTO STRUTTURALE RELAZIONE STATO DI FATTO	NOME FILE	DATA	ELABORAZIONE
	SPST03	Febbraio 2018	



## **RELAZIONE STATO DI FATTO E VULNERABILITA'**

### **Premessa**

La presente relazione è finalizzata alla descrizione delle operazioni eseguite col fine di analizzare lo stato di fatto e di determinare la vulnerabilità sismica dell'Auditorium della Scuola Guicciardini ubicata in via R. De Montalvo nel Comune di Firenze.

La relazione espone innanzitutto una descrizione della composizione piano volumetrica dell'auditorium, nonché delle relative tipologie costruttive con particolare riferimento alle strutture portanti di elevazione ed orizzontali.

Sono stati infatti eseguiti una serie di sopralluoghi finalizzati alla verifica della rispondenza geometrica dell'edificio con la documentazione relativa ai disegni esecutivi strutturali originari disponibili presso la Direzione Servizi tecnici del Comune di Firenze, alla verifica dello stato di conservazione delle strutture, compresa la valutazione dell'eventuale stato fessurativo esistente.

Sono state condotte indagini sperimentali sulle strutture esistenti i cui risultati vengono allegati alla presente relazione.

L'indagine del sottosuolo interessato dall'opera per valutarne la natura e la sua caratterizzazione stratigrafica è stata ottemperata mediante apposite indagini eseguite nel resede circostante il fabbricato.

E' stata eseguita una attenta analisi degli elaborati architettonici e strutturali reperiti presso l'archivio comunale che hanno consentito di ricostruire l'evoluzione dell'edificio nel corso della sua storia. Le informazioni ottenute hanno permesso di modellare a computer il complesso edilizio che è stato sottoposto alle verifiche strutturali.

Dai risultati è stato possibile valutare il comportamento sismico della struttura e la sua capacità nei confronti delle azioni sismiche indicate nel D.M. 14.01.2008.

Si è poi proceduto ad identificare sia per posizione e tipologia, gli interventi di rinforzo necessari per l'adeguamento sismico della struttura. Attraverso una seconda analisi statica modale eseguita sul modello modificato con l'inserimento dei nuovi elementi strutturali sismo resistenti, si è verificato e avvalorato la bontà degli interventi proposti.

### **Descrizione della struttura**

L'Auditorium si compone di una grande sala pressoché rettangolare con accessori per servizi igienici e retropalco, tetto a capanna disposto in senso trasversale rispetto alla maggior lunghezza, realizzato con struttura prefabbricata. L'edificio risulta privo di finiture,

impianti, infissi e dotazioni di alcun genere compresi intonaci e pertanto non utilizzabile. La superficie lorda dell'Auditorium, considerando è pari a circa 555 mq.

Le strutture portanti dell'edificio sono state verificate e un intervento di adeguamento consentirà con strutture e dispositivi appositi, di raggiungere il grado di sicurezza dettato dalla normativa antisismica attualmente in vigore

L'edificio oggetto dell'intervento, è un fabbricato costruito negli anni '80 con destinazione auditorium all'interno del complesso scolastico Guicciardini di Firenze. L'intervento prevede lavori di manutenzione straordinaria finalizzati all'adeguamento strutturale e funzionale dell'auditorium.

Il fabbricato risulta distaccato rispetto alla struttura scolastica ed è costituito da un unico piano fuori terra. La struttura portante è in cemento armato, in parte gettato in opera ed in parte in elementi prefabbricati.

Gli elementi prefabbricati sono costituiti da:

- travi a T rovescio in cemento armato ordinario, poggianti sulle testate dei pilastri e ad esse collegate tramite spinotti metallici;
- tegoli in cemento armato precompresso poggianti sulle travi suddette e ad esse opportunamente collegati. Tra i due elementi sono interposti appoggi in gomma.

Secondo la direzione longitudinale sono presenti travi orizzontali gettate in opera a quota intermedia (+5,24 m) e travi prefabbricate di copertura inclinate secondo la falda.

In direzione trasversale sono presenti travi gettate in opera a livello copertura. In questa direzione sono inoltre presenti due setti, uno in cemento armato di spessore 40 cm e l'altro in muratura posizionati dal lato del palco dell'auditorium.

Le fondazioni del fabbricato sono costituite da plinti quadrati su pali di profondità pari a circa 18 m. I pali di fondazione sono presenti sia in corrispondenza di ogni pilastro sul perimetro esterno del fabbricato, che internamente all'edificio, rispettando gli allineamenti delle pilastrate presenti. I plinti di fondazione su pali sono collegati in direzione trasversale da travi rettangolari in cemento armato.

Il solaio di calpestio di piano terra (realizzato a quota variabile ad anfiteatro) è costituito da un solaio gettato in opera in cemento armato travetti e laterizio. I travetti risultano poggianti sulle travi in cemento armato di collegamento trasversale dei plinti di fondazione.

Sono stati eseguiti appositi saggi ed indagini per verificare la perfetta rispondenza della struttura realizzata con il progetto originario ed il risultato della verifica è stato positivo.

Le pareti perimetrali esterne sono dotate di tamponature in laterizio con uno spazio libero per le finestrate a nastro.

Il fabbricato appare in ottimo stato di conservazione e non presenta dissesti né lesioni che facciano pensare a problematiche di tipo strutturale o fondale.

Si riportano di seguito alcune fotografie del fabbricato in oggetto.





### **Rilievo geometrico-strutturale**

Presso gli archivi del Comune di Firenze è risultata disponibile una copia completa del progetto strutturale originario dell'intera scuola Guicciardini, con annesso l'Auditorium oggetto del presente progetto. Il progetto strutturale è stato redatto dallo Studio Tecnico Piro & C. a firma dell'Ing. Franco Piro, iscritto all'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma al n° 3520, a seguito di incarico affidato nel 1983 dalla società Molinari Appalti s.r.l. di Roma, risultata a suo tempo appaltatrice per la costruzione dell'opera. Le strutture prefabbricate di copertura risultano progettate e fornite dalla ditta Prefabbricati Peruzzi S.p.A. di Montepulciano (SI).

Gli elaborati del suddetto progetto strutturale originario, sia per la parte generale in opera che per le strutture prefabbricate, sono allegati alla presente relazione e sono da intendersi parte integrante dell'attuale progetto.

Durante i molteplici sopralluoghi eseguiti nell'Auditorium, è stata verificata in modo esaustivo la perfetta rispondenza tra le caratteristiche della struttura con gli elaborati del progetto originario, sia dal punto di vista dimensionale che tipologico. Le verifiche sono state eseguite sia in modo visivo, anche ravvicinato mediante utilizzo di trabattelli, sia



mediante opportuni saggi che hanno consentito di verificare la rispondenza delle varie tipologie strutturali al progetto originario, anche dal punto di vista dei carichi agenti.











Sono state eseguite apposite indagini per la verifica delle opere di fondazione mediante l'esecuzione di due scavi in modo da mettere a nudo due plinti di fondazione con i rispettivi pali di fondazione, uno in corrispondenza di un pilastro esterno e l'altro in corrispondenza di un pilastro interno. In entrambi i casi è stata riscontrata la perfetta rispondenza con le previsioni del progetto originario, sia come tipologia e dimensioni che come quota di imposta.





Dalle verifiche ed ispezioni effettuate, non risultano dissesti di nessun tipo né lesioni sulle strutture del fabbricato. Anche gli elementi di collegamento tra i tegoloni e le travi prefabbricate di copertura risultano in buono stato di efficienza. Il fabbricato appare quindi in ottimo stato di conservazione e non presenta dissesti né lesioni che facciano pensare a problematiche di tipo strutturale o fondale

## **Caratterizzazione meccanica dei materiali**

L'affidabilità di una modellazione strutturale (e dei conseguenti risultati) è obbligatoriamente legata ai dati di input; ciò nonostante la valutazione di sicurezza di una struttura esistente porta con sé un'inevitabile componente di aleatorietà e non conoscenza: per questi motivi, le Norme obbligano ad eseguire un numero di prove sui materiali tali da ridurre al minimo queste componenti di incertezza, compatibilmente con lo stato di conservazione e la funzione del manufatto.

Una struttura di cui si conosce poco, sarà penalizzata da fattori cautelativi che andranno a ridurre le caratteristiche meccaniche dei materiali. Il numero e la tipologia di prove variano in numero e tipologia in relazione alla documentazione disponibile, al livello di conoscenza che si intende raggiungere ed alla tipologia strutturale. In questa fase saranno acquisite tutte le informazioni necessarie anche in merito al sottosuolo, in particolare eseguendo una caratterizzazione sismica preferibilmente mediante la misurazione della velocità di propagazione delle onde di taglio, necessarie sia per la valutazione di sicurezza che per l'individuazione degli eventuali interventi di adeguamento.

La società 4 Emme Service S.p.A. con sede in via Zuegg n° 20, Bolzano è stata incaricata dal Comune di Firenze dell'esecuzione di una serie di indagini e campionature sulle strutture in cemento armato dell'intera scuola Guicciardini e tali indagini sono state eseguite ovviamente anche sull'Auditorium, oggetto del presente progetto.

Sono state eseguite le seguenti prove:

- carotaggi sulle strutture in cemento armato;
- indagini pacometriche
- indagini con microdurometro
- prelievi di armatura

Le suddette prove hanno consentito sia di verificare la rispondenza delle opere realizzate rispetto al progetto strutturale originario, sia le caratteristiche meccaniche dei materiali utilizzati.

Si sottolinea il fatto che, dal momento che sia il fabbricato principale della scuola che l'auditorium sono stati realizzati contestualmente, sulla base dello stesso progetto strutturale ed eseguiti dalla stessa impresa, si ritiene che i risultati delle indagini ottenuti su elementi strutturali facenti parte del fabbricato principale possono essere ritenuti indicativi anche per le caratteristiche delle strutture dell'Auditorium.

La relazione finale fornita dalla 4Emme Service S.p.A ed i certificati delle prove eseguite sono allegati alla presente relazione.

Per quanto riguarda la caratterizzazione sismica del terreno, dalle indagini geologiche e geotecniche effettuate dalla società Geotecnica Palazzi Giomarelli con sede in Chianciano Terme nelle immediate vicinanze del fabbricato si è potuto constatare una categoria del sottosuolo di **Tipo B** con Vs30 superiore a 360m/s.

Per quanto concerne la categoria topografica il terreno in esame è classificabile nella categoria **T1**.

### **Definizione dei Livelli di Conoscenza e dei conseguenti Fattori di Confidenza**

Le Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. del 14.01.2008 e Circolare n. 617 del 02.02.2009) prevedono *tre livelli di conoscenza* per l'edificio, e premiano le analisi svolte a partire da un elevato livello di conoscenza permettendo di adottare coefficienti riduttivi delle proprietà meccaniche dei materiali via via minori; indipendentemente dalla tipologia strutturale, si va dall'LC1 (Livello di Conoscenza 1), il minimo consentito, all'LC3, il massimo consentito.

Il D.M. del 14/01/2008 indica, mediante la Tabella C8A.1.2, la metodologia per ricavare il Livello di Conoscenza ed il Fattore di Confidenza in funzione delle informazioni disponibili per il fabbricato. La Tabella è la seguente:

Tabella C8A.1.2 – Livelli di conoscenza in funzione dell'informazione disponibile e conseguenti metodi di analisi ammessi e valori dei fattori di confidenza per edifici in calcestruzzo armato o in acciaio

Livello di Conoscenza	Geometria (carpenterie)	Dettagli strutturali	Proprietà dei materiali	Metodi di analisi	FC
LC1		Progetto simulato in accordo alle norme dell'epoca e <i>limitate</i> verifiche in-situ	Valori usuali per la pratica costruttiva dell'epoca e <i>limitate</i> prove in-situ	Analisi lineare statica o dinamica	1.35
LC2	Da disegni di carpenteria originali con rilievo visivo a campione oppure rilievo ex-novo completo	Disegni costruttivi incompleti con <i>limitate</i> verifiche in situ oppure estese verifiche in-situ	Dalle specifiche originali di progetto o dai certificati di prova originali con <i>limitate</i> prove in-situ oppure estese prove in-situ	Tutti	1.20
LC3		Disegni costruttivi completi con <i>limitate</i> verifiche in situ oppure esaustive verifiche in-situ	Dai certificati di prova originali o dalle specifiche originali di progetto con estese prove in situ oppure esaustive prove in-situ	Tutti	1.00

Nel caso specifico vista la documentazione disponibile e le verifiche in sito effettuate, si può individuare un **Livello di Conoscenza** del fabbricato **LC2** (Conoscenza Adeguata) al quale corrisponde un **Fattore di Confidenza 1.20**.

Infatti, il Livello di Conoscenza LC2 presuppone che:



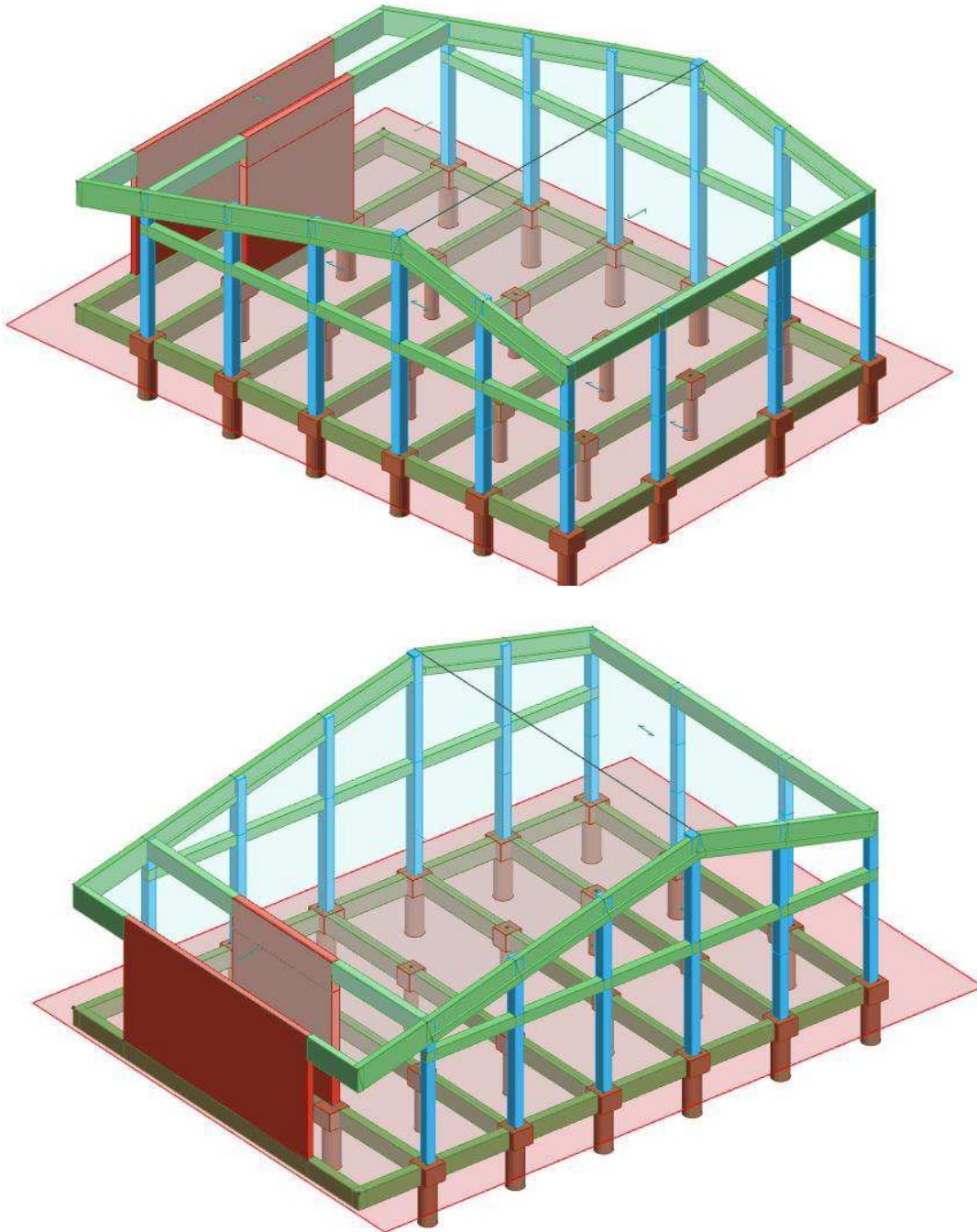
- la geometria della struttura è nota o in base ad un rilievo o dai disegni originali. In quest'ultimo caso viene effettuato un rilievo visivo a campione per verificare l'effettiva corrispondenza del costruito ai disegni. I dati raccolti sulle dimensioni degli elementi strutturali, insieme a quelli riguardanti i dettagli strutturali, saranno tali da consentire la messa a punto di un modello strutturale idoneo ad un'analisi lineare o non lineare;
- i dettagli costruttivi sono noti da un'estesa verifica in situ oppure parzialmente noti dai disegni costruttivi originali incompleti. In quest'ultimo caso viene effettuata una limitata verifica in situ delle armature e dei collegamenti presenti negli elementi più importanti. I dati raccolti saranno tali da consentire, nel caso si esegua un'analisi lineare, verifiche locali di resistenza, oppure la messa a punto di un modello strutturale non lineare.

### **Definizione azioni ed analisi strutturale**

Acquisite tutte le informazioni necessarie, è possibile procedere con l'analisi numerica. Senza dilungarsi troppo sull'argomento che è molto vasto e tecnico, si sottolinea come le analisi siano in prima approssimazione suddivisibili in 2 categorie: lineari e non lineari. Le prime sono le più comuni, e sono solitamente eseguite per la progettazione di nuove strutture. Le seconde sono più onerose, anche dal punto di vista del mero calcolo numerico, ma presentano il vantaggio di meglio cogliere il comportamento di una struttura quando sottoposta a diversi livelli di sollecitazioni. In altri termini consentono, mediante l'applicazione di forze sismiche via via maggiori, di individuare la capacità globale della struttura, ossia la forza sismica che porta al collasso la struttura e rapportarla con quella prevista dalla normativa sismica, arrivando a definire l'Indicatore di Rischio Sismico e quindi la Vulnerabilità.

Nel caso in oggetto sono state eseguite Analisi Lineari.

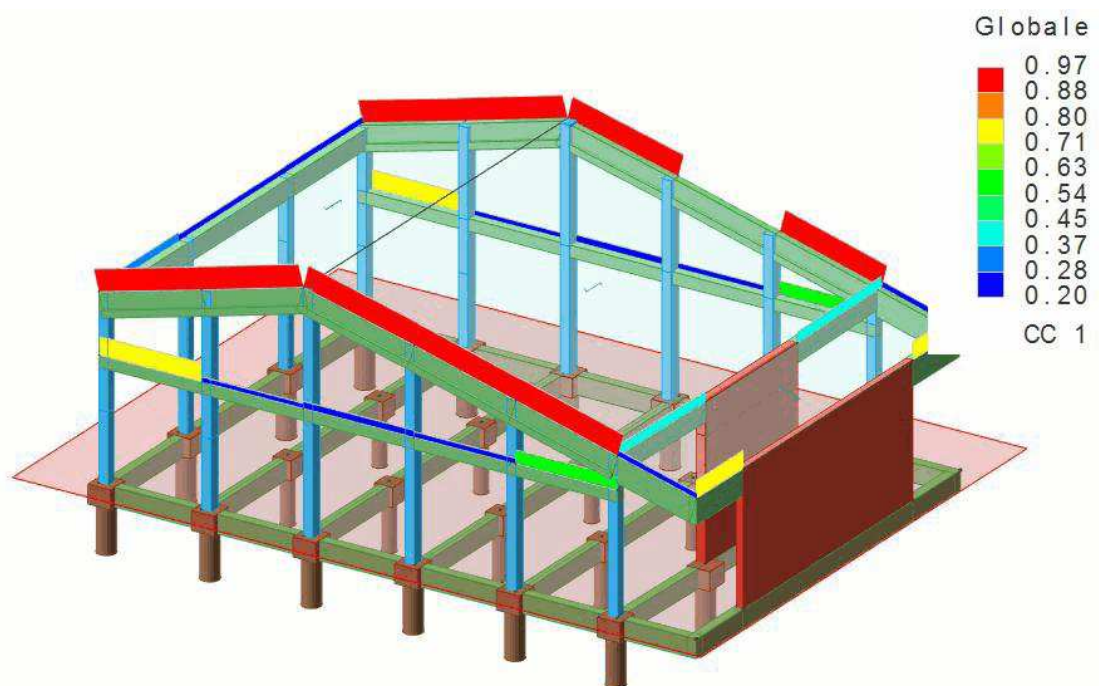
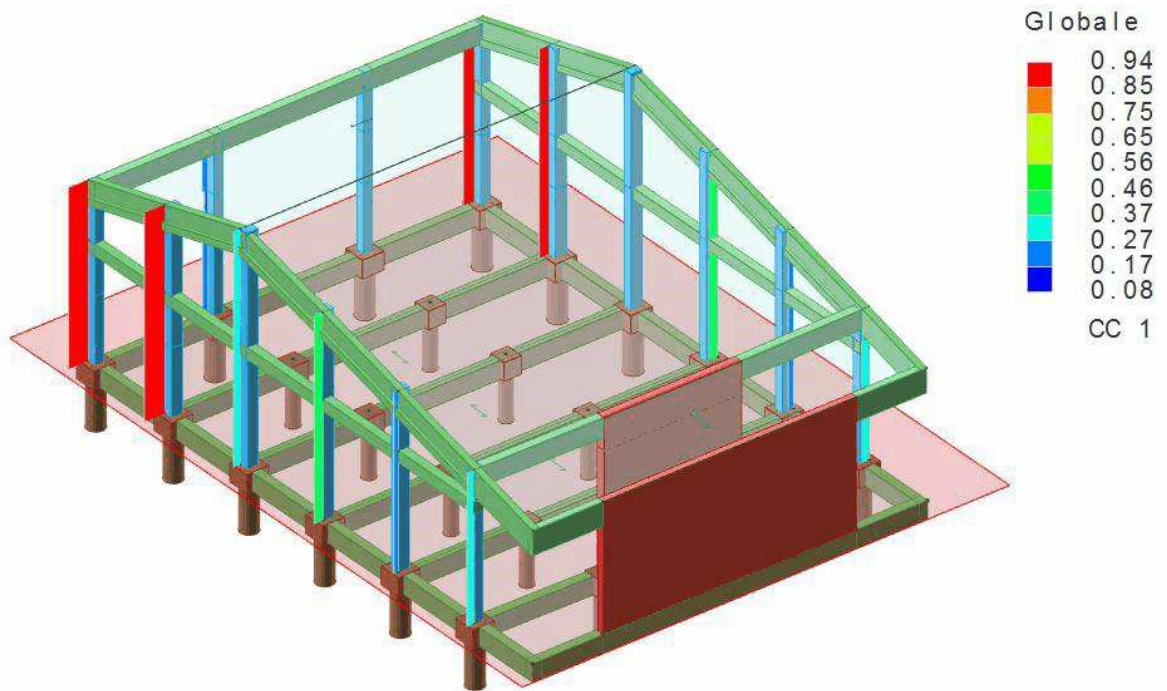
E' stata eseguita una modellazione agli elementi finiti della struttura allo stato attuale mediante il software Modest della società Tecnisoft di Prato di cui il Comune di Firenze dispone di alcune licenze per Analisi Lineari.



Mediante il modello numerico è stata effettuato sia un calcolo statico della struttura allo stato attuale, sia un calcolo con azioni sismiche.

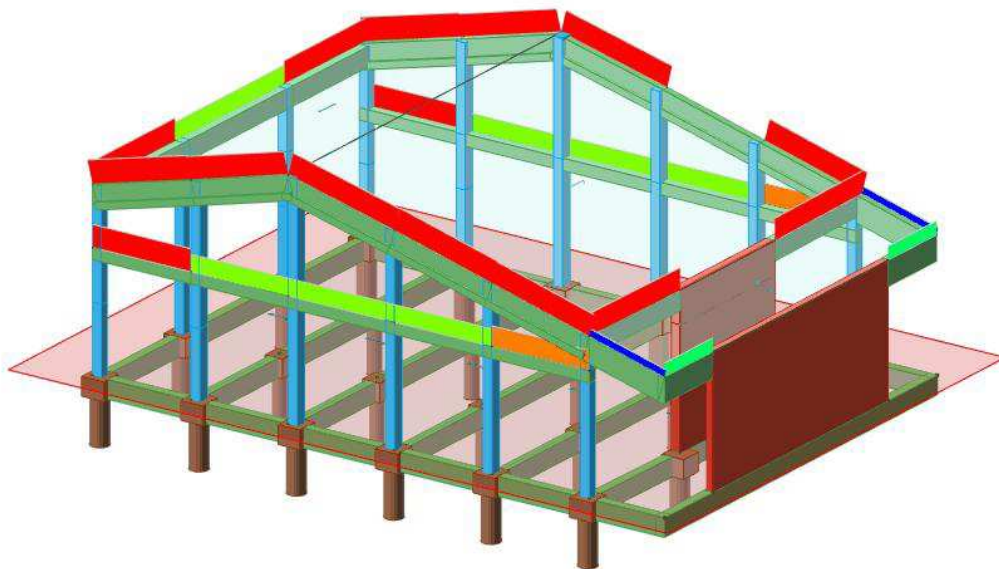
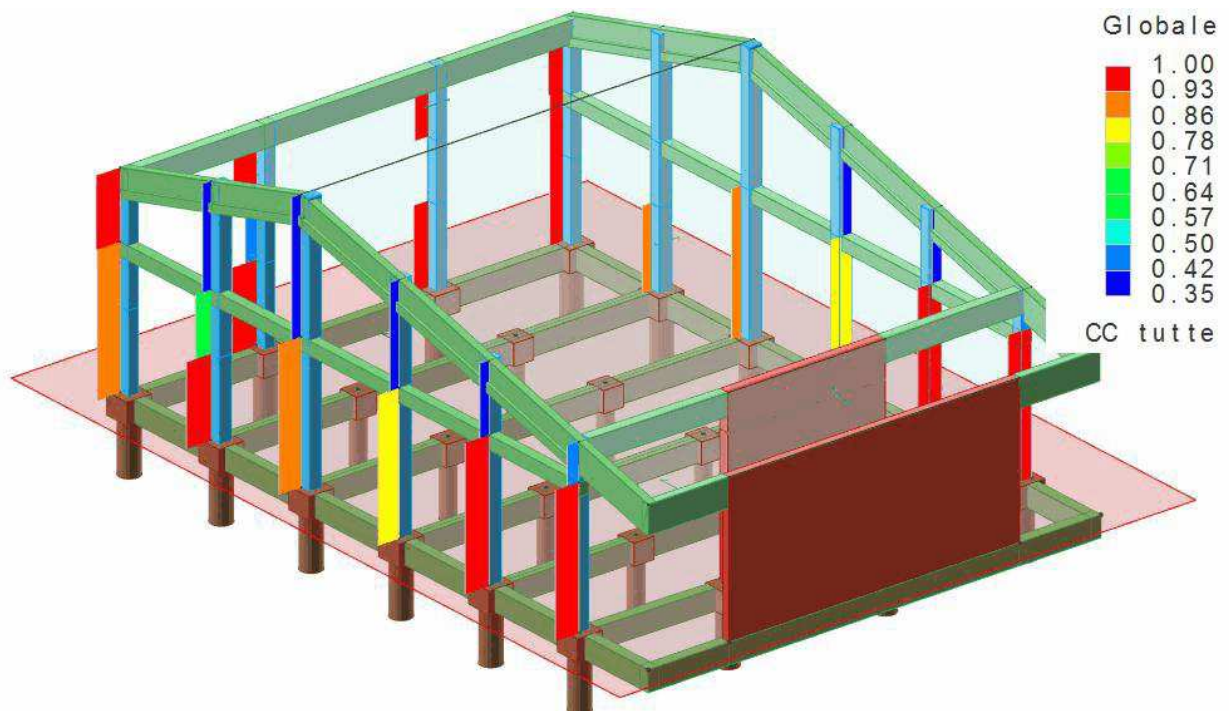
Nel primo caso (calcolo statico) la struttura è risultata verificata in ogni sua parte, mentre nel secondo caso (calcolo con azioni sismiche) vari elementi strutturali sono risultati non verificati.

Si riportano di seguito alcune schermate fornite da Modest con i tassi di sfruttamento di travi e pilastri nel caso di calcolo statico.



Si riportano di seguito alcune schermate fornite da Modest con i tassi di sfruttamento di travi e pilastri nel caso di calcolo con azioni sismiche, da cui si evince come alcuni elementi strutturali, in base alla Normativa attuale, siano sollecitati al limite ed oltre le loro capacità.





Nel caso di verifica con azioni sismiche, i pilastri non sono verificati nelle sezioni di base. Le travi a quota +5,24 e le travi di copertura non risultano verificate. Le strutture di fondazione non presentano problematiche di sorta.

### **Proposta di interventi di adeguamento**

Al fine di migliorare la risposta sismica globale della struttura è prevista l'introduzione di strutture di controvento in acciaio, che consentono la regolarizzazione del comportamento modale della struttura, resa allo stato attuale fortemente asimmetrica dalla coppia di setti



da un solo lato in una direzione. Inoltre si prevede l'ottenimento di un impalcato rigido in copertura mediante la realizzazione di una soletta armata leggera.

Per quanto riguarda invece gli interventi locali, si prevede il consolidamento dei pilastri alla base mediante fasciature con fibre di carbonio (che consentono anche il miglioramento del confinamento delle armature presenti) ed il consolidamento delle varie tipologie di travi a flessione mediante pultrusi del tipo Carboplate da applicare all'intradosso delle travi ed a taglio mediante fasciature in fibra di carbonio da disporre ad U.

Il Progettista

ALLEGATI:

- Progetto strutturale originario
- Relazione sulle indagini fornita dalla 4Emme Service S.p.A.



**4 EMME Service S.p.A.**

**Prove in Sito - Laboratorio Prove Materiali**

Sede legale: Via L. Zuegg, 20 - 39100 Bolzano - ITALY

Tel. 0471/543111 - Fax 543110

[4emme@legalmail.it](mailto:4emme@legalmail.it) [www.4emme.it](http://www.4emme.it)

Sistema Qualità ISO 9001:2008 certificato RINA nr. 6441/01/S

**INDAGINI SU STRUTTURE IN C.A**  
***SCUOLA GUICCIARDINI***  
**VIA E.R. DE MONTALVO,1- FIRENZE (FI)**

**PROVE n. 1290 – 1291 e 1292/FI**

**31 gennaio e 1 febbraio 2017**

Committente:

**Comune di Firenze**

Comune di Firenze:

**dott. ing. Andrea Lombardi**

Responsabile P.O. immobili

scolastici e interventi per la sicurezza: **dott. ing. Lorenzo Boganini**

Relatore:

**dott. ing. Luca Fianchisti**



***Scuola Guicciardini – Firenze (FI)***

Rif: FI-010-17

Calenzano, 17 marzo 2017

C.F./P.I. IT 01288130212	Cap. Soc. 500.000,00 Euro	R.E.A. - BZ 111601	CASSA CENTRALE RAIFFEISEN BZ IT49 B 03493 11600 000300027138		
Bolzano 0471-543111	Firenze 055-461000	Padova 049-8020707	Torino 011-7706023	<b>Laboratori Autorizzati</b>	
Bologna 051-6346808	Genova 010-586195	Palermo 091-6703629	Treviso 0438-990200	Bolzano 0471-543111	
Cagliari 070-490732	Milano 02-40092545	Piacenza 0523-755849	Verona 045-8004278	Milano 02-40092545	
Como 031-305253	Modena 059-395414	Roma 06-71546992			

## INDICE

1. PREMESSA.....	3
1.1 Descrizione della struttura .....	3
2. DESCRIZIONE DELLA STRUMENTAZIONE.....	7
3. CAROTAGGI – Prova n.1290/FI .....	11
3.1 Risultati prove di laboratorio.....	11
4. INDAGINE PACOMETRICA – Prova n.1291/FI .....	13
5. INDAGINE CON MICRODUROMETRO – Prova n. 1292/FI.....	25
6. PRELIEVO DI BARRE DI ARMATURA.....	27

## 1. PREMESSA

La Società *4 EMME Service S.p.A.*, specializzata nell'esecuzione di prove di carico e indagini sperimentali su strutture in sito, è stata incaricata dal **Comune di Firenze** di effettuare una serie di indagini sulle strutture in c.a. della Scuola Guicciardini ubicata in Via di E.R.De Montalvo 1, nel Comune di Firenze (FI).

Nel complesso sono state eseguite le seguenti indagini:

- 5 carotaggi;
- 41 indagini pacometriche;
- 5 indagini con microdurometro;
- 1 prelievo di armatura.

Attraverso queste indagini si intende verificare le proprietà qualitative e meccaniche del calcestruzzo e dell'acciaio.

La scelta degli elementi da sottoporre a verifica, le modalità di rilevazione ed i punti di misura sono stati preventivamente indicati dalla committenza.

Le prove sono state eseguite i giorni **31 gennaio e 1 febbraio 2017**.

All'esecuzione delle prove hanno assistito:

dott. ing.	A. Lombardi	Comune di Firenze;
sig.ra	M. Lo Re	Studente Facoltà di Ingegneria di Firenze;

e per la *4 EMME Service S.p.A.*:

dott. ing.	L. Fianchisti;
geom.	S. Bertocci;
geom.	J. Bertocci.

### 1.1 Descrizione della struttura

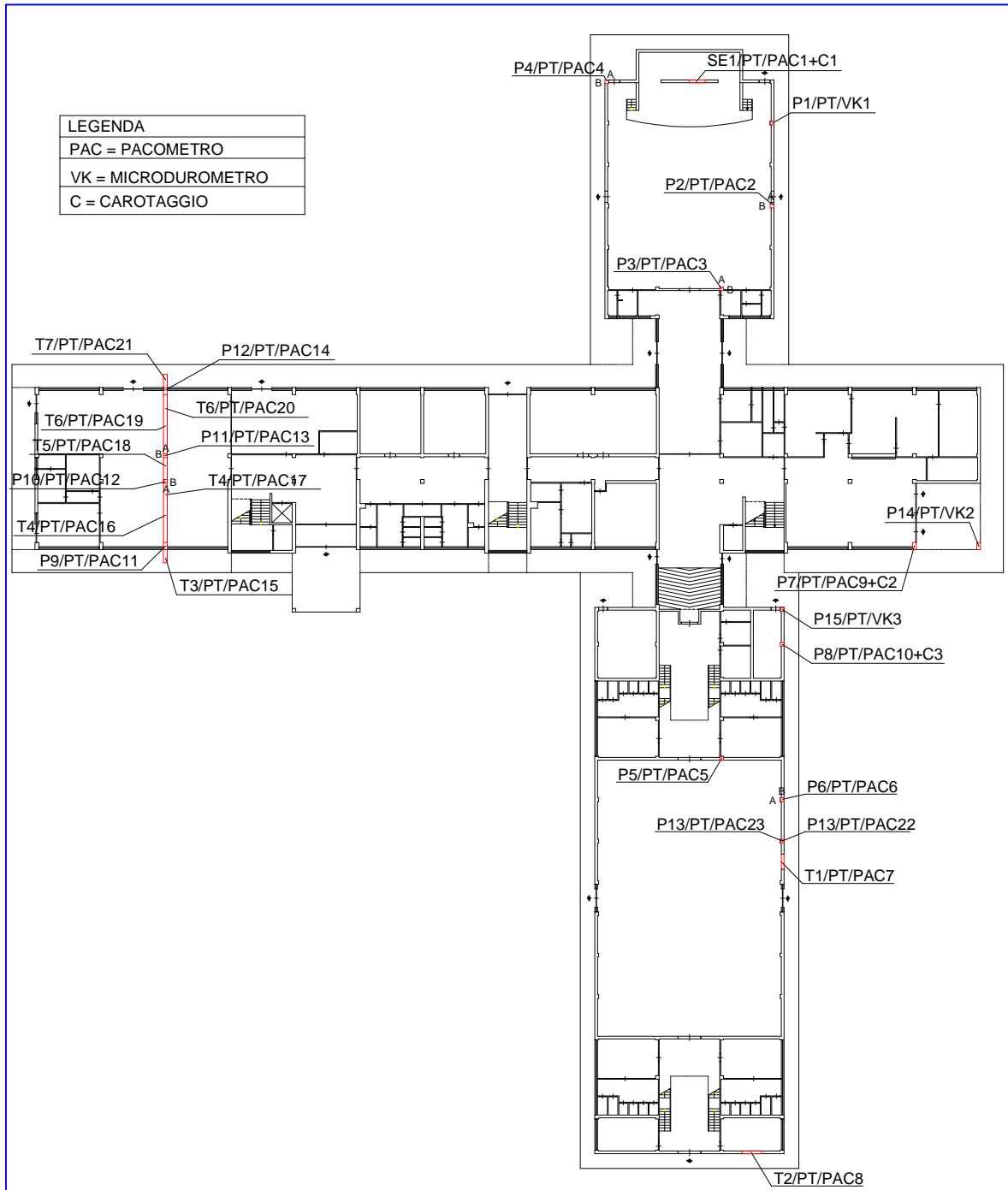
La struttura oggetto d'indagine è un edificio scolastico con struttura portante in c.a. composto da un unico corpo di fabbrica che si sviluppa su tre piani fuori terra.

Le indagini eseguite hanno riguardato gli elementi portanti in c.a. del piano terra, piano primo, piano secondo e piano sottotetto.

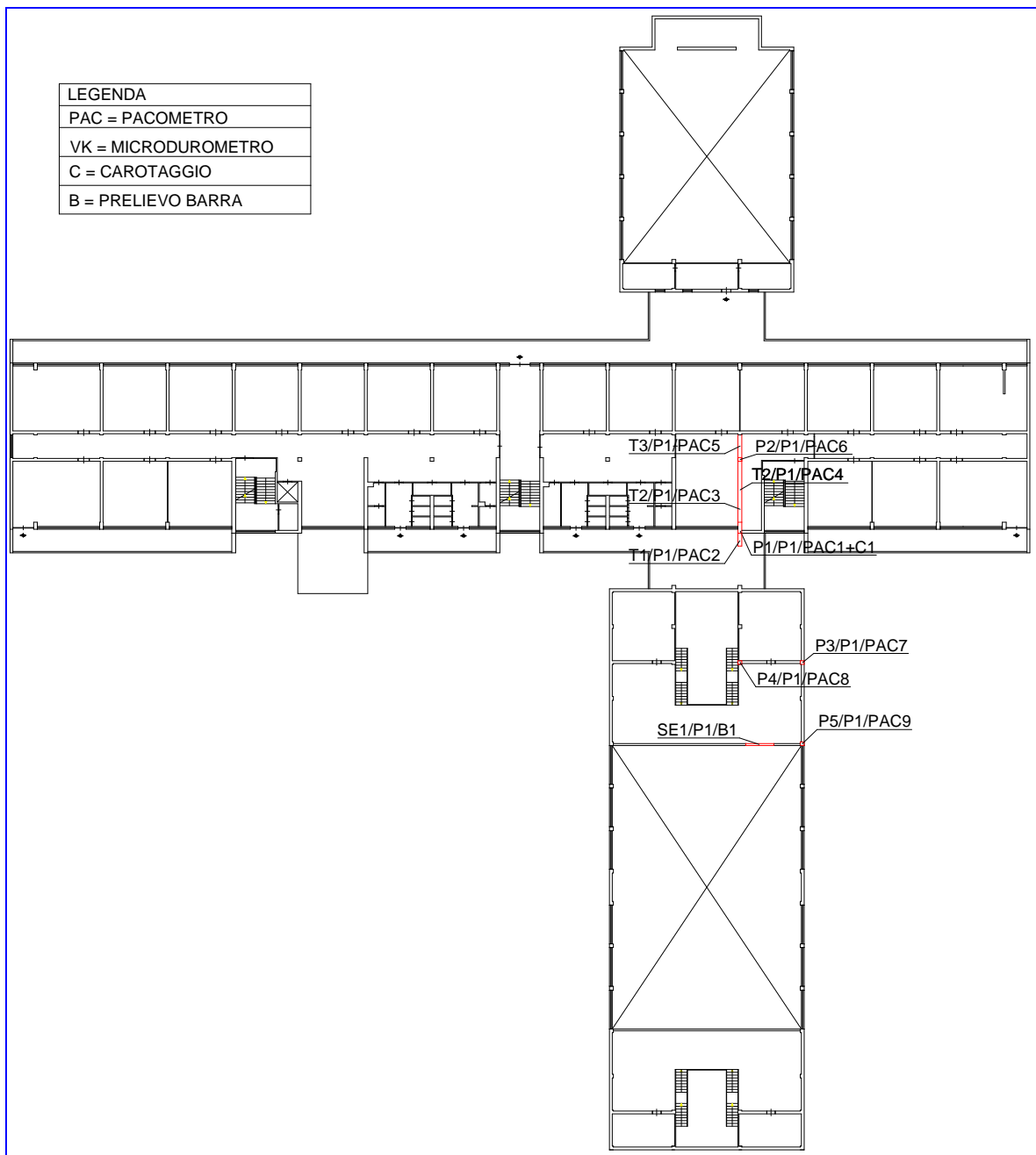


Di seguito si riportano le planimetrie dell'edificio con l'ubicazione delle indagini eseguite. La classificazione delle indagini è stata indicata nel modo seguente:

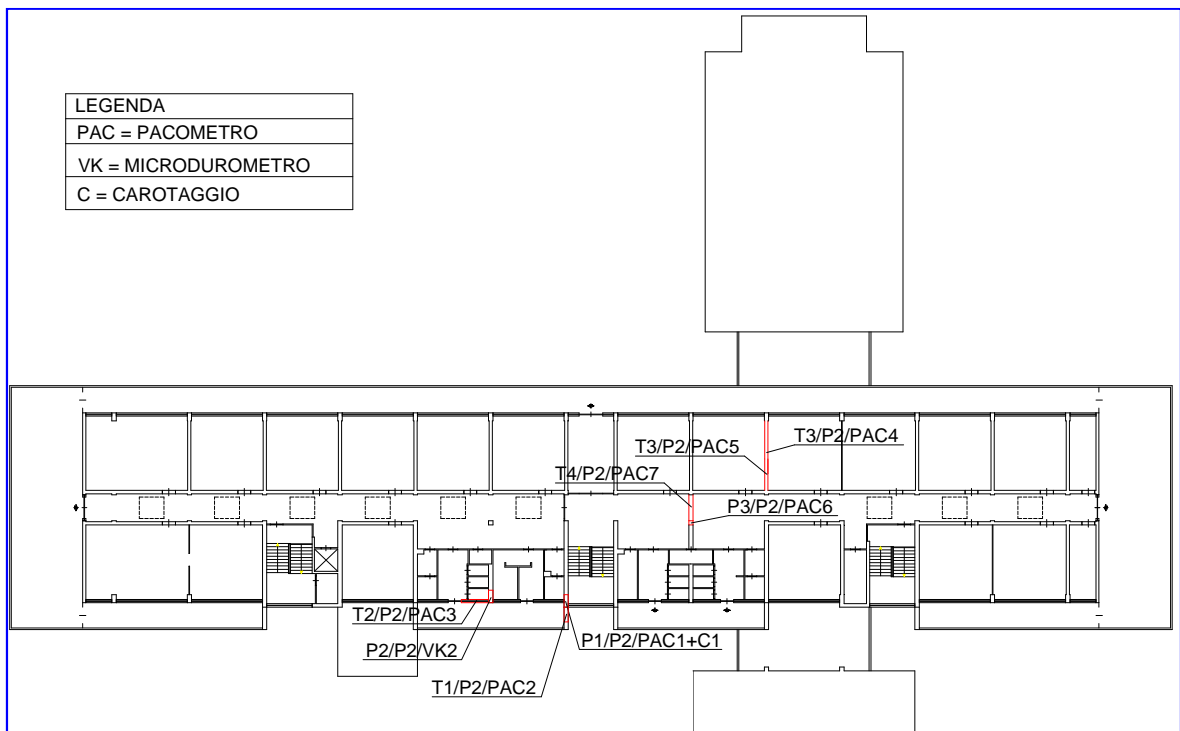
- la prima sigla P, T, SE sta ad indicare la tipologia dell'elemento (pilastro, trave o setto);
- la seconda sigla PT, P1, P2, PS, sta ad indicare il piano dove è stata eseguita l'indagine (piano terra, piano primo, piano secondo, piano sottotetto);
- la terza sigla PAC, VK, C, B, sta ad indicare la tipologia di indagine eseguita (pacometro, microdurometro, carotaggio, prelievo di barra).



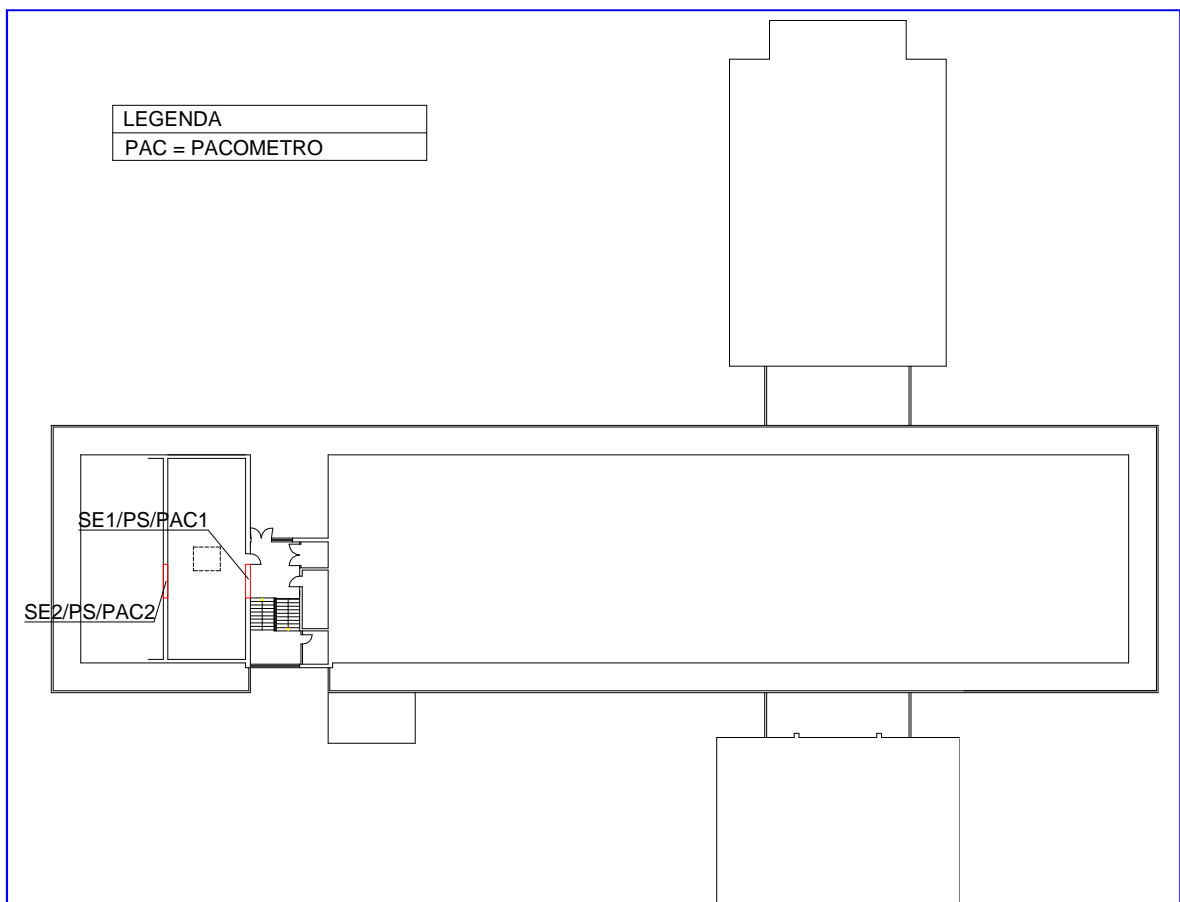
**Planimetria piano terra**



**Planimetria piano primo**



**Planimetria piano secondo**



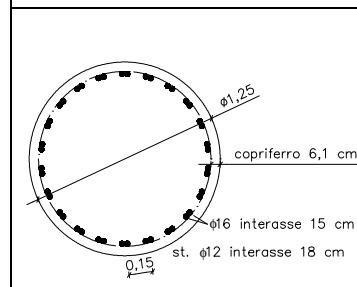
**Planimetria piano sottotetto**

## 2. DESCRIZIONE DELLA STRUMENTAZIONE

### Pacometro

Lo scopo della prova è quello di determinare la posizione delle armature, lo spessore del copriferro e, con buona approssimazione, il diametro dei ferri facendo scorrere lungo la superficie mediante una sonda emettitrice di campo magnetico collegata ad un'unità di elaborazione digitale ed acustica.

Questo tipo di rilevazione è particolarmente utile per l'esecuzione delle altre prove come il carotaggio ed il Pull-out, che necessitano di evitare le armature.



### PROCEDURA

- Posizionare la sonda con l'asse longitudinale nella direzione presunta delle barre.
- Muovere la sonda nella direzione presunta delle sbarre e verificare se è quella effettiva. La sonda infatti emette un segnale di diversa intensità a seconda che il tondino rilevato corra parallelamente alla sonda o perpendicolarmente.
- Accertato di muoversi nella corretta direzione, tracciare, man mano che si scansiona la superficie, la mappa dei ferri di armatura rilevati tramite un gesso colorato.
- Usare le manopole dello strumento per settarlo correttamente e ripassare dove segnato col gessetto per determinare la profondità del copriferro.

- Muovere nuovamente le manopole e passare nuovamente lo strumento nei punti contrassegnati dal gessetto al fine di rilevare in più punti il diametro dei ferri d'armatura.
- Trascrivere le misure rilevate in diversi punti e calcolare i valori medi del diametro delle armature rilevate, il loro passo e la profondità del copriferro.

### RIFERIMENTI

UNI 7997

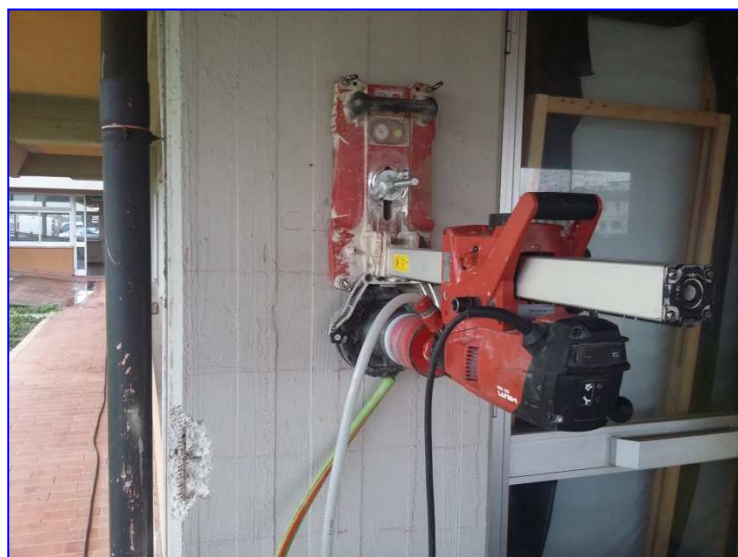
Bibliografia: (7), (41)



## Carotaggio

Lo scopo di questa indagine è di fornire al laboratorio il provino da sottoporre a prova di compressione per determinare la R.m.c. e verificare, ed eventualmente correggere, i risultati ottenuti con metodi non distruttivi.

Dalla prova sulla carota si potrà ricavare il modulo elastico e lo spessore della carbonatazione.



## PROCEDURA

- Il punto di carotaggio deve essere verificato con il pacometro per evitare di tagliare armature fondamentali, cavi elettrici o telefonici. Nel caso venga riscontrata la presenza di un elemento estraneo al calcestruzzo, e non individuato precedentemente, la prova va interrotta.
- La strumentazione utilizzata è un carotatore di diametro 112 o 92 mm.
- Scegliere l'utensile necessario per il carotaggio con un diametro pari ad almeno tre volte il diametro massimo dell'inerte. E' importante che la lama della carota sia perfettamente affilata per evitare pericolose vibrazioni.
- La carotatrice va fissata con accuratezza e perfettamente ortogonale alla superficie di lavoro.
- Va sempre previsto il tubo per l'acqua di raffreddamento e l'aspiratore del fango di taglio.

- Una volta terminato il prelievo fotografare la carota su un piano di colore neutro insieme ad un foglio di carta ove sia indicata la posizione di estrazione ed un doppio decimetro affiancato alla carota.

## NOTE

- Da tenere presente che la forma del cilindro è regolata da UNI 12390-1 e che le correlazioni con la resistenza del cls ( $R_{ck}$ ) sono da riferirsi generalmente ad un  $R_{ck}$  cubico di lato 15 cm x 15 cm.
- Tale correlazione è paragonabile con un cilindro di diametro 15 cm ed altezza 30 cm.

## RIFERIMENTI

Norma UNI EN 12504-1

### Carbonatazione

La prova ha lo scopo di determinare la profondità di carbonatazione dello strato superficiale del calcestruzzo.

Il calcestruzzo possiede un valore di pH di circa 12,5, cosa che gli conferisce un carattere fortemente alcalino. Questa forte alcalinità costituisce una protezione naturale dell'armatura contro la corrosione.

Il calcestruzzo carbonatato è fortemente permeabile e riduce la capacità protettiva; fornisce inoltre una durezza superiore che tende ad ingannare i metodi di determinazione della resistenza a compressione misurati con sclerometro.



### PROCEDURA

- Utilizzare una carota eseguendo la prova immediatamente dopo l'estrazione ad evitare che si formi un film carbonatato superficiale.
- Pulire accuratamente con uno straccio asciutto la superficie cilindrica.
- Spalmare o nebulizzare la fenoltaleina sulla superficie, con soluzione all'1% di alcool etilico, utilizzando un pennello o un nebulizzatore.
- Misurare lo spessore di carbonatazione che risulta non reagente e di colore inalterato, facendo la media di almeno 4 punti. La parte reagente, non carbonatata, assumerà una colorazione rosso violetto.
- Nel caso di un andamento molto irregolare della linea di carbonatazione dovrà essere riportato il valore minimo e massimo.

### NOTE

- Nel caso la carota rimanga all'aria un tempo superiore ai 30 minuti, prima di procedere alla misura è necessario procedere carteggiando profondamente la superficie cilindrica per asportare il film di carbonatazione creatosi a contatto con l'aria o, preferibilmente, procedere a tagliare la carota a secco secondo un piano normale alla superficie esposta.
- In mancanza di carota la norma consente l'uso di frammenti, prelevati per distacco forzato, tagliati a secco secondo un piano normale alla superficie esposta.
- La registrazione della misura va corredata di una foto dove sarà evidenziato l'adesivo con la scritta di provenienza della carota.

**RIFERIMENTI**  
UNI EN 14630

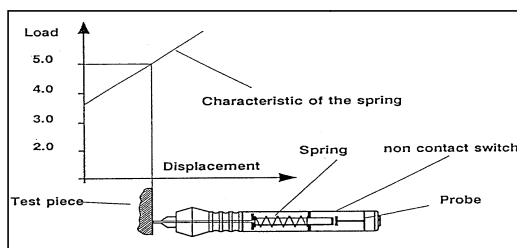
### Microdurometro

L'indagine tramite microdurometro Vickers ha lo scopo di ottenere una valutazione della resistenza meccanica a trazione dell'acciaio, eseguendo un controllo della durezza mediante l'utilizzo di un microdurometro portatile. La valutazione dell'impronta Vickers viene effettuata per via elettronica con il metodo UCI.



#### • PROCEDURA

Il penetratore, costituito dalla piramide Vickers, è montato sull'estremità di una barretta metallica che viene eccitata a vibrare longitudinalmente con una frequenza di 78 kHz. Nel contatto tra il diamante Vickers e l'elemento, la frequenza subisce una variazione che dipende dalla superficie dell'impronta che, a sua volta, costituisce una misura della durezza del materiale in prova.



- Preparare l'area d'indagine eliminando la vernice e lucidandola con carta abrasiva di grana 400.
- Premere la punta di diamante sulla superficie dell'acciaio producendo un'impronta; in questo modo si carica progressivamente una molla

elicoidale contenuta nel corpo della sonda. Quando il carico ha raggiunto un valore corrispondente a quello di misura lo strumento rileva automaticamente la misura dell'impronta e la memorizza.

- Attraverso i valori di durezza Vickers (HV) ottenuti, calcolare la resistenza a trazione:

$$R_t = Brinell \cdot 3,55 \quad \text{se Brinell} \leq 175$$

$$R_t = Brinell \cdot 3,338 \quad \text{altrimenti}$$

dove:

$R_t$  = singole resistenze a trazione;  
*Brinell* = durezza Brinell pari a 0,95 HV.

La resistenza a rottura per trazione caratteristica si ottiene dalla formula seguente:

$$R_{tk} = R_{tm} - n \cdot SQ$$

dove:

$R_{tm}$  = valore medio di tutti i risultati;  
 $n$  = coefficiente funzione del numero di prove;  
 SQ = scarto quadratico medio.

#### RIFERIMENTI

Norma DIN 50157 / ASTM-A1038



### 3. CAROTAGGI – Prova n.1290/FI

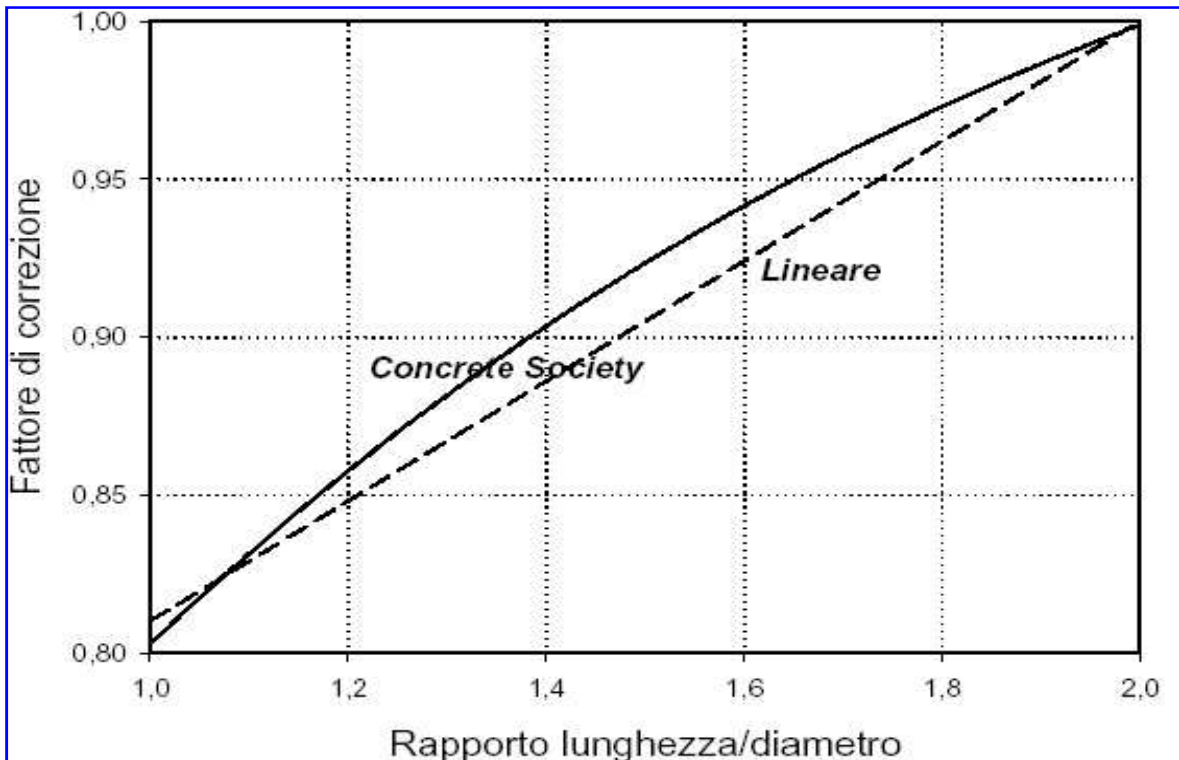
#### 3.1 Risultati prove di laboratorio

Le carote sono state tagliate e rettificate presso il Laboratorio Prove Materiali 4 EMME Service S.p.A. con prove di schiacciamento condotte in base alla normativa UNI EN 12390-3, e con Certificato n°10092 del 07/02/2017.

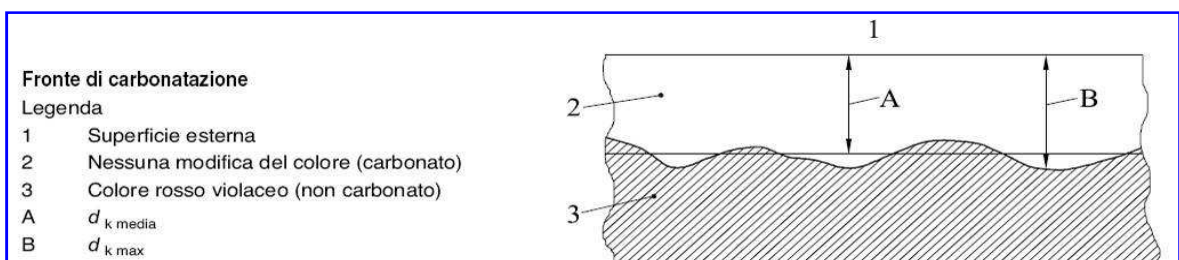


I valori della resistenza cubica sono ottenuti seguendo le prescrizioni delle “Linee Guida” del Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici del febbraio 2008 che riportano quanto segue :

“Tenuto conto che, per un campione cilindrico avente rapporto altezza-diametro pari a 2, vale la relazione:  $R_{cubica} = 1,25 R_{cilindrica}$ , per valori intermedi si può fare riferimento ad un fattore di correzione della resistenza cilindrica in funzione del rapporto lunghezza – diametro”, riportato nel grafico sottostante.



*Fattori di correzione della resistenza cilindrica in funzione del rapporto lunghezza-diametro dei provini*



*Misurazione fronte di carbonatazione secondo UNI EN 14630*



Nella tabella seguente sono riportati i risultati delle prove di resistenza a compressione effettuate sulle carote prelevate e la misura della carbonatazione.

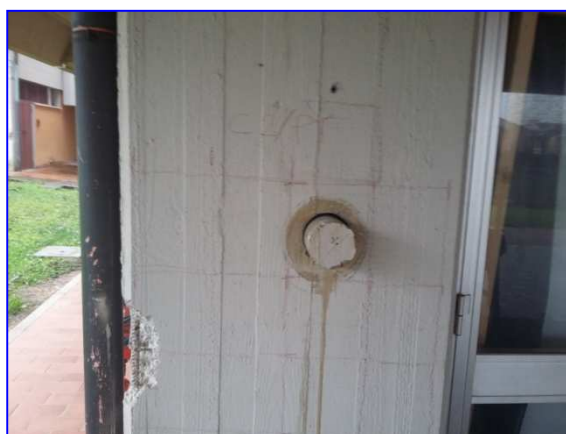
Sez.	Elemento Posizione	h/d	R cil [Mpa]	R cub [Mpa]	Carbonatazione [mm]		Note*
					dk media	dk max	
C1/PT	Setto auditorium piano terra	2/1	15,6	19,5	70	75	N.P.
C2/PT	Pilastro esterno piano terra	2/1	17,3	21,6	60	65	N.P.
C3/PT	Pilastro esterno piano terra	2/1	36,9	46,1	10	10	N.P.
C1/P1	Pilastro esterno piano primo	2/1	18,3	22,9	55	55	N.P.
C1/P2	Pilastro esterno piano secondo	2/1	18,9	23,6	45	50	N.P.

(\*) N.P. = carotaggio non passante ; P = carotaggio passante

Di seguito si riportano alcune immagini dei carotaggi effettuati.



*Esecuzione carotaggio*



*Estrazione carota*



*Carote prelevate*

#### 4. INDAGINE PACOMETRICA – Prova n.1291/FI

Di seguito si riportano i risultati delle indagini pacometriche effettuate.

##### Piano Terra

<b>SE1/PT/PAC1</b>	
<b>DESCRIZIONE ELEMENTO</b>	Setto
<b>ARMATURE VERTICALI RILEVATE</b>	barre Ø10 mm, passo medio 25,0 cm – copriferro medio 3,5 cm
<b>ARMATURE ORIZZONTALI RILEVATE</b>	barre Ø20 mm passo medio 40,0 cm – copriferro medio 2,0 cm ÷ 2,5 cm

<b>P2/PT/PAC2</b>	
<b>DIMENSIONI ELEMENTO</b>	Lato A 40,0 cm, presenza di muro sulla faccia B. sulla faccia B il pilastro sporge dal muro per 17,0 cm
<b>ARMATURE VERTICALI RILEVATE</b>	n.4 barre Ø20/22 mm sulla faccia A e n.1 barra Ø20/22 sulla faccia B, nella zona indagabile – copriferro medio 2,0 cm ÷ 2,5 cm
<b>ARMATURE TRASVERSALI RILEVATE</b>	barre Ø10 mm passo medio 20,0 cm – copriferro medio 1,0 cm

<b>P3/PT/PAC3</b>	
<b>DIMENSIONI ELEMENTO</b>	40,0 cm x 40,0 cm
<b>ARMATURE VERTICALI RILEVATE</b>	n.3 barre Ø18/20 mm su entrambe le facce – copriferro medio 5,0 cm ÷ 5,5 cm sulla faccia A e 2,3 cm sulla faccia B
<b>ARMATURE TRASVERSALI RILEVATE</b>	staffe Ø10 mm passo medio 20,0 cm – copriferro medio 4,5 cm sulla faccia A e 1,7 cm sulla faccia B

<b>P4/PT/PAC4</b>	
<b>DIMENSIONI ELEMENTO</b>	30,0 cm x 30,0 cm
<b>ARMATURE VERTICALI RILEVATE</b>	n.3 barre Ø18/20 mm su entrambe le facce – copriferro medio 4,5 cm sulla faccia A e 1,3 cm sulla faccia B
<b>ARMATURE TRASVERSALI RILEVATE</b>	staffe Ø8/10 mm passo medio 20,0 cm – copriferro medio 4,0 cm sulla faccia A e 1,0 cm sulla faccia B

<b>P5/PT/PAC5</b>	
<b>DIMENSIONI ELEMENTO</b>	Larghezza 40,0 cm
<b>ARMATURE VERTICALI RILEVATE</b>	n.3 barre Ø16/18 mm – copriferro medio 4,3 cm
<b>ARMATURE TRASVERSALI RILEVATE</b>	staffe Ø8 mm passo medio 20,0 cm – copriferro medio 3,7 cm

<b>P6/PT/PAC6</b>	
<b>DIMENSIONI ELEMENTO</b>	Faccia A 40,0 cm, presenza di muro sulla faccia B. Sul lato B il pilastro sporge dal muro per 15,0 cm
<b>ARMATURE VERTICALI RILEVATE</b>	n.3 barre Ø16/18 mm sulla faccia A e n.1 barra Ø16/18 mm sulla faccia B (nella zona indagabile) – copriferro medio 4,7 cm
<b>ARMATURE TRASVERSALI RILEVATE</b>	staffe Ø8 mm passo medio 20,0 cm – copriferro medio 3,5 cm ÷ 4,0 cm

<b>T1/PT/PAC 7</b>	
<b>DESCRIZIONE ELEMENTO</b>	Trave visibile solo sulla faccia laterale
<b>ARMATURE LONGITUDINALI RILEVATE</b>	n.4 barre Ø14 mm sulla faccia laterale – copriferro medio 4,5 cm ÷ 5,0 cm
<b>ARMATURE TRASVERSALI RILEVATE</b>	staffe Ø10 mm passo medio 20,0 cm – copriferro medio 4,0 cm

<b>T2/PT/PAC 8</b>	
<b>DIMENSIONI ELEMENTO</b>	Larghezza 40,0 cm – Altezza 260,0 cm
<b>ARMATURE ORIZZONTALI RILEVATE</b>	Presenza di infisso all'intradosso che impedisce il rilievo di ulteriori barre. Nella zona indagata n.2 barre Ø10/14 mm all'intradosso. Sulla faccia laterale l'elemento è armato come un setto con passo delle barre 25,0 cm ÷ 30,0 cm – copriferro medio 3,5 cm sulla faccia laterale e 2,3 cm all'intradosso
<b>ARMATURE VERTICALI RILEVATE</b>	barre Ø10 mm passo medio 20,0 cm – copriferro medio 2,0 cm su entrambe le facce

<b>P7/PT/PAC9</b>	
<b>DIMENSIONI ELEMENTO</b>	Larghezza 40,0 cm – Profondità 80,0 cm
<b>ARMATURE VERTICALI RILEVATE</b>	n.5 barre a.m. Ø18 mm sulla faccia lato lungo e n.2 barre a.m. Ø18 mm sulla faccia lato corto. Presenza di gronda sulla faccia lato corto che impedisce il rilievo di ulteriori barre – copriferro medio 3,5 cm ÷ 4,0 cm sulla faccia lato lungo e 2,0 cm ÷ 2,5 cm sulla faccia lato corto
<b>ARMATURE TRASVERSALI RILEVATE</b>	Staffe a.m. Ø6 mm passo medio 20,0 cm – copriferro medio 3,0 cm ÷ 3,5 cm sulla faccia lato lungo e 1,5 cm ÷ 2,0 cm sulla faccia lato corto

<b>P8/PT/PAC10</b>	
<b>DIMENSIONI ELEMENTO</b>	Larghezza 40,0 cm
<b>ARMATURE VERTICALI RILEVATE</b>	n.3 barre Ø12/14 mm – copriferro medio 3,5 cm ÷ 4,0 cm
<b>ARMATURE TRASVERSALI RILEVATE</b>	staffe Ø8 mm passo medio 20,0 cm – copriferro medio 3,0 cm ÷ 3,5 cm

<b>P9/PT/PAC11</b>	
<b>DIMENSIONI ELEMENTO</b>	Larghezza 40,0 cm – Profondità 80,0 cm
<b>ARMATURE VERTICALI RILEVATE</b>	n.5 barre sulla faccia lato lungo che misurano Ø18 mm quelle esterne e Ø12 mm quelle interne; n.2 barre Ø18 mm sulla faccia lato lungo – copriferro medio 3,5 cm ÷ 4,0 cm su entrambe le facce
<b>ARMATURE TRASVERSALI RILEVATE</b>	staffe Ø8 mm passo medio 20,0 cm – copriferro medio 3,0 cm su entrambe le facce

<b>P10/PT/PAC12</b>	
<b>DIMENSIONI ELEMENTO</b>	40,0 cm x 40,0 cm
<b>ARMATURE VERTICALI RILEVATE</b>	n.4 barre Ø16/18 mm sulla faccia A n.2 barre Ø16/18 mm sulla faccia B – copriferro medio 3,5 cm ÷ 4,0 cm su entrambe le facce
<b>ARMATURE TRASVERSALI RILEVATE</b>	staffe Ø8 mm passo medio 20,0 cm – copriferro medio 3,0 cm ÷ 3,5 cm su entrambe le facce

<b>P11/PT/PAC13</b>	
<b>DIMENSIONI ELEMENTO</b>	40,0 cm x 40,0 cm
<b>ARMATURE VERTICALI RILEVATE</b>	n.4 barre Ø16/18 mm sulla faccia A n.2 barre Ø16/18 mm sulla faccia B – copriferro medio 3,0 cm ÷ 4,0 cm su entrambe le facce
<b>ARMATURE TRASVERSALI RILEVATE</b>	staffe Ø8 mm, passo medio 20,0 cm – copriferro medio 2,5 cm ÷ 3,0 cm entrambe le facce

<b>P12/PT/PAC14</b>	
<b>DIMENSIONI ELEMENTO</b>	Larghezza 40,0 cm – Profondità 80,0 cm
<b>ARMATURE VERTICALI RILEVATE</b>	n.5 barre sulla faccia lato lungo, Ø18 mm le barre esterne e Ø12 mm le barre interne; n.2 barre Ø18 mm sulla faccia corto – copriferro medio 4,0 cm ÷ 4,5 cm sulla faccia lato lungo e 3,0 cm ÷ 3,5 cm sulla faccia lato corto
<b>ARMATURE TRASVERSALI RILEVATE</b>	staffe Ø8 mm passo medio 20,0 cm – copriferro medio minore di 4,0 cm sulla faccia lato lungo e 2,5 cm sulla faccia lato corto

<b>T3/PT/PAC 15</b>	
<b>DIMENSIONI ELEMENTO</b>	Larghezza 40,0 cm – Altezza 45,0 cm. L'altezza diventa 50,0 cm a 1,40 m dal pilastro
<b>ARMATURE LONGITUDINALI RILEVATE</b>	n.4 barre Ø16 mm all'intradosso nella sezione di trave con altezza minore e n.2 barre Ø16 mm nella sezione di trave con altezza maggiore; n.1 barra Ø16 mm sulla faccia laterale – copriferro medio 5,5 cm all'intradosso e 2,7 cm sulla faccia laterale
<b>ARMATURE TRASVERSALI RILEVATE</b>	staffe Ø8/10 mm passo medio 30,0 cm – copriferro medio minore di 1,3 cm sia all'intradosso che sulla faccia laterale



<b>T4/PT/PAC 16</b>	
<b>DIMENSIONI ELEMENTO</b>	Larghezza 40,0 cm – Altezza 50,0 cm. Rilievo eseguito in mezzeria della trave
<b>ARMATURE LONGITUDINALI RILEVATE</b>	n.4 barre Ø16/18 mm all'intradosso e n.2 barre Ø16/18 mm sulla faccia laterale – copriferro medio 2,5 cm all'intradosso e 5,0 cm sulla faccia laterale
<b>ARMATURE TRASVERSALI RILEVATE</b>	staffe Ø8/10 mm passo medio 25,0 cm – copriferro medio minore di 1,3 cm all'intradosso e 3,0 cm sulla faccia laterale

<b>T4/PT/PAC 17</b>	
<b>DIMENSIONI ELEMENTO</b>	Larghezza 40,0 cm – Altezza 50,0 cm. Rilievo eseguito all'appoggio della trave
<b>ARMATURE LONGITUDINALI RILEVATE</b>	n.4 barre Ø16/18 mm all'intradosso e n.2 barre Ø16/18 mm sulla faccia laterale – copriferro medio 1,7 cm all'intradosso e 5,3 cm sulla faccia laterale
<b>ARMATURE TRASVERSALI RILEVATE</b>	staffe Ø8/10 mm passo medio 25,0 cm – copriferro medio minore di 1,3 cm all'intradosso e 4,7 cm sulla faccia laterale

<b>T5/PT/PAC 18</b>	
<b>DIMENSIONI ELEMENTO</b>	Larghezza 40,0 cm – Altezza 50,0 cm. Rilievo eseguito in mezzeria della trave
<b>ARMATURE LONGITUDINALI RILEVATE</b>	n.4 barre Ø16/18 mm all'intradosso e n.2 barre Ø16/18 mm sulla faccia laterale – copriferro medio 1,5 cm all'intradosso e 5,0 cm sulla faccia laterale
<b>ARMATURE TRASVERSALI RILEVATE</b>	staffe Ø8/10 mm passo medio 25,0 cm – copriferro medio minore di 1,3 cm all'intradosso e 4,5 cm sulla faccia laterale

<b>T6/PT/PAC 19</b>	
<b>DIMENSIONI ELEMENTO</b>	Larghezza 40,0 cm – Altezza 50,0 cm. Rilievo eseguito in mezzeria della trave
<b>ARMATURE LONGITUDINALI RILEVATE</b>	n.4 barre Ø16/18 mm all'intradosso e n.2 barre Ø16/18 mm sulla faccia laterale – copriferro medio 2,0 cm all'intradosso e 3,7 cm sulla faccia laterale
<b>ARMATURE TRASVERSALI RILEVATE</b>	staffe Ø8/10 mm passo medio 30,0 cm – copriferro medio minore di 1,3 cm all'intradosso e 2,3 cm sulla faccia laterale

<b>T6/PT/PAC 19</b>	
<b>DIMENSIONI ELEMENTO</b>	Trave con sezione a L. Larghezza intradosso parte ricalata 40,0 cm – Larghezza intradosso parte a quota solaio 36,0 cm – Altezza 50,0 cm. Rilievo eseguito in mezzeria della trave.
<b>ARMATURE LONGITUDINALI RILEVATE</b>	n.4 barre Ø16/18 mm all'intradosso nella parte ricalata, n.2 barre Ø16/18 mm sulla faccia laterale e n.2 barre Ø16/18 mm all'intradosso a quota solaio – copriferro medio 2,0 cm all'intradosso e 3,5 cm sulla faccia laterale
<b>ARMATURE TRASVERSALI RILEVATE</b>	staffe Ø8/10 mm passo medio 30,0 cm – copriferro medio minore di 1,3 cm all'intradosso e 2,3 cm sulla faccia laterale

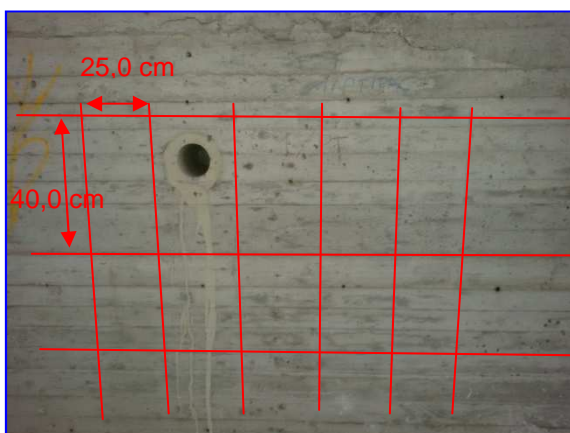
<b>T6/PT/PAC 20</b>	
<b>DIMENSIONI ELEMENTO</b>	Trave con sezione a L. Larghezza intradosso parte ricalata 40,0 cm – Larghezza intradosso parte a quota solaio 36,0 cm – Altezza 50,0 cm. Rilievo eseguito all'appoggio della trave.
<b>ARMATURE LONGITUDINALI RILEVATE</b>	n.4 barre Ø16/18 mm all'intradosso nella parte ricalata, n.2 barre Ø16/18 mm sulla faccia laterale e n.2 barre Ø16/18 mm all'intradosso a quota solaio – copriferro medio 2,0 cm all'intradosso e 5,0 cm sulla faccia laterale
<b>ARMATURE TRASVERSALI RILEVATE</b>	staffe Ø8/10 mm passo medio 30,0 cm – copriferro medio minore di 1,3 cm all'intradosso e 4,5 cm sulla faccia laterale

<b>T7/PT/PAC 21</b>	
<b>DIMENSIONI ELEMENTO</b>	Larghezza 40,0 cm – Altezza 45,0 cm. L'altezza diventa 50,0 cm a 1,40 m dal pilastro
<b>ARMATURE LONGITUDINALI RILEVATE</b>	n.4 barre Ø16 mm all'intradosso nella sezione di trave con altezza minore e n.2 barre Ø16 mm nella sezione di trave con altezza maggiore; n.1 barra Ø16 mm sulla faccia laterale – copriferro medio 2,5 cm all'intradosso e 5,0 cm sulla faccia laterale
<b>ARMATURE TRASVERSALI RILEVATE</b>	staffe Ø8/10 mm passo medio 25,0 cm – copriferro medio minore di 1,3 cm all'intradosso e 2,7 cm sulla faccia laterale

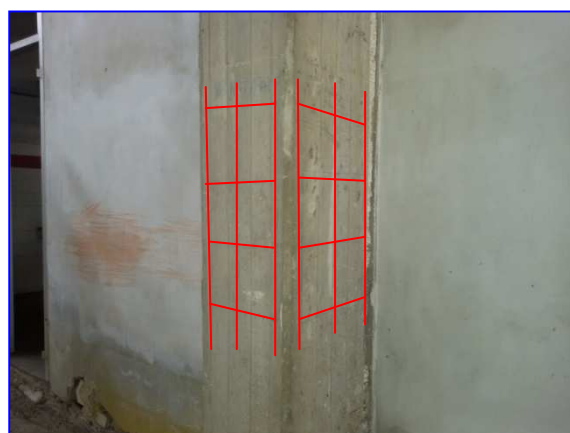
<b>P13/PT/PAC22</b>	
<b>DIMENSIONI ELEMENTO</b>	Larghezza 40,0 – Profondità 50,0 cm. Rilievo eseguito a circa 1,50 m da terra
<b>ARMATURE VERTICALI RILEVATE</b>	n.3 barre Ø18/20 mm sulla faccia lato corto e n.2 barre Ø18/20 mm sulla faccia lato lungo. Presenza di infisso sulla faccia lato lungo che impedisce il rilievo di ulteriori barre – copriferro medio 3,0 cm sulla faccia lato corto e 4,0 cm ÷ 4,5 cm sulla faccia lato lungo
<b>ARMATURE TRASVERSALI RILEVATE</b>	staffe Ø10 mm passo medio 20,0 cm – copriferro medio 2,5 cm sulla faccia lato corto e 4,0 cm sulla faccia lato lungo

<b>P13/PT/PAC23</b>	
<b>DIMENSIONI ELEMENTO</b>	Larghezza 40,0 – Profondità 50,0 cm. Rilievo eseguito a circa 2,50 m da terra
<b>ARMATURE VERTICALI RILEVATE</b>	n.3 barre Ø18/20 mm sulla faccia lato corto e n.2 barre Ø18/20 mm sulla faccia lato lungo. Presenza di infisso sulla faccia lato lungo che impedisce il rilievo di ulteriori barre – copriferro medio 2,5 cm sulla faccia lato corto e 3,5 sulla faccia lato lungo
<b>ARMATURE TRASVERSALI RILEVATE</b>	staffe Ø10 mm passo medio 20,0 cm – copriferro medio 2,0 cm sulla faccia lato corto e 3,0 cm sulla faccia lato lungo

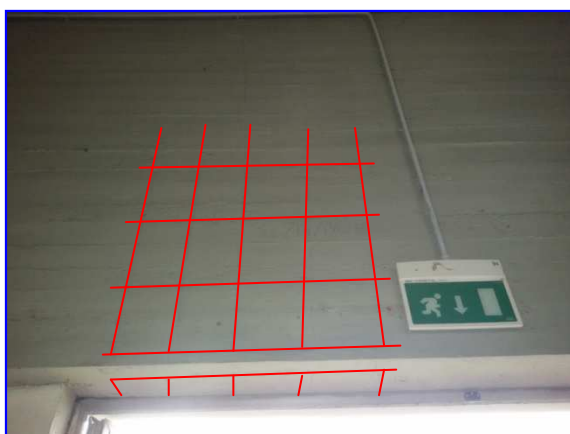
Di seguito si riportano alcune immagini delle indagini effettuate al piano terra.



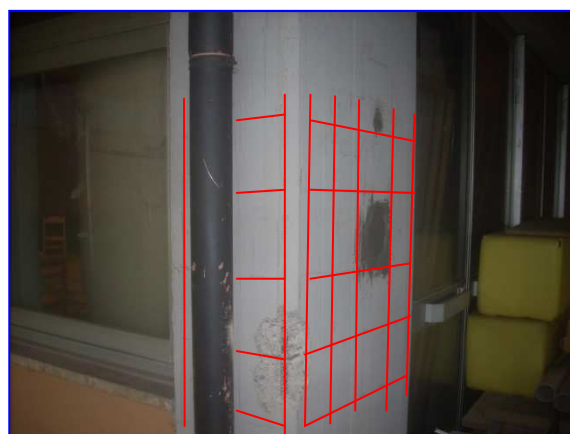
*S1/PAC1*



*P3/PAC3*



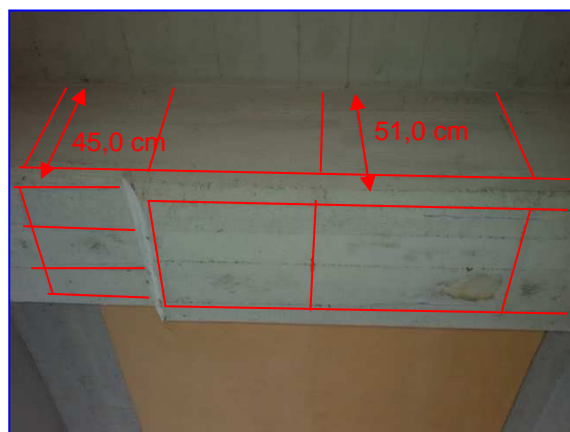
*T2/PAC8*



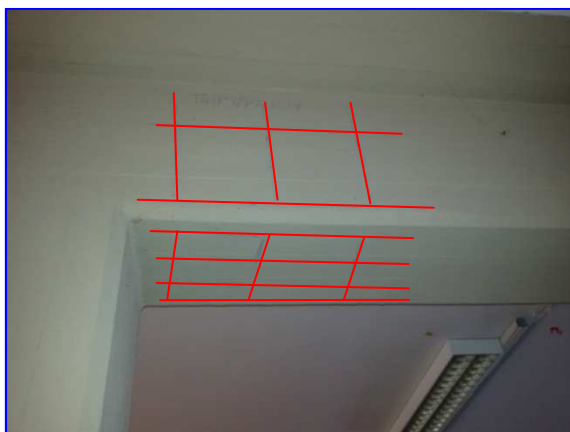
*P7/PAC9*



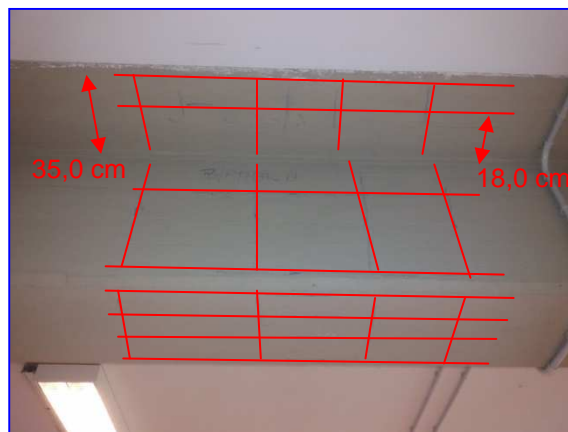
*P10/PAC12*



*T3/PAC15*



T4/PAC17



T6/PAC19

### Piano Primo

P1/P1/PAC1	
<b>DIMENSIONI ELEMENTO</b>	Larghezza 42,0 cm – Profondità 120,0 cm
<b>ARMATURE VERTICALI RILEVATE</b>	n.5 barre Ø16 mm sulla faccia lato lungo e n.2 barre Ø16 mm sulla faccia lato corto. Presenza di infisso sulla faccia lato lungo che impedisce il rilievo di eventuali barre – copriferro medio 3,4 cm sulla faccia lato lungo e 3,6 cm sulla faccia lato corto
<b>ARMATURE TRASVERSALI RILEVATE</b>	staffe Ø8 mm passo medio 17,0 cm – copriferro medio 3,3 cm su entrambe le facce

T1/P1/PAC2	
<b>DIMENSIONI ELEMENTO</b>	40,0 cm x 40,0 cm
<b>ARMATURE LONGITUDINALI RILEVATE</b>	n.4 barre a.m. Ø16 mm all'intradosso e n.1 barra a.m. Ø16 mm sulla faccia laterale (diametro rilevato eseguendo un saggio) – copriferro medio 1,5 cm all'intradosso e 3,5 cm sulla faccia laterale
<b>ARMATURE TRASVERSALI RILEVATE</b>	staffe a.m. Ø10 mm passo medio 15,0 cm – copriferro medio 1,0 cm all'intradosso e 3,0 cm sulla faccia laterale

T2/P1/PAC3	
<b>DIMENSIONI ELEMENTO</b>	40,0 cm x 50,0 cm. Rilievo eseguito all'appoggio della trave
<b>ARMATURE LONGITUDINALI RILEVATE</b>	n.4 barre Ø16/18 mm all'intradosso e n.2 barre Ø16/18 mm sulla faccia laterale – copriferro medio 1,5 cm all'intradosso e 3,0 cm ÷ 4,5 cm sulla faccia laterale
<b>ARMATURE TRASVERSALI RILEVATE</b>	staffe Ø8/10 mm passo medio 25,0 cm – copriferro medio 1,3 cm all'intradosso e 2,0 cm sulla faccia laterale



<b>T2/P1/PAC4</b>	
<b>DIMENSIONI ELEMENTO</b>	40,0 cm x 50,0 cm. Rilievo eseguito in mezzeria della trave
<b>ARMATURE LONGITUDINALI RILEVATE</b>	n.4 barre Ø16/18 mm all'intradosso e n.2 barre Ø16/18 mm sulla faccia laterale – copriferro medio 2,5 cm all'intradosso e 6,0 cm sulla faccia laterale
<b>ARMATURE TRASVERSALI RILEVATE</b>	staffe Ø8/10 mm passo medio 25,0 cm – copriferro medio 2,0 cm all'intradosso e 3,5 cm sulla faccia laterale

<b>T3/P1/PAC5</b>	
<b>DIMENSIONI ELEMENTO</b>	40,0 cm x 50,0 cm. Rilievo eseguito in mezzeria della trave
<b>ARMATURE LONGITUDINALI RILEVATE</b>	n.4 barre Ø16/18 mm all'intradosso e n.1 barra Ø16/18 mm sulla faccia laterale – copriferro medio 1,8 cm all'intradosso e 2,5 cm sulla faccia laterale
<b>ARMATURE TRASVERSALI RILEVATE</b>	staffe Ø8/10 mm passo medio 28,0 cm – copriferro medio 1,3 cm all'intradosso e 1,5 cm sulla faccia laterale

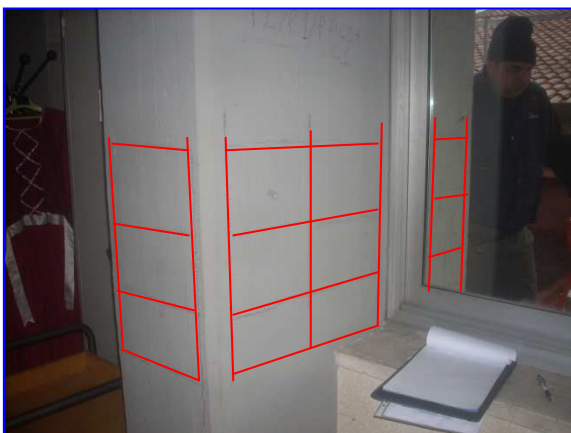
<b>P2/P1/PAC6</b>	
<b>DIMENSIONI ELEMENTO</b>	40,0 cm x 40,0 cm
<b>ARMATURE VERTICALI RILEVATE</b>	n.3 barre su entrambe le facce. Barre esterne Ø16 mm, quelle interne Ø12 mm – copriferro medio 3,5 cm ÷ 4,5 cm su entrambe le facce
<b>ARMATURE TRASVERSALI RILEVATE</b>	staffe Ø8 mm passo medio 25,0 cm – copriferro medio 3,0 cm ÷ 3,5 cm su entrambe le facce

<b>P3/P1/PAC7</b>	
<b>DIMENSIONI ELEMENTO</b>	Larghezza 60,0 cm
<b>ARMATURE VERTICALI RILEVATE</b>	n.3 barre Ø16/18 – copriferro 3,5 cm ÷ 4,5 cm
<b>ARMATURE TRASVERSALI RILEVATE</b>	staffe Ø8 mm passo medio 25,0 cm – copriferro medio 2,5 cm ÷ 3,0 cm

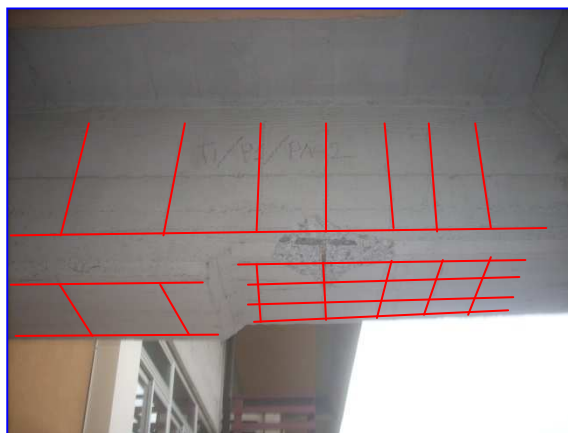
<b>P4/P1/PAC8</b>	
<b>DIMENSIONI ELEMENTO</b>	40,0 cm x 40,0 cm
<b>ARMATURE VERTICALI RILEVATE</b>	n.3 barre Ø16/18 mm sulla faccia A e n.2 barre Ø16/18 mm sulla faccia B – copriferro medio 3,5 cm ÷ 4,0 cm su entrambe le facce
<b>ARMATURE TRASVERSALI RILEVATE</b>	staffe Ø8 mm passo medio 25,0 cm – copriferro medio 2,5 cm ÷ 3,5 cm su entrambe le facce

<b>P5/P1/PAC9</b>	
<b>DIMENSIONI ELEMENTO</b>	Larghezza 40,0 cm. Visibili solamente 15,0 cm nella lunghezza del pilastro a causa di tamponamento
<b>ARMATURE VERTICALI RILEVATE</b>	n.4 barre Ø16/18 mm sulla faccia lato lungo e n.1 barra Ø16/18 mm sulla faccia lato corto – copriferro medio 3,5 cm ÷ 4,5 cm sulla faccia lato lungo e 3,0 cm sulla faccia lato corto
<b>ARMATURE TRASVERSALI RILEVATE</b>	staffe Ø8 mm passo medio 20,0 cm – copriferro medio 3,0 cm ÷ 3,5 cm sulla faccia lato lungo e 2,5 cm sulla faccia lato corto

Di seguito si riportano alcune immagini delle indagini effettuate al piano primo.



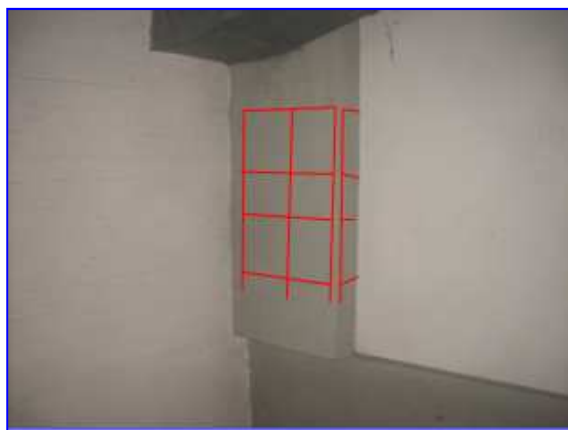
*P1/PAC1*



*T1/PAC2*



*T3/PAC3*



*P3/PAC7*

**Piano Secondo**

<b>P1/P2/PAC1</b>	
<b>DIMENSIONI ELEMENTO</b>	Larghezza 40,0 cm. Visibili 43,0 cm nella lunghezza del pilastro per presenza di tamponamento
<b>ARMATURE VERTICALI RILEVATE</b>	n.3 barre a.m. Ø16 mm sulla faccia lato corto e n.2 barre Ø16 mm sulla faccia lato lungo (diametro rilevato tramite saggio) – copriferro medio 2,0 cm sulla faccia lato corto e 4,2 cm sulla faccia lato lungo
<b>ARMATURE TRASVERSALI RILEVATE</b>	staffe a.m. Ø8 mm passo medio 20,0 cm – copriferro medio 1,8 cm sulla faccia lato corto e 4,0 cm sulla faccia lato lungo

<b>T1/P2/PAC2</b>	
<b>DIMENSIONI ELEMENTO</b>	Larghezza 40,0 cm – Altezza 50,0 cm
<b>ARMATURE LONGITUDINALI RILEVATE</b>	n.4 barre a.m. Ø12mm all'intradosso e n.1 barra Ø12 mm sulla faccia laterale (diametro rilevato tramite saggio) – copriferro medio 2,0 cm all'intradosso e 5,2 cm sulla faccia laterale
<b>ARMATURE TRASVERSALI RILEVATE</b>	staffe a.m. Ø8 mm passo medio 25,0 cm – copriferro medio 1,5 cm all'intradosso e 2,0 cm sulla faccia laterale

<b>T2/P2/PAC3</b>	
<b>DIMENSIONI ELEMENTO</b>	Larghezza 15,0 cm – Altezza 50,0 cm.
<b>ARMATURE LONGITUDINALI RILEVATE</b>	n.1 barra Ø16mm all'intradosso e n.1 barra Ø16mm sulla faccia laterale. Presenza di infisso all'intradosso che impedisce il rilievo di eventuali barre – copriferro medio 3,5 cm all'intradosso e 3,9 cm sulla faccia laterale
<b>ARMATURE TRASVERSALI RILEVATE</b>	staffe Ø8/10 mm passo medio 25,0 cm – copriferro medio 2,5 cm all'intradosso e 2,0 cm sulla faccia laterale

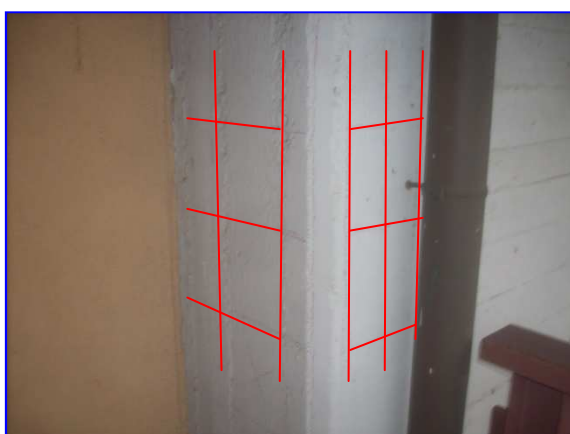
<b>T3/P2/PAC4</b>	
<b>DIMENSIONI ELEMENTO</b>	Larghezza 15,0 cm
<b>ARMATURE LONGITUDINALI RILEVATE</b>	n.2 barra Ø14mm all'intradosso. Presenza di tamponamento all'intradosso che impedisce il rilievo di eventuali barre – copriferro medio 1,5 cm
<b>ARMATURE TRASVERSALI RILEVATE</b>	staffe Ø8 mm passo medio 25,0 cm – copriferro medio 1,3 cm

<b>T3/P2/PAC5</b>	
<b>DIMENSIONI ELEMENTO</b>	Larghezza 15,0 cm
<b>ARMATURE LONGITUDINALI RILEVATE</b>	n.2 barra Ø14mm all'intradosso. Presenza di tamponamento all'intradosso che impedisce il rilievo di eventuali barre – copriferro medio 2,0 cm all'intradosso e sulla faccia laterale
<b>ARMATURE TRASVERSALI RILEVATE</b>	staffe Ø8 mm passo medio 25,0 cm – copriferro medio 1,3 cm all'intradosso e sulla faccia laterale

<b>P3/P2/PAC6</b>	
<b>DIMENSIONI ELEMENTO</b>	Larghezza 40,0 cm – Profondità 40,0 cm
<b>ARMATURE VERTICALI RILEVATE</b>	n.3 barre Ø14 mm sulla faccia A e n.2 barre Ø14 mm sulla faccia B – copriferro medio 2,7 cm su entrambe le facce
<b>ARMATURE TRASVERSALI RILEVATE</b>	staffe Ø6/8 mm passo medio 20,0 cm – copriferro medio 2,2 cm su entrambe le facce

<b>T4/P2/PAC7</b>	
<b>DIMENSIONI ELEMENTO</b>	Larghezza 100,0 cm. Trave in spessore
<b>ARMATURE LONGITUDINALI RILEVATE</b>	n.6 barre Ø14mm all'intradosso. Presenza di canaletta all'intradosso che impedisce il rilievo di eventuali barre – copriferro medio 1,7 cm
<b>ARMATURE TRASVERSALI RILEVATE</b>	staffe Ø6/8 mm passo medio 25,0 cm – copriferro medio 1,3 cm

Di seguito si riportano alcune immagini delle indagini effettuate al piano secondo.



*P1/PAC1*



*T2/PAC3*



*T3/PAC5*



*P3/PAC6*

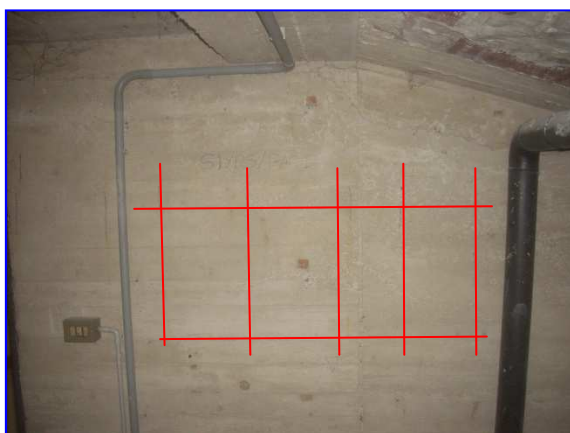


### Piano Sottotetto

SE1/PS/PAC1	
DESCRIZIONE ELEMENTO	Setto
ARMATURE VERTICALI RILEVATE	barre Ø12/14 mm, passo medio 25,0 cm – copriferro medio 5,0 cm ÷ 6,0 cm
ARMATURE ORIZZONTALI RILEVATE	barre Ø12/14 mm, passo medio 40,0 cm – copriferro medio 30 cm ÷ 4,5 cm

SE2/PS/PAC2	
DESCRIZIONE ELEMENTO	Setto
ARMATURE VERTICALI RILEVATE	barre Ø12/14 mm, passo medio 30,0 cm – copriferro medio 4,0 cm
ARMATURE ORIZZONTALI RILEVATE	barre Ø12/14 mm, passo medio 40,0 cm – copriferro medio 30 cm ÷ 3,5 cm

Di seguito si riportano alcune immagini delle indagini effettuate al piano sottotetto.



SE1/PAC1



SE2/PAC2

## 5. INDAGINE CON MICRODUROMETRO – Prova n. 1292/FI

Di seguito si riportano i valori delle indagini effettuate con il microdurometro su alcuni elementi strutturali dell'edificio. I valori di HV in fondo alle tabelle sono ottenuti per media aritmetica delle 12 misurazioni effettuate col microdurometro, scartando il valore più alto e più basso (riportati nelle caselle in grigio).

<b>VK1/PT</b>	
Ø 22 a.m.	
<b>N°</b>	<b>HV</b>
1	230
2	209
3	223
4	221
5	212
6	216
7	221
8	222
9	219
10	212
11	216
12	212
<b>Media</b>	<b>217,4</b>

<b>VK2/PT</b>	
Ø 14 a.m.	
<b>N°</b>	<b>HV</b>
1	235
2	209
3	230
4	220
5	219
6	221
7	222
8	234
9	229
10	218
11	220
12	221
<b>Media</b>	<b>223,4</b>

<b>VK3/PT</b>	
Ø 12 a.m.	
<b>N°</b>	<b>HV</b>
1	261
2	225
3	240
4	230
5	246
6	245
7	247
8	252
9	249
10	260
11	253
12	249
<b>Media</b>	<b>247,1</b>

<b>VK1/P2</b>	
Ø 16 a.m.	
<b>N°</b>	<b>HV</b>
1	189
2	220
3	204
4	205
5	215
6	190
7	194
8	198
9	216
10	207
11	205
12	207
<b>Media</b>	<b>204,1</b>

<b>VK2/P2</b>	
Ø 16 a.m.	
<b>N°</b>	<b>HV</b>
1	197
2	234
3	206
4	228
5	225
6	212
7	199
8	200
9	198
10	223
11	224
12	208
<b>Media</b>	<b>212,3</b>

Nella tabella di seguito è presentato il riepilogo delle medie *HV* con la conversione dei dati in scala Brinell ed infine in resistenza a trazione *R<sub>t</sub>*:

<b>Sezione</b>	<b>Media HV</b>	<b>HB</b>	<b>R<sub>t</sub></b>
VK1/PT	217,4	206,5	689,4
VK2/PT	223,4	212,2	708,4
VK3/PT	247,1	234,7	783,6
VK1/P2	204,1	193,9	647,2
VK2/P2	212,3	201,7	673,2

Di seguito si riportano alcune immagini delle indagini col microdurometro.




*Esecuzione microdurometro*



*PT14/PT/VK2*

## 6. PRELIEVO DI BARRE DI ARMATURA

E' stata prelevata una barra di armatura sul ballatoio della palestra, come indicato nella planimetria a pagina 5. Sul campione è stata effettuata una prova di trazione presso il Laboratorio Prove Materiali 4 EMME Service S.p.A.. I risultati delle prove effettuate sono riportati nel Certificato n. 10093 del 07/02/2017 di seguito allegato.

CERTIFICATO		NR. 10093		del 07/02/2017					
<b>Intestatario certificato:</b>	Comune di Firenze								
<b>Verbale di accettazione:</b>	Nr. 4350 del 06/02/2017								
<b>Descrizione della prova:</b>	PROVA DI TRAZIONE SU CAMPIONI DI ACCIAIO PER C.A.								
<b>Norme di riferimento:</b>	UNI EN ISO 15630-1:2010								
<b>Descrizione del materiale:</b>	1 barra d'acciaio per c.a.								
<b>Cantiere - Luogo del prelievo:</b>	Scuola Guicciardini								
<b>Committente delle opere:</b>	Comune di Firenze								
<b>Impresa:</b>	-								
<b>Richiesta sottoscritta dal Direttore Lavori:</b>	-								
<b>Prelievo eseguito da:</b>	4 Emme Service Spa								
<b>Data della prova:</b>	06/02/2017								
Dati dichiarati			Risultati di prova						
Sigla	Data prelievo	Posizione in opera	Ø Nom. [mm]	Ø Eff. [mm]	Lunghezza [mm]	Tipo di acciaio	Tensione di snervamento $f_y$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Tensione di rottura $f_t$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Agf %
B1	01/02/2017	Parapetto ballatoio palestra	10	8,93	664	Barra aderenza migliorata	505,0	846,1	8,5
Legenda: ND = non dichiarato      NE = non eseguito									
Note: nessuna.									
Attrezzatura utilizzata					Certificato di taratura				
Nr.	Tipo	Matricola	Marca	Portata	Nr.	Data	Emissione		
05	C0820/C	08004428	Controlle	1000 MN	LAT 104 1133/2016	10/11/2016	Politecnico di Milano		
Lo Sperimentatore  Kotylo Anzham					Il direttore del Laboratorio  Dott. ing. Settimo Marone				
<small>Il presente certificato non può essere riprodotto parzialmente senza l'autorizzazione scritta del Laboratorio. / Laboratorio Materiali da Costruzione e Laboratorio Geotecnico (Terre e Rocce) autorizzati con D.M. 52187 del 28.07.2004, D.M. 161 del 19.04.2011 e D.M. 7476 del 27.07.2012 e successivi rinnovi ai sensi dell'art. 59 del DPR 380/2001.</small>									



La società si assume la responsabilità per la precisione delle misurazioni effettuate, mentre l'elaborazione dei dati rappresenta solamente un sussidio da verificare ed approvare da parte del Collaudatore o del Tecnico incaricato.

Calenzano, 17 marzo 2017

**4 EMME Service S.p.A.**  
Direttore del Centro di Firenze  
*Dott. ing. Tommaso Bianchi*

**Il Relatore**  
*Dott. ing. Luca Fianchisti*

**RELAZIONE REVISIONATA DA:**  
*Geom. Jacopo Bertocci*



# 4 EMME Service S.p.A.

## Laboratorio Prove Materiali

Via L. Zuegg, 20 – 39100 Bolzano Tel. 0471 543182 – Fax 543180  
laboratorio.bz@4emme.it – www.4emme.it

Sistema Qualità ISO 9001:2008 certificato RINA nr. 6441/01/S

Pagina 1 di 1

**CERTIFICATO**

**NR. 10093**

**del 07/02/2017**

**Intestatario certificato:**

**Comune di Firenze**

Verbale di accettazione:

Nr. 4350 del 06/02/2017

**Descrizione della prova:**

**PROVA DI TRAZIONE SU CAMPIONI DI ACCIAIO PER C.A.**

Norme di riferimento:

UNI EN ISO 15630-1:2010

Descrizione del materiale:

1 barra d'acciaio per c.a.

Cantiere - Luogo del prelievo:

Scuola Guicciardini

Committente delle opere:

Comune di Firenze

Impresa:

-

Richiesta sottoscritta dal Direttore Lavori:

-

Prelievo eseguito da:

4 Emme Service Spa

Data della prova:

06/02/2017

Dati dichiarati			Risultati di prova						
Sigla	Data prelievo	Posizione in opera	Ø Nom. [mm]	Ø Eff. [mm]	Lunghezza [mm]	Tipo di acciaio	Tensione di snervamento $f_y$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Tensione di rottura $f_t$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Agt %
B1	01/02/2017	Parapetto ballatoio palestra	10	9,93	664	Barra aderenza migliorata	505,0	848,1	8,5

Legenda:

ND = non dichiarato

NE = non eseguito

Note: nessuna.

Attrezzatura utilizzata					Certificato di taratura		
Nr.	Tipo	Matricola	Marca	Portata	Nr.	Data	Ente
05	C0820/C	08004428	Controls	1000 kN	LAT 104 1133/2016	10/11/2016	Politecnico di Milano

Lo Sperimentatore  
*Konrad Abraham*

Il direttore del Laboratorio  
*Dott. ing. Settimo Marinello*



# 4 EMME Service S.p.A.

## Laboratorio Prove Materiali

Via L. Zuegg, 20 – 39100 Bolzano Tel. 0471 543182 – Fax 543180  
laboratorio.bz@4emme.it – www.4emme.it

Sistema Qualità ISO 9001:2008 certificato RINA nr. 6441/01/S

Pagina 1 di 1

**CERTIFICATO**

**NR. 10092**

**del 07/02/2017**

**Intestatario certificato:**

**Comune di Firenze**

Verbale di accettazione:

Nr. 4350 del 06/02/2017

**Descrizione della prova:**

**PROVA DI COMPRESSIONE SU PROVINI CILINDRICI**

Norme di riferimento:

UNI EN 12390-3:2009; UNI EN 12504-1:2009

Descrizione del materiale:

5 provini cilindrici ricavati da spezzoni di carote di calcestruzzo

Cantiere - Luogo del prelievo:

Scuola Guicciardini

Committente delle opere:

Comune di Firenze

Impresa:

-

Richiesta sottoscritta dal Direttore Lavori:

-

Prelievo eseguito da:

4 Emme Service Spa

Dati dichiarati			Risultati di prova								
Sigla	Data estrazione	Posizione in opera	Dimensioni [mm]		h/d	Massa volumica [kg/m <sup>3</sup> ]	Resistenza a compressione $f_c$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Tipo rottura	Max inerte $\varnothing$ [mm]	Armatura rilevata [mm]	Data prova
			$\varnothing$	h							
C1/PT	31/01/2017	Setto auditorium	104	205	2/1	2097	<b>15,6</b>	S	17	-	06/02/2017
C2/PT	31/01/2017	Pilastro esterno	104	206	2/1	2154	<b>17,3</b>	S	33	-	06/02/2017
C3/PT	31/01/2017	Pilastro esterno	104	205	2/1	2244	<b>36,9</b>	S	28	-	06/02/2017
C1/P1	31/01/2017	Pilastro esterno	104	205	2/1	2189	<b>18,3</b>	S	33	-	06/02/2017
C1/P2	31/01/2017	Pilastro esterno	104	207	2/1	2168	<b>18,9</b>	S	31	-	06/02/2017

Legenda:

S = rottura soddisfacente

NS = rottura non soddisfacente

Note: i provini sono stati tagliati e rettificati.

Attrezzatura utilizzata					Certificato di taratura		
Nr.	Tipo	Matricola	Marca	Portata	Nr.	Data	Ente
01	50-C5902*_C8232	02042332	Controls	3000 kN	LAT 104 1130/2016	10/11/2016	Politecnico di Milano

Lo Sperimentatore  
*Konrad Abraham*

Il direttore del Laboratorio  
*Dott. ing. Settimo Martinello*