# CITTA' DI NETTUNO

*Città Metropolitana di Roma Capitale*

## Lavori di completamento Teatro Comunale 2° Lotto Funzionale
CUP G71E17000130004

## PROGETTO ESECUTIVO

Responsabile dell' Integrazione fra le varie specialistiche: Ing. Alfredo Ingletti

Il Progettista Mandataria:

3TI PROGETTI ITALIA
INGEGNERIA INTEGRATA S.p.A.
Lgt. V. Gassman 22, 00146 ROMA - ITALIA
tel +39 0655301518 fax +39 0655301522
www.3tiprogetti.it - info@3tiprogetti.it

Mandante:

Team Sistemi Energetici

| Responsabile dell'elaborato: | Coordinatore per la Sicurezza in fase di progettazione | Responsabile Unico del Procedimento: |
|---|---|---|
| Ing. Alfredo Ingletti | Ing. Giovanni Maria Cepparotti | Arch. Stefano Bernicchia |

TITOLO ELABORATO:

## INQUADRAMENTO DELL'INTERVENTO

### Report delle indagini

| CODICE PROGETTO | | NOME FILE | REVISIONE | SCALA: |
|---|---|---|---|---|
| PROGETTO | LIV. PROG. | PE01GENRE02_A.doc | | |
| 1012752 | E | CODICE ELAB. PE01GENRE02 | A | - |

| REV. | DESCRIZIONE | DATA | REDATTO | VERIFICATO | APPROVATO |
|---|---|---|---|---|---|
| C | | | | | |
| B | | | | | |
| A | EMISSIONE | 15.05.2019 | BASSOTTI | DI STEFANO | INGLETTI |

# COMUNE DI NETTUNO

## RELAZIONE TECNICA DI PROVA

## INDAGINI DIAGNOSTICHE STRUTTURALI

| | |
|---|---|
| **Committente:** | **SOC. 3TI PROGETTI SPA** |
| **Opera:** | **TEATRO COMUNALE** |
| **Ubicazione:** | **Via Morselli - NETTUNO (RM)** |
| **Data:** | **14/03/2019** |
| **Relazione n°:** | **190314-01 / Rev. 1** |
| **Certificato n°:** | **486/2019** |

| L'Amministratore Ediltest Srl | Tecnico incaricato del laboratorio Universitario Dott. Christian Cardillo | Il Responsabile Tecnico Ediltest Srl |
|---|---|---|
| Geom. DI DOMENICO Pasquale Master INGEGNERIA SUL CALCESTRUZZO EDIL TEST S.R.L. P. IVA 02568950592 | Christian Cardillo | Ing. ANTONELLO Conforto TECHNICAL AREA MANAGER EDIL TEST S.R.L. P. IVA 02568950592 |

## INDICE

1- Premessa..... pag. 3

2- Planimetrie schematiche ubicazione indagini..... pag. 4

3- Carotaggi: dati tecnici, dimensionali e risultanze meccaniche dei provini cilindrici..... pag. 7

4- Profondità di carbonatazione..... pag. 8

5- Indagini Sonreb..... pag. 9

6- Indagini Pacometriche e saggi strutturali..... pag. 18

7- Prova di carico su copertura in legno..... pag. 44

7.1- Riferimenti Normativi..... pag. 44

7.2- Descrizione degli interventi..... pag. 45

7.3- Resoconto della prova di carico..... pag. 45

8- Considerazioni conclusive..... pag. 52

9- Presenti durante le prove..... pag. 52

## ALLEGATI

- Documentazione fotografica delle prove eseguite
- Certificati in originale delle risultanze delle prove a compressione/trazione emessi dal laboratorio autorizzato: "UNIVERSITA' DEGLI STUDI DELL'AQUILA"
- Certificazione della strumentazione utilizzata
- Scheda tecnica malta a ritiro compensato fibrorinforzata "MAPEGROUT TISSOTROPICO

# 1. PREMESSA

La società **Ediltest Srl** sotto indicazione del laboratorio Universitario e incaricata dal richiedente, il giorno 14 Marzo 2019, ha effettuato le seguenti prove:

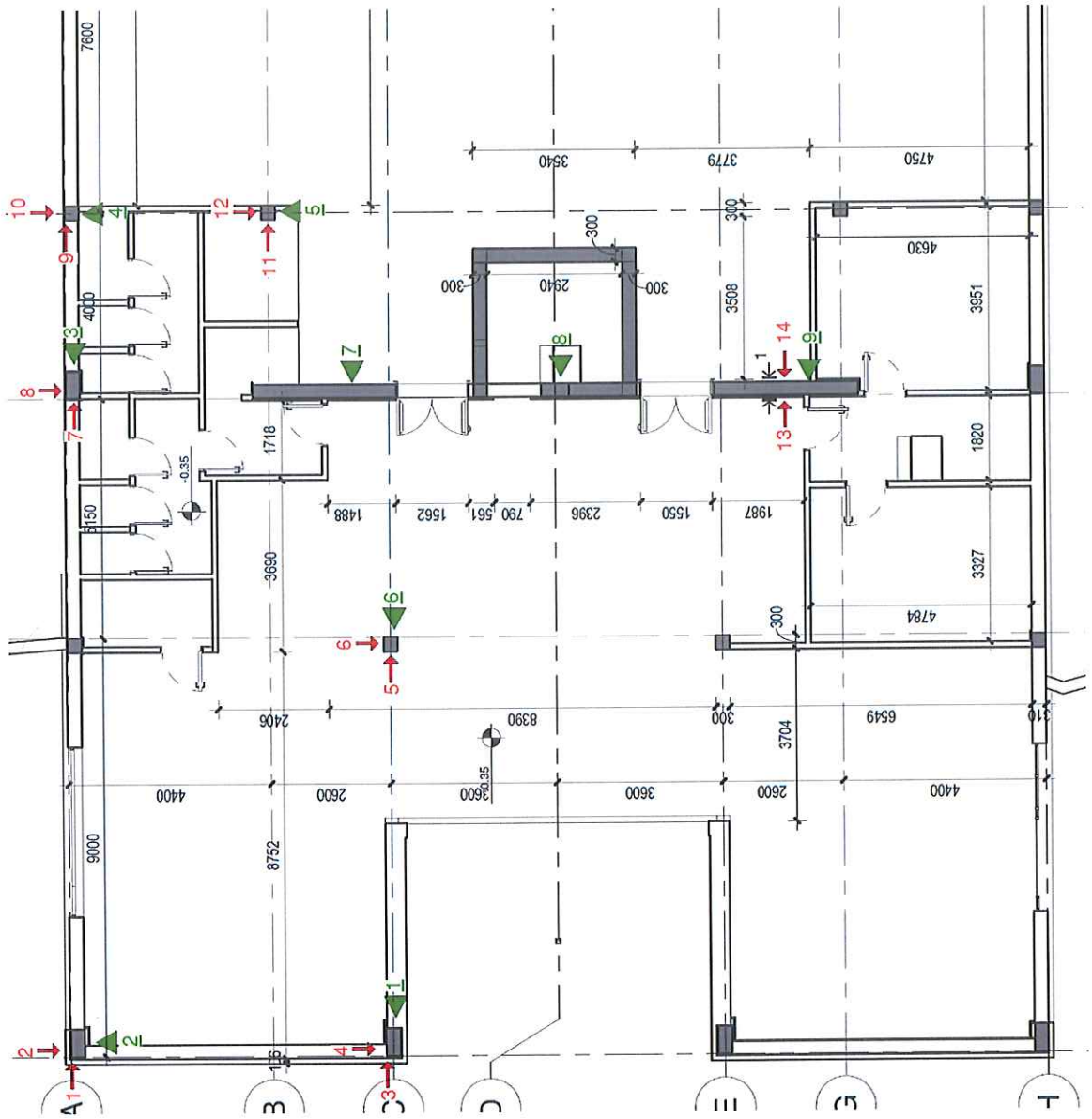
- **n. 2** carotaggi su elementi in c.a. per effettuare la prova a compressione e successiva certificazione presso il laboratorio ufficiale;
- **n. 20** indagini Sonreb su elementi strutturali in c.a.;
- **n. 50** indagini pacometriche su elementi in c.a.;
- **n. 1** prova di carico su copertura in legno.

Al fine di effettuare i rilevamenti in maniera più possibile adeguata alle esigenze richieste, le ubicazioni dei saggi, gli elementi sottoposti alle indagini, così come pure le modalità e i tempi dell'esecuzione della prova di carico, sono state concordate con la committenza ed avvenute alla presenza dell'**Ing. Giordano Sapia** (Tecnico Società 3TI Progetti Spa) così da poter fornire le informazioni necessarie per definire un'adeguata conoscenza delle caratteristiche dei materiali e del loro degrado come richiesto dalla vigente normativa nei casi di interventi su edifici esistenti (Cap. 8 DM 17.01.2018). Eventuali variazioni rispetto alle procedure standard verranno riportate in apposite note.

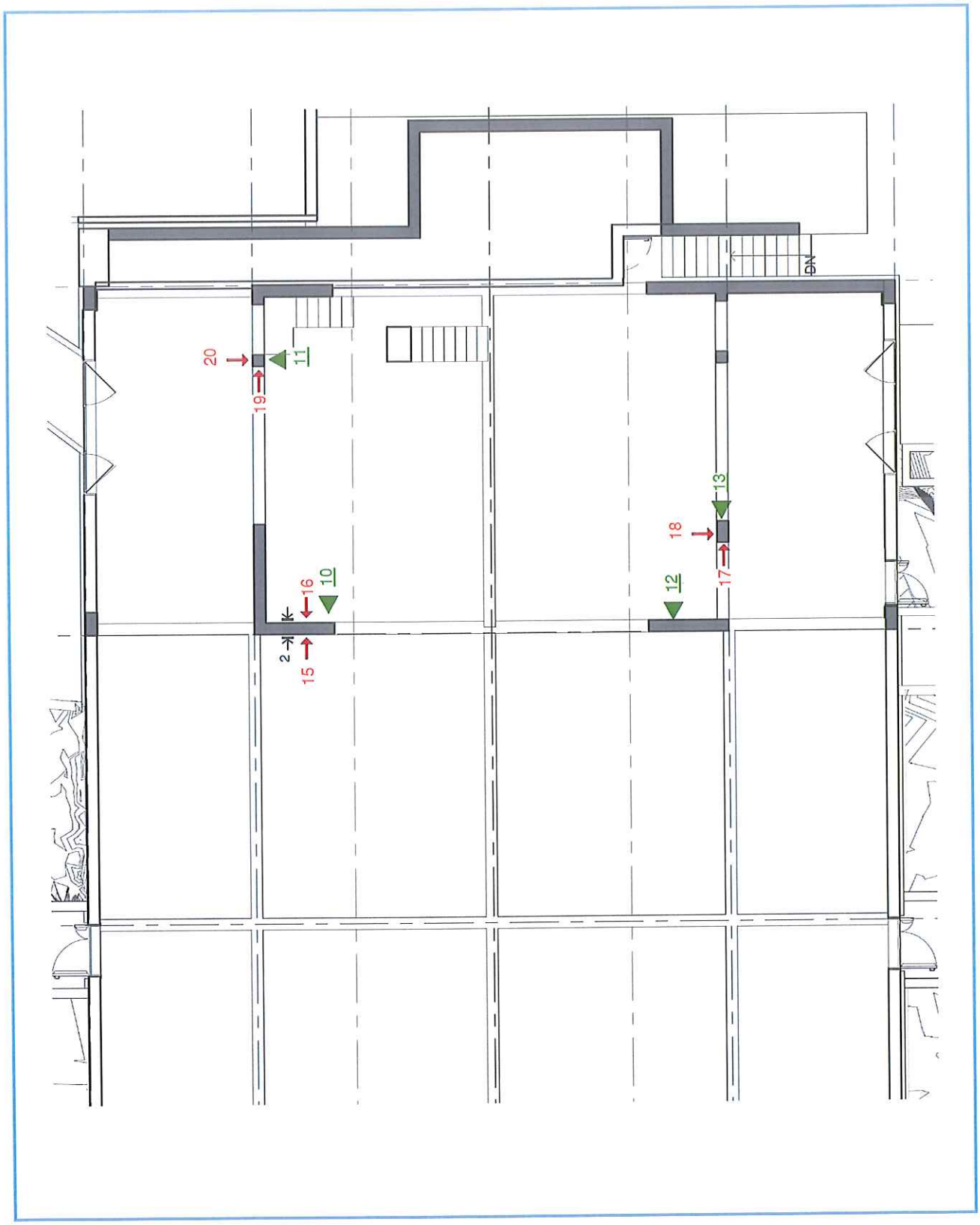
## 2. PLANIMETRIE SCHEMATICHE UBICAZIONE INDAGINI

Legenda:

- CAROTAGGI DI CALCESTRUZZO SU SETTI
- PROVE SONREB
- PROVE PACOMETRICHE SU PILASTRI E SETTI
- PROVE PACOMETRICHE SU TRAVI



**Estratto planimetrico Sottopalco quota -0.30m – Ubicazione indagini**




**Estratto planimetrico Sopra palco quota +0.90m – Ubicazione indagini**

**Estratto planimetrico Sopra palco quota +2.75/3.75m – Ubicazione indagini**

## 3. CAROTAGGI: DATI TECNICI, DIMENSIONALI E RISULTANZE DELLE RESISTENZE MECCANICHE DEI PROVINI CILINDRICI

I carotaggi appartengono alle tecniche di indagine semi-distruttive in quanto prevedono l'esecuzione di perforazioni su elementi strutturali in c.a. mediante l'utilizzo di una carotatrice a tazza.

L'estrazione dei campioni cilindrici di calcestruzzo aventi rapporto altezza (H) - diametro (D) H/D=1, e le successive prove di compressione monoassiale in laboratorio (tecnica di indagine distruttiva) consentono di determinare direttamente il valore della resistenza caratteristica cubica a compressione $R_{c,is}$ del campione in opera, come indicato al punto 11.2.6 del D.M. 17.01.2018 e in base alle indicazioni di al punto C11.2.6 della Circolare n. 7 C.S.LL.PP. del 21.01.2019, Tabella C11.2.6.I., attraverso le quali è possibile ricavare il valore della $R_{ck,is}$ (resistenza cubica caratteristica in opera).

I fori dei carotaggi sono stati risanati con malta a ritiro compensato fibrorinforzata "MAPEGROUT TISSOTROPICO".

| CODICE | Elemento | PESO (g) | MV CLS ($Kg/dm^3$) | Ø (mm) | Altezza (mm) | Forza (KN) | $f_{carota}$ ($N/mm^2$) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| C1 | Setto | 1507 | 2,31 | 94,0 | 94,0 | 261,5 | 37,7 |
| C2 | Setto | 1537 | 2,36 | 94,0 | 94,1 | 418,7 | 60,4 |

## 4. PROFONDITA' DI CARBONATAZIONE

Secondo le norme **UNI EN 14630:2007** e **UNI 9944:1992**, la prova di carbonatazione è una tecnica di indagine semi-distruttiva, ha lo scopo di misurare la profondità di carbonatazione dello strato superficiale di una struttura in calcestruzzo.

La carbonatazione è un fenomeno chimico per cui l'idrossido di calcio, presente nel calcestruzzo, reagisce con l'anidride carbonica, formando così carbonato di calcio. La riduzione dell'idrossido di calcio determina un abbassamento del pH, creando in questo modo le condizioni favorevoli per l'innesco della corrosione dei ferri d'armatura: infatti, quando lo strato carbonato intacca il calcestruzzo che ricopre le armature, viene meno la protezione passivante creata dalla pasta cementizia, permettendo all'ossigeno e all'umidità di attaccare il ferro.

Il fenomeno dell'ossidazione produce la diminuzione del copriferro o, più gravemente, la riduzione della sezione resistente del tondino.

La prova dev'essere effettuata subito dopo l'estrazione del campione di calcestruzzo tramite carotaggio, dal momento che, con il passare del tempo, l'anidride carbonica tende a "carbonatare" lo stato superficiale del conglomerato.

Operativamente si procede immergendo il campione in una soluzione di fenolftaleina che contiene alcool etilico all'1%, provocando una colorazione viola nella zona non intaccata dalla carbonatazione.

Il tratto "incolore", invece, indica la profondità di carbonatazione, riportata in mm nella tabella seguente.

| CAROTA | UBICAZIONE CAMPIONI | PROFONDITA' CARBONATAZIONE *(mm)* |
|---|---|---|
| C1 | Setto | 17 |
| C2 | Setto | 13 |

## 5. INDAGINI SONREB

Lo scopo del metodo "SONREB" (da SONic-REBound : ultrasuoni + sclerometro) è quello di valutare la resistenza a compressione del calcestruzzo in situ, attraverso la combinazione di due valori: la velocità longitudinale delle onde ultrasoniche e l'indice sclerometrico di rimbalzo. I vantaggi del metodo derivano dall'utilizzo concomitante di sclerometro ed ultrasuoni; infatti la combinazione dei valori ottenuti da tali controlli permette l'annullamento dei fattori che determinano l'incertezza tipica delle due prove se considerate singolarmente, ovvero dall'influenza **dell'umidità** e della **stagionatura** del calcestruzzo, in quanto questi parametri hanno, a parità di resistenza effettiva alla compressione, un effetto opposto su indice di rimbalzo sclerometrico e sulla velocità di propagazione degli ultrasuoni.

La combinazione permette inoltre la riduzione, rispetto agli ultrasuoni, dell'influenza della grandezza e della natura dell'inerte, del dosaggio e del tipo di cemento e dell'eventuale additivo utilizzato per il getto del calcestruzzo.

Le resistenze alla compressione (Rc), ottenute col metodo combinato, sono state ricavate mediante le seguenti relazioni che esprimono analiticamente gli andamenti delle curve di isoresistenza, determinate sperimentalmente su provini di calcestruzzo standard, sui quali sono stati dapprima rilevati i valori delle velocità ultrasoniche e dell'indice di rimbalzo e, successivamente sono state eseguite le prove di rottura a compressione:

$R_c\,(N/mm^2) = 2{,}86 \times 10^{-2} \times Im^{1.246} \times V^{1{,}85}$ *(N/mm², km/s) (Gasparik, 1984)* (1)

$R_c\,(N/mm^2) = 1{,}2 \times 10^{-9} \times Im^{1.058} \times V^{2{,}446}$ *(N/mm², m/s) (Di Leo, Pascale, 1994)* (2)

$R_c\,(N/mm^2) = 7{,}695 \times 10^{-11} \times Im^{1.4} \times V^{2{,}6}$ *(N/mm², m/s (Giacchetti, Laquaniti, 1980)* (3)

$R_c\,(N/mm^2) = 1{,}53 \times 10^{-3} \times (Im^2 \times V^4)^{0.611}$ *(N/mm², km/s) (Arioglu, Koyluoglu, 1996)* (4)

$R_c\,(N/mm^2) = 4.40 \times 10^{-7} \times (Im^2 \times V^3)^{0.5634}$ *(N/mm², m/s) (Del Monte et al. , 2004)* (5)

$R_c\,(N/mm^2) = 2{,}765 \times 10^{-10} \times Im^{1.311} \times V^{2.487}$ *(N/mm², m/s) (Bocca e Cianfrone, 1983)* (6)

$R_c\,(N/mm^2) = 9.27 \times 10^{-11} \times Im^{1.4} \times V^{2.6}$ *(N/mm², m/s) (RILEM, 1989)* (7)

*Ove: Im e' l'indice sclerometrico e V e' la velocità ultrasonica.*

I valori degli indici sclerometrici, delle velocità ultrasoniche e delle probabili resistenze a compressione ottenute sono riportati nelle tabelle successive.

## Misure sclerometriche

I controlli hanno consistito nell'effettuazione di serie di dieci battute sclerometriche per ogni stazione di misura. Le determinazioni degli indici di rimbalzo sono state effettuate impiegando uno sclerometro, marca Schmidt matricola n° N34 – 152059, secondo le modalità indicate nella **Norma UNI 12504-2:2012**; le superfici degli elementi strutturali esaminate sono state preparate trattandole con pietra abrasiva a grana media in carborundum.

Per ogni superficie di prova sono state eseguite dodici misure, di cui sono stati scartati il valore massimo e minimo; la loro media aritmetica costituisce l'Indice di rimbalzo sclerometrico. Nella tabella successiva si riporta la fascicolazione dei risultati ottenuti e la conversione dei valori in termini di resistenza probabile.

# PROVE SCLEROMETRICHE

## VALORI DI BATTUTA

POS. SCLEROMETRO A — Elemento: PILASTRO

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | MEDIA | MIN. | MAX. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| S 1 | 42 | 40 | 42 | 40 | 42 | 40 | 40 | 42 | 40 | 40 | 42 | 42 | 41 | 40 | 42 |
| valore convertito | 43 | 40 | 43 | 40 | 43 | 40 | 40 | 43 | 40 | 40 | 43 | 43 | 42 N/mm² | 40 | 43 |

## VALORI DI BATTUTA

POS. SCLEROMETRO A — Elemento: PILASTRO

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | MEDIA | MIN. | MAX. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| S 2 | 40 | 42 | 40 | 38 | 42 | 42 | 40 | 40 | 42 | 42 | 40 | 38 | 40,6 | 38 | 42 |
| valore convertito | 40 | 43 | 40 | 37 | 43 | 43 | 40 | 40 | 43 | 43 | 40 | 37 | 41 N/mm² | 37 | 43 |

## VALORI DI BATTUTA

POS. SCLEROMETRO A — Elemento: PILASTRO

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | MEDIA | MIN. | MAX. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| S 3 | 46 | 44 | 44 | 42 | 44 | 46 | 44 | 44 | 42 | 42 | 40 | 48 | 43,8 | 40 | 48 |
| valore convertito | 51 | 47 | 47 | 43 | 47 | 51 | 47 | 47 | 43 | 43 | 40 | 54 | 47 N/mm² | 40 | 54 |

## VALORI DI BATTUTA

POS. SCLEROMETRO A — Elemento: PILASTRO

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | MEDIA | MIN. | MAX. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| S 4 | 44 | 44 | 46 | 44 | 42 | 44 | 48 | 44 | 46 | 44 | 42 | 42 | 44 | 42 | 48 |
| valore convertito | 47 | 47 | 51 | 47 | 43 | 47 | 54 | 47 | 51 | 47 | 43 | 43 | 47 N/mm² | 43 | 54 |

## VALORI DI BATTUTA

POS. SCLEROMETRO A — Elemento: PILASTRO

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | MEDIA | MIN. | MAX. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| S 5 | 44 | 42 | 42 | 42 | 44 | 44 | 42 | 46 | 44 | 42 | 42 | 42 | 42,8 | 42 | 46 |
| valore convertito | 47 | 43 | 43 | 43 | 47 | 49 | 43 | 51 | 47 | 43 | 43 | 43 | 45 N/mm² | 43 | 51 |

## VALORI DI BATTUTA

POS. SCLEROMETRO A — Elemento: PILASTRO

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | MEDIA | MIN. | MAX. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| S 6 | 44 | 42 | 46 | 42 | 44 | 44 | 44 | 42 | 44 | 44 | 44 | 42 | 43,4 | 42 | 46 |
| valore convertito | 47 | 43 | 51 | 43 | 47 | 47 | 47 | 43 | 47 | 47 | 47 | 43 | 46 N/mm² | 43 | 51 |

## VALORI DI BATTUTA

| POS. SCLEROMETRO | A | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | MEDIA | MIN. | MAX. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Elemento | S 7 | 46 | 44 | 44 | 44 | 46 | 44 | 42 | 40 | 42 | 44 | 44 | 42 | 43,6 | 40 | 46 |
| SETTO | valore convertito | 51 | 47 | 47 | 47 | 51 | 47 | 43 | 40 | 43 | 47 | 47 | 43 | 46 N/mm² | 40 | 51 |

## VALORI DI BATTUTA

| POS. SCLEROMETRO | A | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | MEDIA | MIN. | MAX. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Elemento | S 8 | 40 | 42 | 40 | 40 | 42 | 42 | 42 | 44 | 42 | 44 | 42 | 40 | 41,6 | 40 | 44 |
| SETTO | valore convertito | 40 | 43 | 40 | 40 | 43 | 43 | 43 | 47 | 43 | 47 | 43 | 40 | 43 N/mm² | 40 | 47 |

## VALORI DI BATTUTA

| POS. SCLEROMETRO | A | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | MEDIA | MIN. | MAX. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Elemento | S 9 | 44 | 42 | 42 | 44 | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 | 44 | 42 | 42,4 | 42 | 44 |
| SETTO | valore convertito | 47 | 43 | 43 | 47 | 43 | 43 | 43 | 43 | 43 | 43 | 47 | 43 | 44 N/mm² | 43 | 47 |

## VALORI DI BATTUTA

| POS. SCLEROMETRO | A | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | MEDIA | MIN. | MAX. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Elemento | S 10 | 32 | 48 | 50 | 50 | 50 | 48 | 44 | 48 | 48 | 50 | 48 | 44 | 47,8 | 32 | 50 |
| SETTO | valore convertito | 26 | 54 | 58 | 58 | 58 | 54 | 47 | 54 | 54 | 58 | 54 | 47 | 54 N/mm² | 26 | 58 |

## VALORI DI BATTUTA

| POS. SCLEROMETRO | A | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | MEDIA | MIN. | MAX. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Elemento | S 11 | 42 | 42 | 42 | 40 | 44 | 44 | 42 | 48 | 42 | 42 | 42 | 44 | 42,6 | 40 | 48 |
| PILASTRO | valore convertito | 43 | 43 | 43 | 40 | 47 | 47 | 43 | 54 | 43 | 43 | 43 | 47 | 44 N/mm² | 40 | 54 |

## VALORI DI BATTUTA

| POS. SCLEROMETRO | A | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | MEDIA | MIN. | MAX. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Elemento | S 12 | 48 | 50 | 50 | 48 | 46 | 50 | 48 | 48 | 44 | 46 | 48 | 48 | 48 | 44 | 50 |
| SETTO | valore convertito | 54 | 58 | 58 | 54 | 51 | 58 | 54 | 54 | 47 | 51 | 54 | 54 | 54 N/mm² | 47 | 58 |

## VALORI DI BATTUTA

| POS. SCLEROMETRO | A | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | MEDIA | MIN. | MAX. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Elemento | S 13 | 42 | 38 | 42 | 48 | 48 | 50 | 50 | 42 | 40 | 40 | 42 | 40 | 43,4 | 38 | 50 |
| PILASTRO | valore convertito | 43 | 37 | 43 | 54 | 54 | 58 | 58 | 43 | 40 | 40 | 43 | 40 | 46 N/mm² | 37 | 58 |

## VALORI DI BATTUTA

POS. SCLEROMETRO: A
Elemento: TRAVE

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | MEDIA | MIN. | MAX. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| S 14 | 44 | 42 | 44 | 44 | 42 | 42 | 42 | 42 | 44 | 44 | 40 | 42 | 42,8 | 40 | 44 |
| valore convertito | 47 | 43 | 47 | 47 | 43 | 43 | 43 | 43 | 47 | 47 | 40 | 43 | 45 N/mm² | 40 | 47 |

## VALORI DI BATTUTA

POS. SCLEROMETRO: A
Elemento: TRAVE

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | MEDIA | MIN. | MAX. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| S 15 | 44 | 44 | 42 | 44 | 44 | 42 | 44 | 42 | 40 | 42 | 44 | 44 | 43,2 | 40 | 44 |
| valore convertito | 47 | 47 | 43 | 47 | 47 | 43 | 47 | 43 | 40 | 43 | 47 | 47 | 45 N/mm² | 40 | 47 |

## VALORI DI BATTUTA

POS. SCLEROMETRO: A
Elemento: TRAVE

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | MEDIA | MIN. | MAX. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| S 16 | 44 | 42 | 42 | 42 | 40 | 42 | 44 | 42 | 40 | 40 | 42 | 40 | 41,6 | 40 | 44 |
| valore convertito | 47 | 43 | 43 | 43 | 40 | 43 | 47 | 43 | 40 | 40 | 43 | 40 | 43 N/mm² | 40 | 47 |

## VALORI DI BATTUTA

POS. SCLEROMETRO: A
Elemento: TRAVE

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | MEDIA | MIN. | MAX. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| S 17 | 44 | 40 | 40 | 44 | 40 | 42 | 44 | 44 | 44 | 40 | 42 | 40 | 42 | 40 | 44 |
| valore convertito | 47 | 40 | 40 | 47 | 40 | 43 | 47 | 47 | 47 | 40 | 43 | 40 | 43 N/mm² | 40 | 47 |

## VALORI DI BATTUTA

POS. SCLEROMETRO: A
Elemento: TRAVE

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | MEDIA | MIN. | MAX. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| S 18 | 42 | 42 | 40 | 40 | 40 | 42 | 42 | 42 | 40 | 40 | 42 | 40 | 41 | 40 | 42 |
| valore convertito | 43 | 43 | 40 | 40 | 40 | 43 | 43 | 43 | 40 | 40 | 43 | 40 | 42 N/mm² | 40 | 43 |

## VALORI DI BATTUTA

POS. SCLEROMETRO: A
Elemento: TRAVE

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | MEDIA | MIN. | MAX. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| S 19 | 42 | 40 | 42 | 44 | 42 | 44 | 44 | 42 | 42 | 44 | 42 | 44 | 42,8 | 40 | 44 |
| valore convertito | 43 | 40 | 43 | 47 | 43 | 47 | 47 | 43 | 43 | 47 | 43 | 47 | 45 N/mm² | 40 | 47 |

## VALORI DI BATTUTA

POS. SCLEROMETRO: A
Elemento: TRAVE

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | MEDIA | MIN. | MAX. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| S 20 | 50 | 46 | 46 | 42 | 42 | 42 | 40 | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 | 42,8 | 40 | 50 |
| valore convertito | 58 | 51 | 51 | 43 | 43 | 43 | 40 | 43 | 43 | 43 | 43 | 43 | 45 N/mm² | 40 | 58 |

## Misure delle velocità ultrasoniche

Le determinazioni dei tempi di propagazione degli impulsi d'onde vibrazionali ad alta frequenza sono state effettuate sugli elementi strutturali esaminati con le sclerometrie, mediante rilievi eseguiti secondo le modalità indicate dalla **Norma UNI 12504-4:2007**.

L'attrezzatura impiegata, **Boviar modello 65S matricola SG02.C82** è composta da due sonde, di cui una (emittente) per l'emissione di impulsi di vibrazioni meccaniche e l'altra (ricevente) per ricevere le suddette vibrazioni; gli impulsi sono trasformati in segnali elettrici da un dispositivo di amplificazione di trattamento del segnale emesso e da un dispositivo elettrico di misura dell'intervallo di tempo tra istanti di emissione e di ricezione. I valori delle velocità di propagazione degli impulsi ultrasonori, in tal modo determinati, dipendendo dalle caratteristiche elastiche e della densità sul calcestruzzo nel quale si propagano, ma forniscono informazioni sull'omogeneità del conglomerato esaminato (presenza o meno di stati fessurativi, zone degradate, cavità).

In particolare le misure delle velocità ultrasoniche sono state effettuate sia con il metodo di trasmissione indiretta che con il sistema diretto, consistente il primo nell'applicare le sonde sulla stessa faccia dell'elemento in esame ed il secondo con l'applicazione delle sonde su due facce opposte dell'elemento da provare; per ogni stazione di misura sono state effettuate tre misure, poi mediate fra loro. I risultati ottenuti sono contenuti nelle successive tabelle.

# CALCOLO DELLE VELOCITA' ULTRASONICHE

| STAZIONE | | ELEMENTO | DIST. (cm) | Rit. | TEMPO (microsec.) | | | VELOCITA' (m/s) | | | VELOCITA' (m/s) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | A | B | C | A | B | C | |
| US | 1 | PILASTRO | 25,1 | 6,9 | 61,5 | 63,4 | 62,8 | 4590 | 4439 | 4487 | **4506** |
| US | 2 | PILASTRO | 54,0 | 6,9 | 136,7 | 137,1 | 138,5 | 4161 | 4146 | 4102 | **4136** |
| US | 3 | PILASTRO | 60,0 | 6,9 | 147,5 | 150,7 | 149,8 | 4266 | 4172 | 4198 | **4212** |
| US | 4 | PILASTRO | 30,0 | 6,9 | 78,3 | 79,2 | 77,4 | 4201 | 4148 | 4254 | **4201** |
| US | 5 | PILASTRO | 30,0 | 6,9 | 77,8 | 78,7 | 75,1 | 4227 | 4174 | 4396 | **4266** |
| US | 6 | PILASTRO | 30,0 | 6,9 | 72,0 | 75,1 | 72,4 | 4609 | 4396 | 4577 | **4527** |
| US | 7 | SETTO | 30,0 | 6,9 | 80,1 | 81,5 | 79,6 | 4097 | 4022 | 4122 | **4080** |
| US | 8 | SETTO | 30,0 | 6,9 | 80,5 | 78,7 | 79,2 | 4072 | 4174 | 4148 | **4131** |
| US | 9 | SETTO | 30,0 | 6,9 | 80,1 | 79,6 | 78,7 | 4097 | 4122 | 4174 | **4131** |
| US | 10 | SETTO | 30,0 | 6,9 | 74,5 | 79,0 | 76,0 | 4435 | 4159 | 4339 | **4311** |
| US | 11 | PILASTRO | 30,0 | 6,9 | 75,6 | 77,4 | 78,7 | 4366 | 4254 | 4174 | **4265** |
| US | 12 | SETTO | 30,0 | 6,9 | 74,0 | 73,5 | 77,8 | 4468 | 4502 | 4227 | **4399** |
| US | 13 | PILASTRO | 30,0 | 6,9 | 78,7 | 81,0 | 77,8 | 4174 | 4046 | 4227 | **4149** |
| US | 14 | TRAVE | 30,0 | 6,9 | 78,7 | 76,9 | 79,2 | 4174 | 4282 | 4148 | **4201** |
| US | 15 | TRAVE | 30,0 | 6,9 | 76,0 | 77,8 | 75,1 | 4338 | 4227 | 4396 | **4320** |
| US | 16 | TRAVE | 8,5 | 6,9 | 27,2 | 27,6 | 28,1 | 4189 | 4098 | 4011 | **4100** |
| US | 17 | TRAVE | 11,2 | 6,9 | 35,3 | 36,2 | 33,9 | 3940 | 3817 | 4136 | **3964** |
| US | 18 | TRAVE | 30,0 | 6,9 | 78,3 | 74,7 | 79,2 | 4201 | 4425 | 4148 | **4258** |
| US | 19 | TRAVE | 28,2 | 6,9 | 74,2 | 72,4 | 76,5 | 4187 | 4303 | 4051 | **4180** |
| US | 20 | TRAVE | 30,0 | 6,9 | 80,1 | 77,8 | 80,5 | 4097 | 4227 | 4072 | **4132** |

# RISULTANZE DELLE PROVE SONREB

## RESISTENZA PROBABILE - METODO SONREB

| STAZ. | PROVA | | | ELEMENTO | RIMBALZO | VELOCITA' | RESISTENZE (N/mm²) *Vedi formule (1-2....7)* | | | | | | | $R_{cm}$ *per elemento* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Is | *Vm (m/s)* | *Rc (1)* | *Rc (2)* | *Rc (3)* | *Rc (4)* | *Rc (5)* | *Rc (6)* | *Rc (7)* | *N/mm²* |
| 1 | US 1 | S | 1 | PILASTRO | 41,5 | 4506 | 48,1 | 53,5 | 44,8 | 56,0 | 43,9 | 44,5 | 54,0 | **49,2** |
| 2 | US 2 | S | 2 | PILASTRO | 40,9 | 4136 | 40,3 | 42,7 | 35,1 | 44,3 | 37,4 | 35,3 | 42,3 | **39,6** |
| 3 | US 3 | S | 3 | PILASTRO | 46,6 | 4212 | 49,0 | 51,3 | 44,2 | 58,8 | 44,6 | 43,8 | 53,3 | **49,3** |
| 4 | US 4 | S | 4 | PILASTRO | 47,0 | 4201 | 49,3 | 51,4 | 44,4 | 59,3 | 44,8 | 44,0 | 53,5 | **49,6** |
| 5 | US 5 | S | 5 | PILASTRO | 44,8 | 4266 | 47,8 | 50,7 | 43,2 | 56,4 | 43,6 | 42,9 | 52,1 | **48,1** |
| 6 | US 6 | S | 6 | PILASTRO | 45,8 | 4527 | 54,8 | 60,1 | 52,1 | 67,9 | 49,4 | 51,3 | 62,7 | **56,9** |
| 7 | US 7 | S | 7 | SETTO | 46,2 | 4080 | 45,7 | 47,0 | 40,2 | 53,5 | 41,9 | 40,0 | 48,5 | **45,3** |
| 8 | US 8 | S | 8 | SETTO | 42,5 | 4131 | 42,2 | 44,4 | 37,0 | 47,3 | 38,9 | 37,0 | 44,5 | **41,6** |
| 9 | US 9 | S | 9 | SETTO | 43,8 | 4131 | 43,8 | 45,8 | 38,5 | 50,0 | 40,3 | 38,5 | 46,4 | **43,3** |
| 10 | US 10 | S | 10 | SETTO | 53,8 | 4311 | 61,2 | 63,2 | 57,4 | 80,9 | 54,6 | 56,0 | 69,2 | **63,2** |
| 11 | US 11 | S | 11 | PILASTRO | 44,2 | 4265 | 47,0 | 50,0 | 42,4 | 55,0 | 42,9 | 42,2 | 51,1 | **47,2** |
| 12 | US 12 | S | 12 | SETTO | 54,2 | 4399 | 64,1 | 66,9 | 61,2 | 86,2 | 56,9 | 59,5 | 73,7 | **66,9** |
| 13 | US 13 | S | 13 | PILASTRO | 45,8 | 4149 | 46,7 | 48,5 | 41,5 | 54,9 | 42,7 | 41,3 | 50,0 | **46,5** |
| 14 | US 14 | S | 14 | TRAVE | 44,6 | 4201 | 46,2 | 48,6 | 41,3 | 53,9 | 42,3 | 41,1 | 49,8 | **46,2** |
| 15 | US 15 | S | 15 | TRAVE | 45,4 | 4320 | 49,7 | 53,1 | 45,5 | 59,6 | 45,2 | 45,1 | 54,9 | **50,4** |
| 16 | US 16 | S | 16 | TRAVE | 42,5 | 4100 | 41,6 | 43,5 | 36,2 | 46,5 | 38,4 | 36,3 | 43,6 | **40,9** |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 17 | US 17 | S | 17 | TRAVE | 43,4 | 3964 | 40,1 | 41,0 | 34,2 | 44,5 | 37,2 | 34,3 | 41,2 | 38,9 |
| 18 | US 18 | S | 18 | TRAVE | 41,5 | 4258 | 43,3 | 46,6 | 38,7 | 48,8 | 39,9 | 38,7 | 46,6 | 43,2 |
| 19 | US 19 | S | 19 | TRAVE | 44,6 | 4180 | 45,8 | 48,0 | 40,8 | 53,2 | 41,9 | 40,6 | 49,1 | 45,6 |
| 20 | US 20 | S | 20 | SETTO | 44,6 | 4132 | 44,8 | 46,7 | 39,6 | 51,7 | 41,1 | 39,4 | 47,7 | 44,4 |

***NOTA:*** *Il valore Rcm ottenuto per ciascun punto/elemento provato, risulta come media dei valori Rc di ogni riga secondo le formule da 1 a 7. Rimane a discrezione del tecnico utilizzare tale media o scegliere un valore riferito ad una specifica formula che ritenesse più idoneo.*

## 6. INDAGINI PACOMETRICHE E SAGGI STRUTTURALI

Il pacometro è uno strumento digitale che permette di rilevare in maniera non distruttiva la presenza e la direzione delle barre nel calcestruzzo armato. Lo stesso consente anche di ottenere la misura del copriferro con notevole precisione.

Tale strumento sfrutta le proprietà magnetiche del ferro per la localizzazione delle armature. 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.

In presenza di elementi magnetici la centralina visualizza un grafico, con evidenziate le caratteristiche riscontrate all'approssimarsi del metallo, e visualizza in tempo reale la sezione delle barre rilevate su un display digitale.

L'indagine è stata eseguita con Pacometro digitale PASI tipo *Profometer* Mod. PM630

Cantiere: **TEATRO COMUNALE**
Indirizzo: **Via Morselli, Nettuno (RM)**

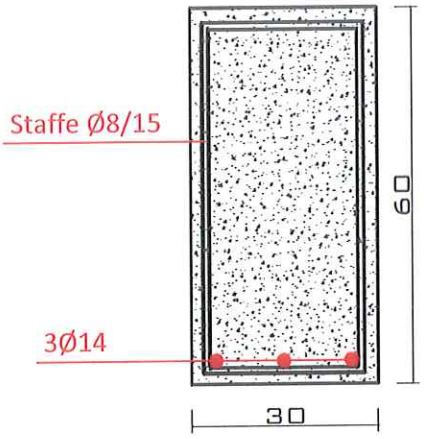
N° Identificativo Prova: P1

Elemento Prova: **PILASTRO**

Superficie Acciaio: **ADERENZA MIGLIORATA**

Spess. Copriferro: *> 3.5 cm*

Note: Sezione di mezzeria




N.R.: Non rilevabile

Rilievo diametri: strumentale X visivo X

Cantiere: **TEATRO COMUNALE**
Indirizzo: **Via Morselli, Nettuno (RM)**

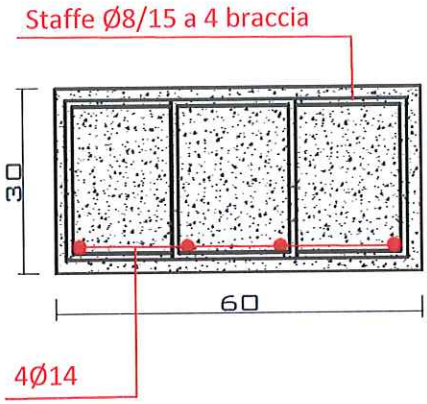
N° Identificativo Prova: P2

Elemento Prova: **PILASTRO**

Superficie Acciaio: **ADERENZA MIGLIORATA**

Spess. Copriferro: *6.5 cm*

Note: Sezione di mezzeria




N.R.: Non rilevabile

Rilievo diametri: strumentale X visivo X

Cantiere: **TEATRO COMUNALE**
Indirizzo: **Via Morselli, Nettuno (RM)**

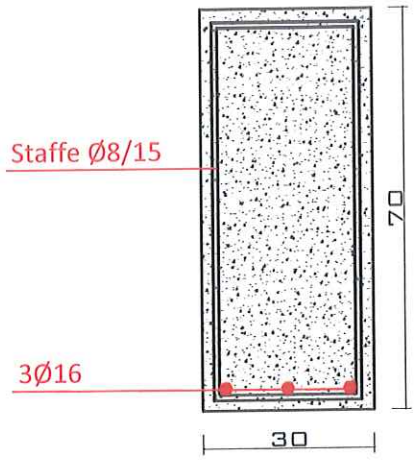
N° Identificativo Prova: P3

Elemento Prova: **PILASTRO**

Superficie Acciaio: **ADERENZA MIGLIORATA**

Spess. Copriferro: *5 cm*

Note: Sezione di mezzeria




N.R.: Non rilevabile

Rilievo diametri: strumentale X visivo X

Cantiere: **TEATRO COMUNALE**
Indirizzo: **Via Morselli, Nettuno (RM)**

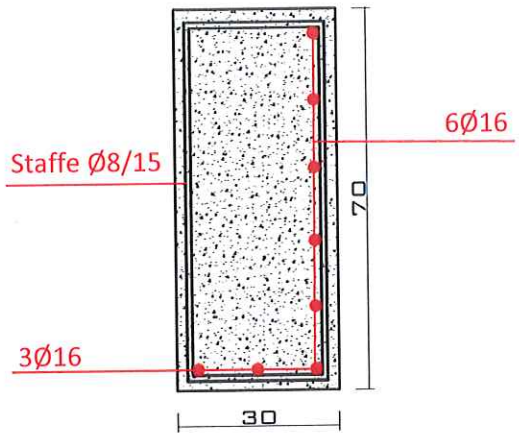
N° Identificativo Prova: P4

Elemento Prova: **PILASTRO**

Superficie Acciaio: **ADERENZA MIGLIORATA**

Spess. Copriferro: *> 3.5 cm*

Note: Sezione di mezzeria




N.R.: Non rilevabile

Rilievo diametri: strumentale X visivo X

Cantiere: **TEATRO COMUNALE**
Indirizzo: **Via Morselli, Nettuno (RM)**

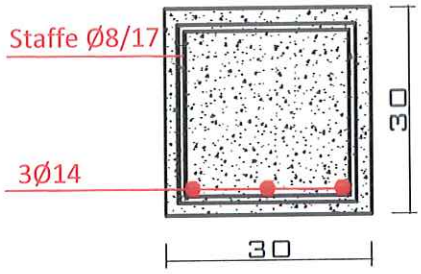
N° Identificativo Prova: P5

Elemento Prova: **PILASTRO**

Superficie Acciaio: **ADERENZA MIGLIORATA**

Spess. Copriferro: *4.5 cm*

Note: Sezione di mezzeria




N.R.: Non rilevabile

Rilievo diametri: strumentale [X] visivo [X]

Cantiere: **TEATRO COMUNALE**
Indirizzo: **Via Morselli, Nettuno (RM)**

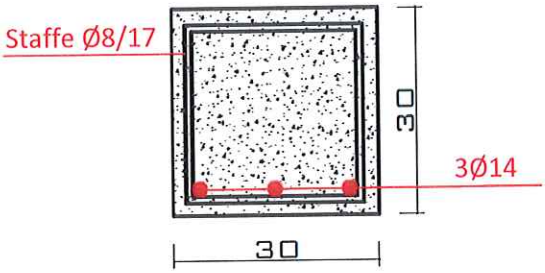
N° Identificativo Prova: P6

Elemento Prova: **PILASTRO**

Superficie Acciaio: **ADERENZA MIGLIORATA**

Spess. Copriferro: *3.5 cm*

Note: Sezione di mezzeria




N.R.: Non rilevabile

Rilievo diametri: strumentale [X] visivo [X]

Cantiere: **TEATRO COMUNALE**
Indirizzo: **Via Morselli, Nettuno (RM)**

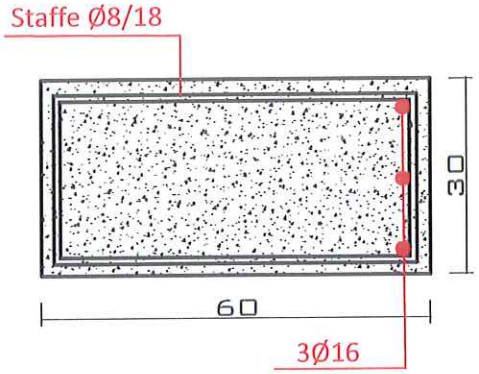
N° Identificativo Prova: P7

Elemento Prova: **PILASTRO**

Superficie Acciaio: **ADERENZA MIGLIORATA**

Spess. Copriferro: *3 cm*

Note: Sezione di mezzeria




N.R.: Non rilevabile

Rilievo diametri: strumentale X visivo X

Cantiere: **TEATRO COMUNALE**
Indirizzo: **Via Morselli, Nettuno (RM)**

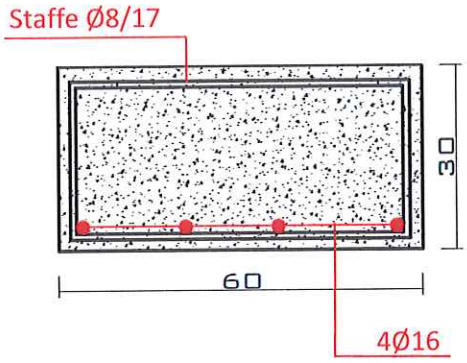
N° Identificativo Prova: P8

Elemento Prova: **PILASTRO**

Superficie Acciaio: **ADERENZA MIGLIORATA**

Spess. Copriferro: *5 cm*

Note: Sezione di mezzeria




N.R.: Non rilevabile

Rilievo diametri: strumentale X visivo X

Cantiere: **TEATRO COMUNALE**
Indirizzo: **Via Morselli, Nettuno (RM)**

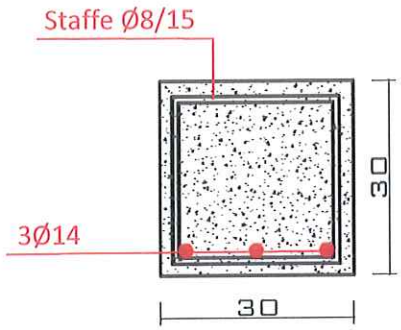
N° Identificativo Prova: P9

Elemento Prova: **PILASTRO**

Superficie Acciaio: **ADERENZA MIGLIORATA**

Spess. Copriferro: *5 cm*

Note: Sezione di mezzeria




N.R.: Non rilevabile

Rilievo diametri: strumentale X visivo X

Cantiere: **TEATRO COMUNALE**
Indirizzo: **Via Morselli, Nettuno (RM)**

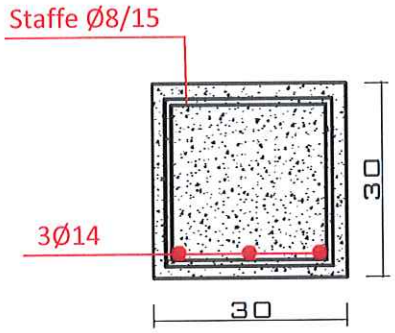
N° Identificativo Prova: P10

Elemento Prova: **PILASTRO**

Superficie Acciaio: **ADERENZA MIGLIORATA**

Spess. Copriferro: *5 cm*

Note: Sezione di mezzeria




N.R.: Non rilevabile

Rilievo diametri: strumentale X visivo X

Cantiere: **TEATRO COMUNALE**
Indirizzo: **Via Morselli, Nettuno (RM)**

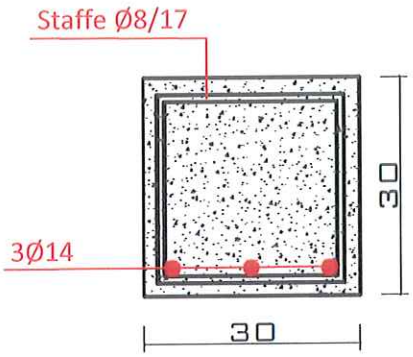
N° Identificativo Prova: P11

Elemento Prova: **PILASTRO**

Superficie Acciaio: **ADERENZA MIGLIORATA**

Spess. Copriferro: *5 cm*

Note: Sezione di mezzeria




N.R.: Non rilevabile

Rilievo diametri: strumentale X visivo X

Cantiere: **TEATRO COMUNALE**
Indirizzo: **Via Morselli, Nettuno (RM)**

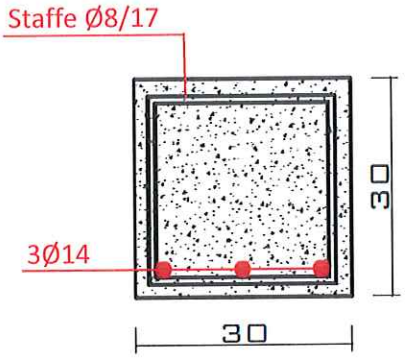
N° Identificativo Prova: P12

Elemento Prova: **PILASTRO**

Superficie Acciaio: **ADERENZA MIGLIORATA**

Spess. Copriferro: *5 cm*

Note: Sezione di mezzeria




N.R.: Non rilevabile

Rilievo diametri: strumentale X visivo X

Cantiere: **TEATRO COMUNALE**
Indirizzo: **Via Morselli, Nettuno (RM)**

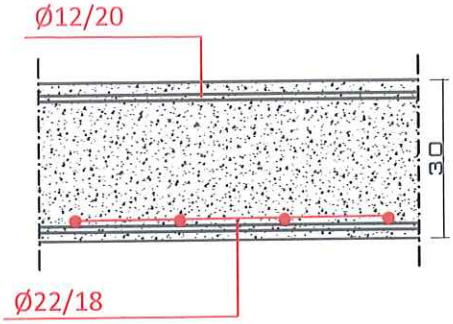
N° Identificativo Prova: P13

Elemento Prova: **SETTO**

Superficie Acciaio: **ADERENZA MIGLIORATA**

Spess. Copriferro: ***> 3.5 cm***

Note: Sezione di mezzeria, lunghezza setto 290 cm, armatura trasversale Ø12/20




N.R.: Non rilevabile

Rilievo diametri: strumentale X visivo X

Cantiere: **TEATRO COMUNALE**
Indirizzo: **Via Morselli, Nettuno (RM)**

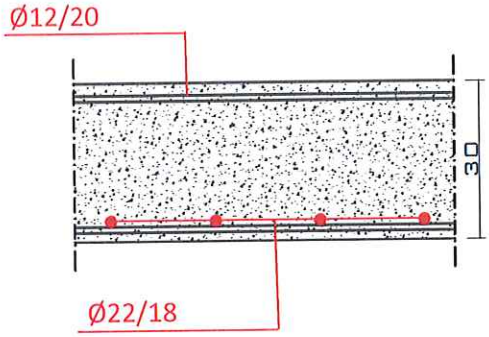
N° Identificativo Prova: P14

Elemento Prova: **SETTO**

Superficie Acciaio: **ADERENZA MIGLIORATA**

Spess. Copriferro: ***> 3.5 cm***

Note: Sezione di mezzeria, lunghezza setto 290 cm, armatura trasversale Ø12/20




N.R.: Non rilevabile

Rilievo diametri: strumentale X visivo X

Cantiere: **TEATRO COMUNALE**
Indirizzo: **Via Morselli, Nettuno (RM)**

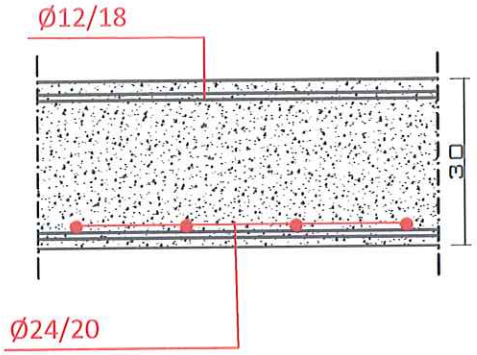
N° Identificativo Prova: P15

Elemento Prova: **SETTO**

Superficie Acciaio: **ADERENZA MIGLIORATA**

Spess. Copriferro: *4.5 cm*

Note: Sezione di base, lunghezza setto 210 cm, armatura trasversale Ø12/18




N.R.: Non rilevabile

Rilievo diametri: strumentale X visivo X

Cantiere: **TEATRO COMUNALE**
Indirizzo: **Via Morselli, Nettuno (RM)**

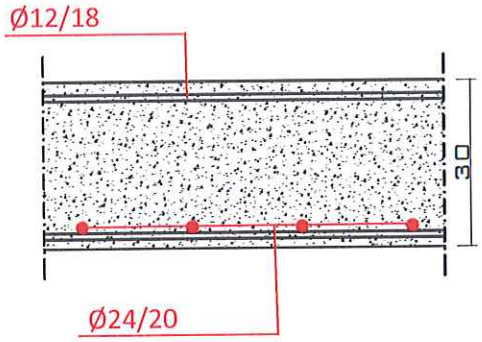
N° Identificativo Prova: P16

Elemento Prova: **SETTO**

Superficie Acciaio: **ADERENZA MIGLIORATA**

Spess. Copriferro: *5 cm*

Note: Sezione di base, lunghezza setto 180 cm, armatura trasversale Ø12/18, ravvisata armatura trasversale aggiuntiva 1Ø10




N.R.: Non rilevabile

Rilievo diametri: strumentale X visivo X

Cantiere: **TEATRO COMUNALE**
Indirizzo: **Via Morselli, Nettuno (RM)**

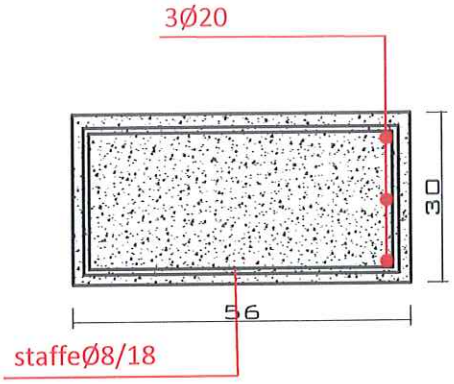
N° Identificativo Prova: P17

Elemento Prova: **PILASTRO**

Superficie Acciaio: **ADERENZA MIGLIORATA**

Spess. Copriferro: *> 6 cm*

Note: Sezione di base mezzeria




N.R.: Non rilevabile

Rilievo diametri: strumentale [X] visivo [X]

Cantiere: **TEATRO COMUNALE**
Indirizzo: **Via Morselli, Nettuno (RM)**

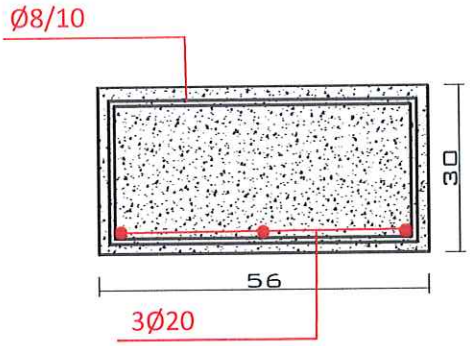
N° Identificativo Prova: P18

Elemento Prova: **PILASTRO**

Superficie Acciaio: **ADERENZA MIGLIORATA**

Spess. Copriferro: *> 6 cm*

Note: Sezione di base




N.R.: Non rilevabile

Rilievo diametri: strumentale [X] visivo [X]

Cantiere: **TEATRO COMUNALE**
Indirizzo: **Via Morselli, Nettuno (RM)**

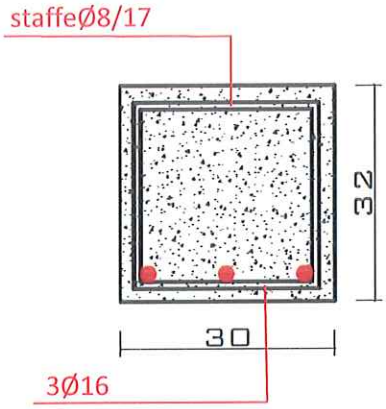
N° Identificativo Prova: P19

Elemento Prova: **PILASTRO**

Superficie Acciaio: **ADERENZA MIGLIORATA**

Spess. Copriferro: **4.5 *cm***

Note: Sezione di base mezzeria




N.R.: Non rilevabile

Rilievo diametri: strumentale [X] visivo [X]

Cantiere: **TEATRO COMUNALE**
Indirizzo: **Via Morselli, Nettuno (RM)**

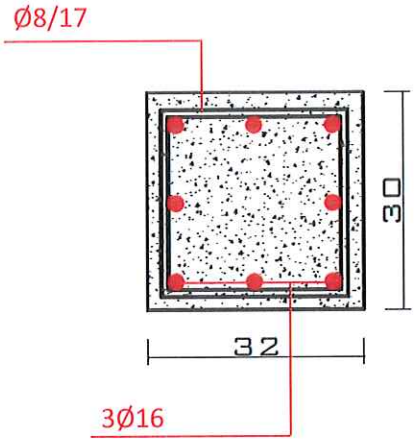
N° Identificativo Prova: P20

Elemento Prova: **PILASTRO**

Superficie Acciaio: **ADERENZA MIGLIORATA**

Spess. Copriferro: ***3.5 cm***

Note: Sezione di mezzeria




N.R.: Non rilevabile

Rilievo diametri: strumentale [X] visivo [X]

Cantiere: **TEATRO COMUNALE**
Indirizzo: **Via Morselli, Nettuno (RM)**

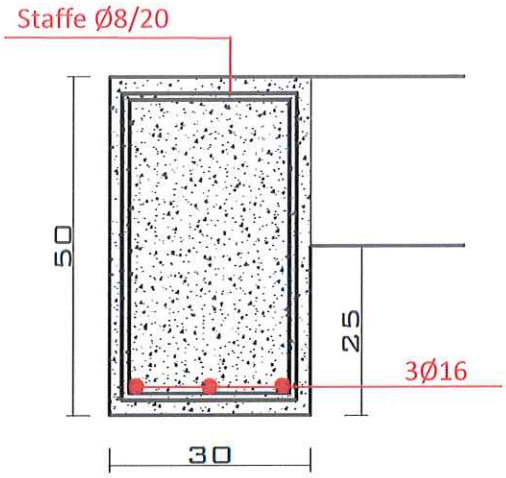
N° Identificativo Prova: P21

Elemento Prova: **TRAVE**

Superficie Acciaio: **ADERENZA MIGLIORATA**

Spess. Copriferro: **2.5** *cm*

Note: Sezione di mezzeria




N.R.: Non rilevabile

Rilievo diametri: strumentale [X] visivo [X]

Cantiere: **TEATRO COMUNALE**
Indirizzo: **Via Morselli, Nettuno (RM)**

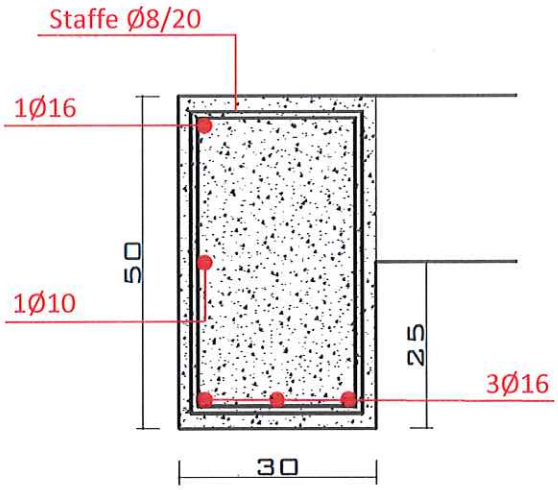
N° Identificativo Prova: P22

Elemento Prova: **TRAVE**

Superficie Acciaio: **ADERENZA MIGLIORATA**

Spess. Copriferro: *2.5 cm*

Note: Sezione di mezzeria




N.R.: Non rilevabile

Rilievo diametri: strumentale [X] visivo [X]

Cantiere: **TEATRO COMUNALE**
Indirizzo: **Via Morselli, Nettuno (RM)**

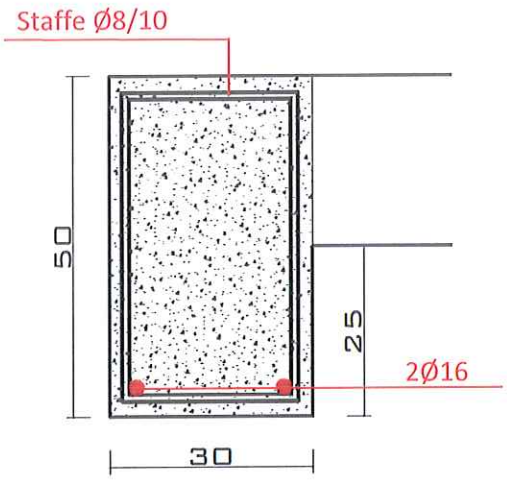
N° Identificativo Prova: P23

Elemento Prova: **TRAVE**

Superficie Acciaio: **ADERENZA MIGLIORATA**

Spess. Copriferro: > 3 *cm*

Note: Sezione di appoggio




N.R.: Non rilevabile

Rilievo diametri: strumentale [X] visivo [X]

Cantiere: **TEATRO COMUNALE**
Indirizzo: **Via Morselli, Nettuno (RM)**

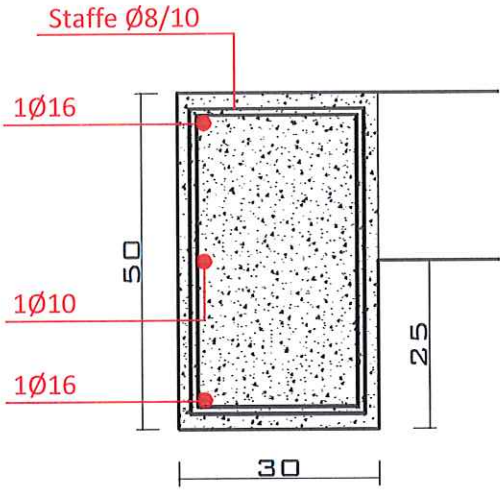
N° Identificativo Prova: P24

Elemento Prova: **TRAVE**

Superficie Acciaio: **ADERENZA MIGLIORATA**

Spess. Copriferro: > 3 *cm*

Note: Sezione di appoggio




N.R.: Non rilevabile

Rilievo diametri: strumentale [X] visivo [X]

Cantiere: **TEATRO COMUNALE**
Indirizzo: **Via Morselli, Nettuno (RM)**

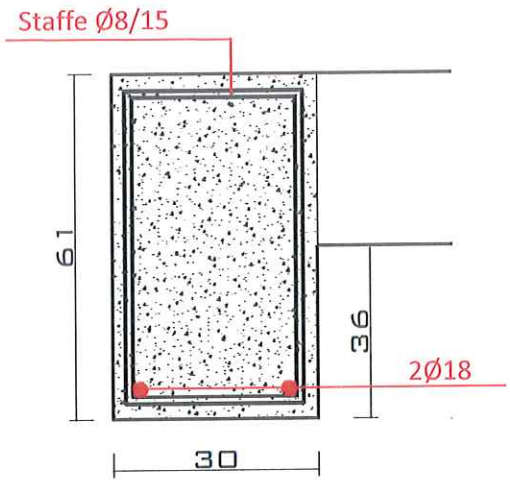
N° Identificativo Prova: P25

Elemento Prova: **TRAVE**

Superficie Acciaio: **ADERENZA MIGLIORATA**

Spess. Copriferro: > 5 *cm*

Note: Sezione di appoggio




N.R.: Non rilevabile

Rilievo diametri: strumentale X visivo X

Cantiere: **TEATRO COMUNALE**
Indirizzo: **Via Morselli, Nettuno (RM)**

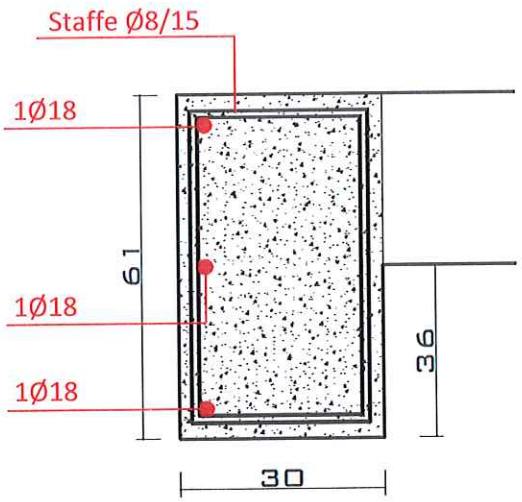
N° Identificativo Prova: P26

Elemento Prova: **TRAVE**

Superficie Acciaio: **ADERENZA MIGLIORATA**

Spess. Copriferro: > *4 cm*

Note: Sezione di appoggio




N.R.: Non rilevabile

Rilievo diametri: strumentale X visivo X

Cantiere: **TEATRO COMUNALE**
Indirizzo: **Via Morselli, Nettuno (RM)**

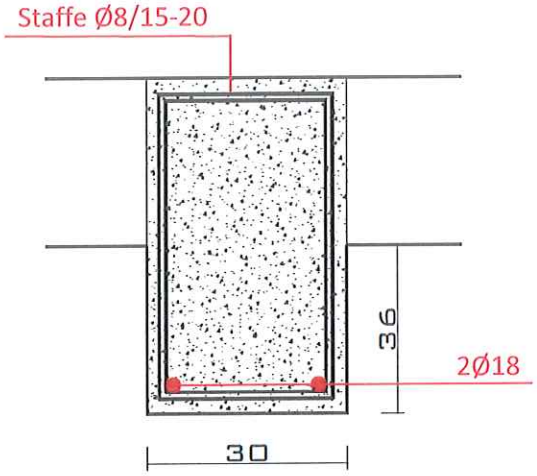
N° Identificativo Prova: P27

Elemento Prova: **TRAVE**

Superficie Acciaio: **ADERENZA MIGLIORATA**

Spess. Copriferro: > 4 *cm*

Note: Sezione di mezzeria




N.R.: Non rilevabile

Rilievo diametri: strumentale X visivo X

Cantiere: **TEATRO COMUNALE**
Indirizzo: **Via Morselli, Nettuno (RM)**

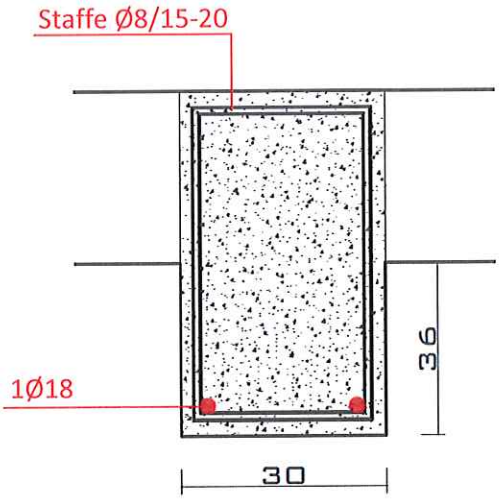
N° Identificativo Prova: P28

Elemento Prova: **TRAVE**

Superficie Acciaio: **ADERENZA MIGLIORATA**

Spess. Copriferro: > 5 *cm*

Note: Sezione di mezzeria




N.R.: Non rilevabile

Rilievo diametri: strumentale X visivo X

Cantiere: **TEATRO COMUNALE**
Indirizzo: **Via Morselli, Nettuno (RM)**

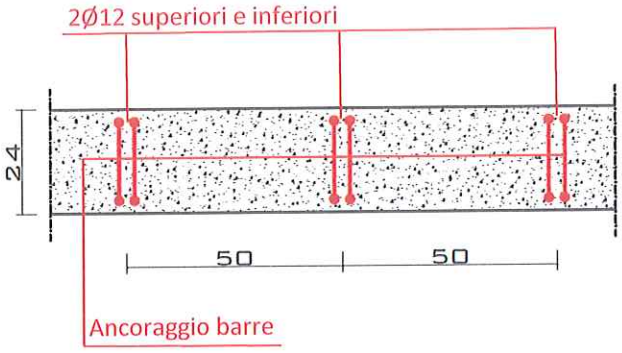
N° Identificativo Prova: P29

Elemento Prova: **SOLETTA PIENA**

Superficie Acciaio: **ADERENZA MIGLIORATA**

Spess. Copriferro: > 6 *cm*

Note: Soletta piena a sbalzo, lunghezza sbalzo 100 cm




N.R.: Non rilevabile

Rilievo diametri: strumentale [X] visivo [X]

Cantiere: **TEATRO COMUNALE**
Indirizzo: **Via Morselli, Nettuno (RM)**

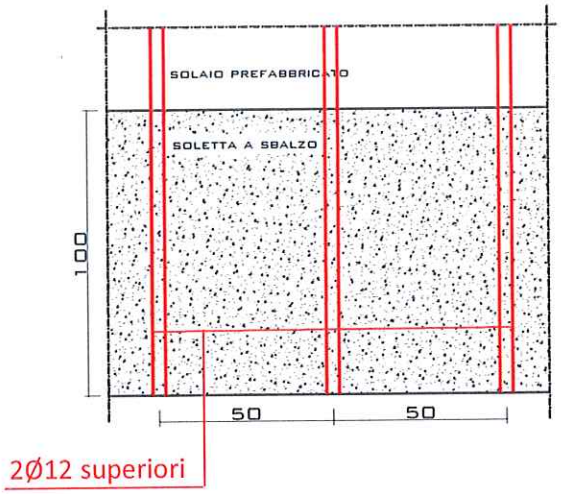
N° Identificativo Prova: P30

Elemento Prova: **SOLETTA PIENA**

Superficie Acciaio: **ADERENZA MIGLIORATA**

Spess. Copriferro: > *4 cm*

Note: Soletta piena a sbalzo, lunghezza sbalzo 100 cm – indagine effettuata in corrispondenza dell'estradosso




N.R.: Non rilevabile

Rilievo diametri: strumentale [X] visivo [X]

Cantiere: **TEATRO COMUNALE**
Indirizzo: **Via Morselli, Nettuno (RM)**

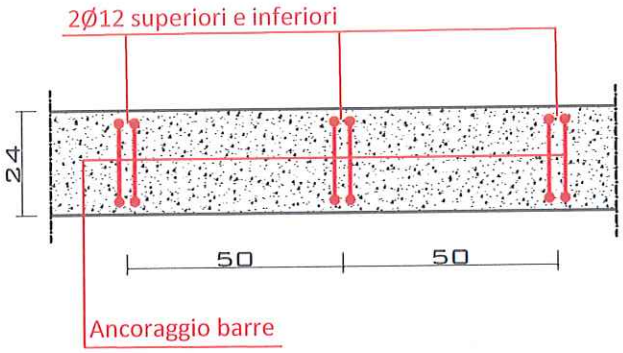
N° Identificativo Prova: P31

Elemento Prova: **SOLETTA PIENA**

Superficie Acciaio: **ADERENZA MIGLIORATA**

Spess. Copriferro: > 6 *cm*

Note: Soletta piena a sbalzo, lunghezza sbalzo 100 cm




N.R.: Non rilevabile

Rilievo diametri: strumentale X visivo X

Cantiere: **TEATRO COMUNALE**
Indirizzo: **Via Morselli, Nettuno (RM)**

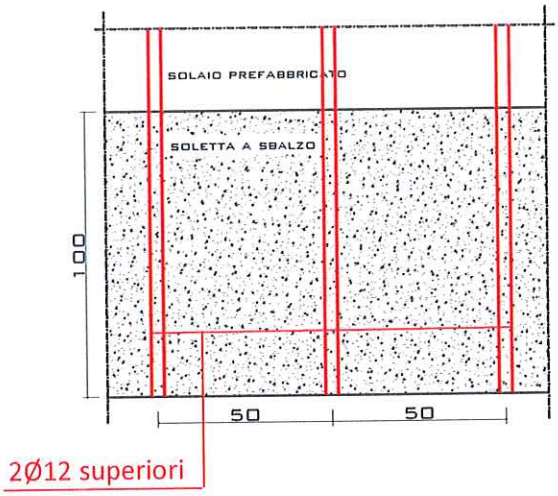
N° Identificativo Prova: P32

Elemento Prova: **SOLETTA PIENA**

Superficie Acciaio: **ADERENZA MIGLIORATA**

Spess. Copriferro: > 4 *cm*

Note: Soletta piena a sbalzo, lunghezza sbalzo 100 cm – indagine effettuata in corrispondenza dell'estradosso




N.R.: Non rilevabile

Rilievo diametri: strumentale X visivo X

Cantiere: **TEATRO COMUNALE**
Indirizzo: **Via Morselli, Nettuno (RM)**

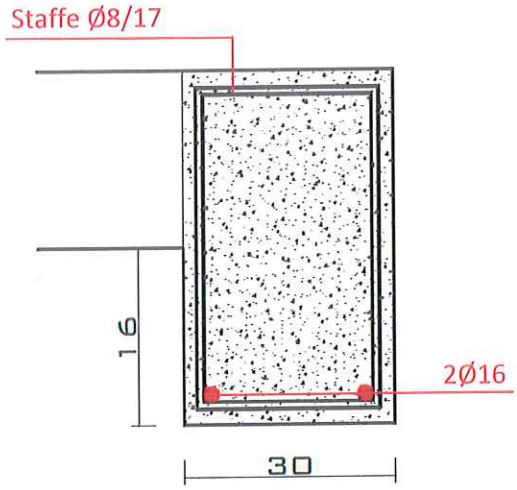
N° Identificativo Prova: P33

Elemento Prova: **TRAVE**

Superficie Acciaio: **ADERENZA MIGLIORATA**

Spess. Copriferro: **> 3.5 *cm***

Note: Sezione di mezzeria




N.R.: Non rilevabile

Rilievo diametri: strumentale [X] visivo [X]

Cantiere: **TEATRO COMUNALE**
Indirizzo: **Via Morselli, Nettuno (RM)**

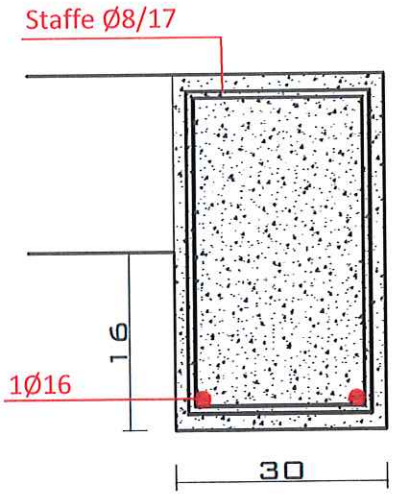
N° Identificativo Prova: P34

Elemento Prova: **TRAVE**

Superficie Acciaio: **ADERENZA MIGLIORATA**

Spess. Copriferro: ***> 3.5 cm***

Note: Sezione di mezzeria




N.R.: Non rilevabile

Rilievo diametri: strumentale [X] visivo [X]

Cantiere: **TEATRO COMUNALE**
Indirizzo: **Via Morselli, Nettuno (RM)**

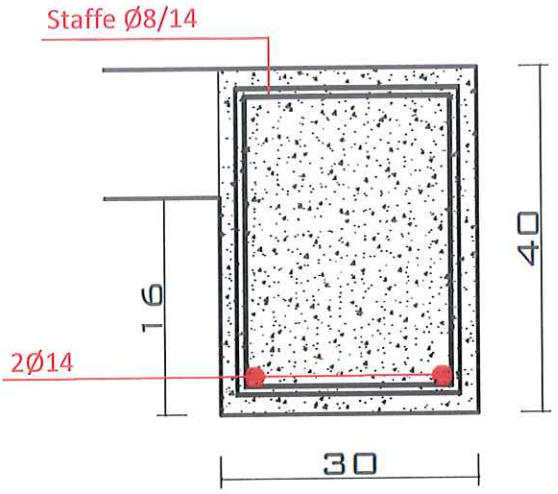
N° Identificativo Prova: P35

Elemento Prova: **TRAVE**

Superficie Acciaio: **ADERENZA MIGLIORATA**

Spess. Copriferro: > **3.5** *cm*

Note: Sezione di appoggio




N.R.: Non rilevabile

Rilievo diametri: strumentale [X] visivo [X]

Cantiere: **TEATRO COMUNALE**
Indirizzo: **Via Morselli, Nettuno (RM)**

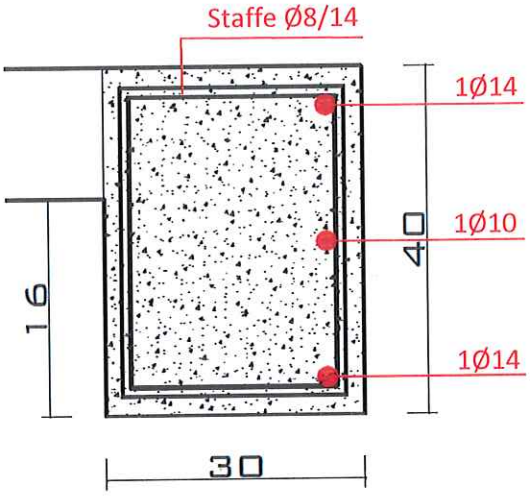
N° Identificativo Prova: P36

Elemento Prova: **TRAVE**

Superficie Acciaio: **ADERENZA MIGLIORATA**

Spess. Copriferro: > *3.5 cm*

Note: Sezione di appoggio




N.R.: Non rilevabile

Rilievo diametri: strumentale [X] visivo [X]

Cantiere: **TEATRO COMUNALE**
Indirizzo: **Via Morselli, Nettuno (RM)**

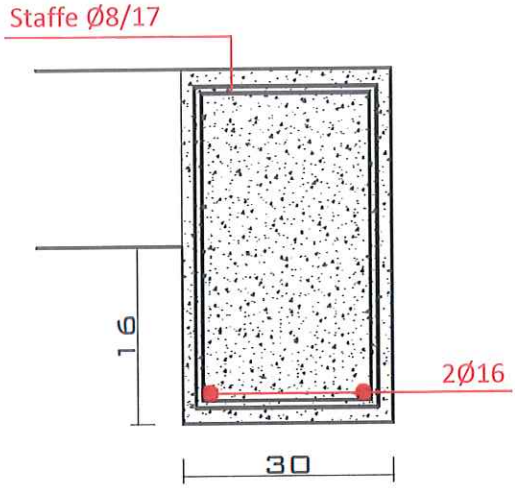
N° Identificativo Prova: P37

Elemento Prova: **TRAVE**

Superficie Acciaio: **ADERENZA MIGLIORATA**

Spess. Copriferro: > 3.5 *cm*

Note: Sezione di mezzeria




N.R.: Non rilevabile

Rilievo diametri: strumentale [X] visivo [X]

Cantiere: **TEATRO COMUNALE**
Indirizzo: **Via Morselli, Nettuno (RM)**

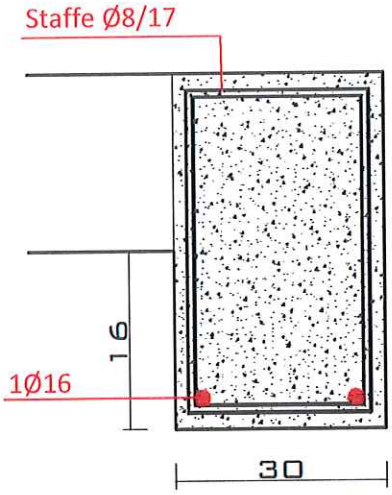
N° Identificativo Prova: P38

Elemento Prova: **TRAVE**

Superficie Acciaio: **ADERENZA MIGLIORATA**

Spess. Copriferro: > *3.5 cm*

Note: Sezione di mezzeria




N.R.: Non rilevabile

Rilievo diametri: strumentale [X] visivo [X]

Cantiere: **TEATRO COMUNALE**
Indirizzo: **Via Morselli, Nettuno (RM)**

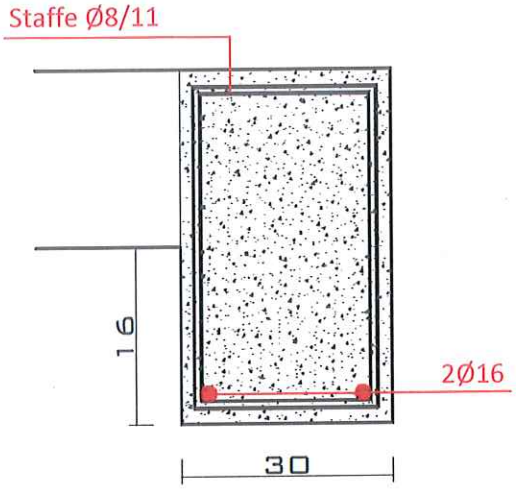
N° Identificativo Prova: P39

Elemento Prova: **TRAVE**

Superficie Acciaio: **ADERENZA MIGLIORATA**

Spess. Copriferro: > **3.5** *cm*

Note: Sezione di appoggio




N.R.: Non rilevabile

Rilievo diametri: strumentale [X] visivo [X]

Cantiere: **TEATRO COMUNALE**
Indirizzo: **Via Morselli, Nettuno (RM)**

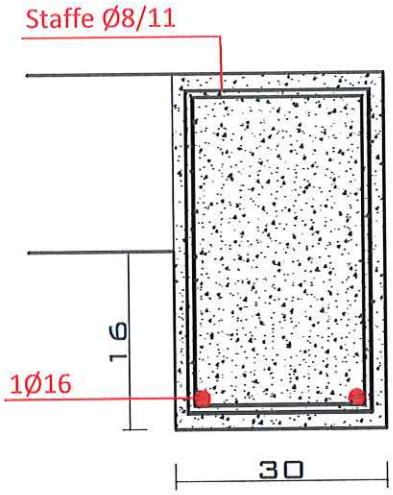
N° Identificativo Prova: P40

Elemento Prova: **TRAVE**

Superficie Acciaio: **ADERENZA MIGLIORATA**

Spess. Copriferro: > *3.5 cm*

Note: Sezione di appoggio




N.R.: Non rilevabile

Rilievo diametri: strumentale [X] visivo [X]

Cantiere: **TEATRO COMUNALE**
Indirizzo: **Via Morselli, Nettuno (RM)**

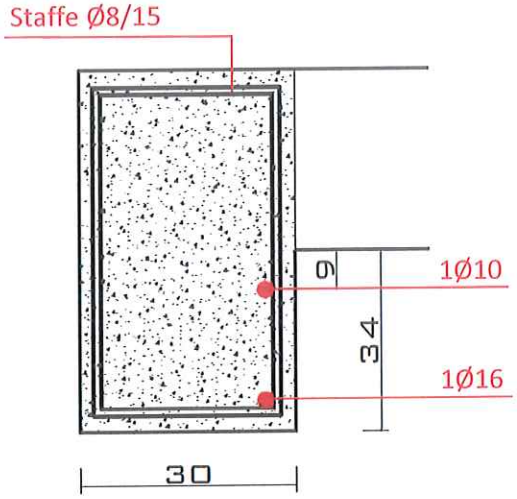
N° Identificativo Prova: P41

Elemento Prova: **TRAVE**

Superficie Acciaio: **ADERENZA MIGLIORATA**

Spess. Copriferro: > 6 *cm*

Note: Sezione di appoggio




N.R.: Non rilevabile

Rilievo diametri: strumentale X visivo X

Cantiere: **TEATRO COMUNALE**
Indirizzo: **Via Morselli, Nettuno (RM)**

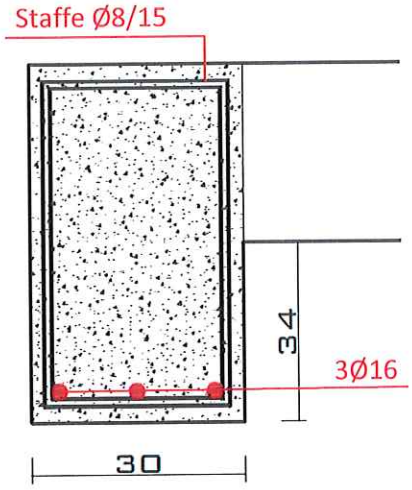
N° Identificativo Prova: P42

Elemento Prova: **TRAVE**

Superficie Acciaio: **ADERENZA MIGLIORATA**

Spess. Copriferro: > 6 *cm*

Note: Sezione di appoggio




N.R.: Non rilevabile

Rilievo diametri: strumentale X visivo X

Cantiere: **TEATRO COMUNALE**
Indirizzo: **Via Morselli, Nettuno (RM)**

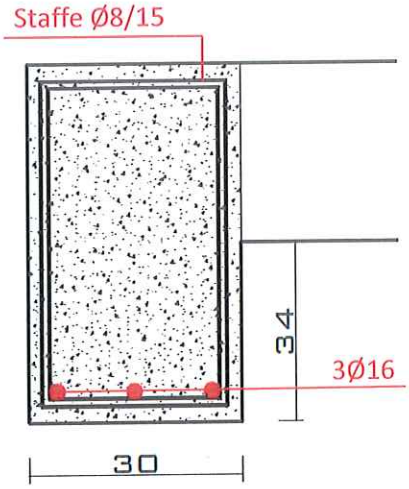
N° Identificativo Prova: P43

Elemento Prova: **TRAVE**

Superficie Acciaio: **ADERENZA MIGLIORATA**

Spess. Copriferro: *> 6 cm*

Note: Sezione di mezzeria




N.R.: Non rilevabile

Rilievo diametri: strumentale [X] visivo [X]

Cantiere: **TEATRO COMUNALE**
Indirizzo: **Via Morselli, Nettuno (RM)**

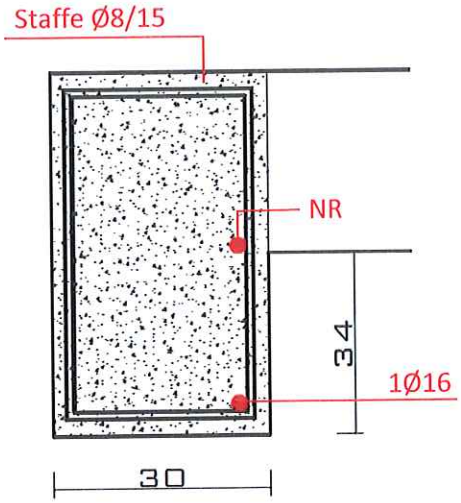
N° Identificativo Prova: P44

Elemento Prova: **TRAVE**

Superficie Acciaio: **ADERENZA MIGLIORATA**

Spess. Copriferro: *> 6 cm*

Note: Sezione di mezzeria




N.R.: Non rilevabile

Rilievo diametri: strumentale [X] visivo [X]

Cantiere: **TEATRO COMUNALE**
Indirizzo: **Via Morselli, Nettuno (RM)**

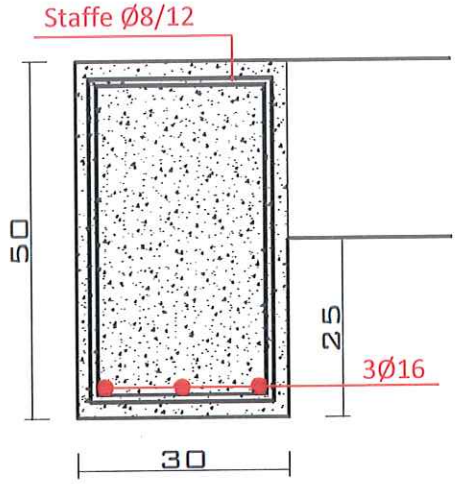
N° Identificativo Prova: P45

Elemento Prova: **TRAVE**

Superficie Acciaio: **ADERENZA MIGLIORATA**

Spess. Copriferro: ***> 5 cm***

Note: Sezione di appoggio




N.R.: Non rilevabile

Rilievo diametri: strumentale X visivo X

Cantiere: **TEATRO COMUNALE**
Indirizzo: **Via Morselli, Nettuno (RM)**

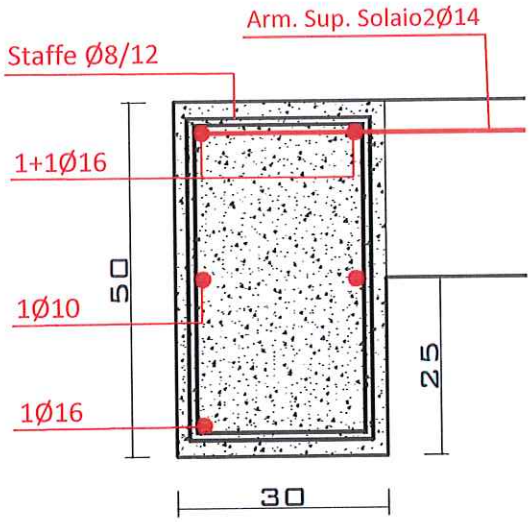
N° Identificativo Prova: P46

Elemento Prova: **TRAVE**

Superficie Acciaio: **ADERENZA MIGLIORATA**

Spess. Copriferro: ***> 5 cm***

Note: Sezione di appoggio




N.R.: Non rilevabile

Rilievo diametri: strumentale X visivo X

Cantiere: **TEATRO COMUNALE**
Indirizzo: **Via Morselli, Nettuno (RM)**

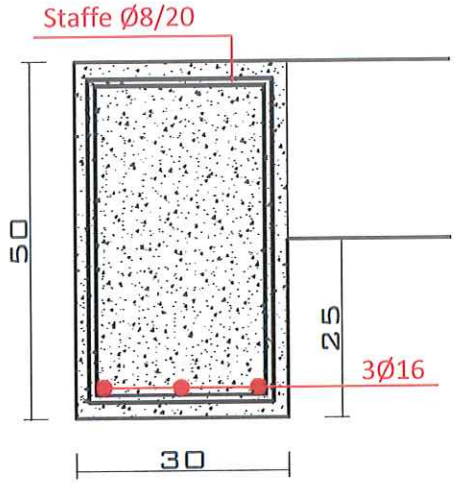
N° Identificativo Prova: P47

Elemento Prova: **TRAVE**

Superficie Acciaio: **ADERENZA MIGLIORATA**

Spess. Copriferro: ***> 5 cm***

Note: Sezione di mezzeria




N.R.: Non rilevabile

Rilievo diametri: strumentale [X] visivo [ ]

Cantiere: **TEATRO COMUNALE**
Indirizzo: **Via Morselli, Nettuno (RM)**

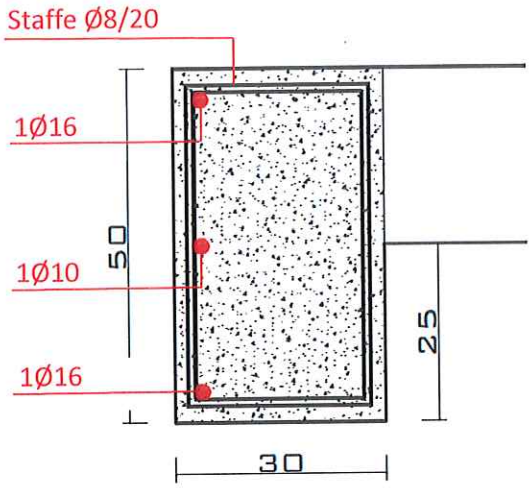
N° Identificativo Prova: P48

Elemento Prova: **TRAVE**

Superficie Acciaio: **ADERENZA MIGLIORATA**

Spess. Copriferro: ***> 7 cm***

Note: Sezione di mezzeria




N.R.: Non rilevabile

Rilievo diametri: strumentale [X] visivo [ ]

Cantiere: **TEATRO COMUNALE**
Indirizzo: **Via Morselli, Nettuno (RM)**

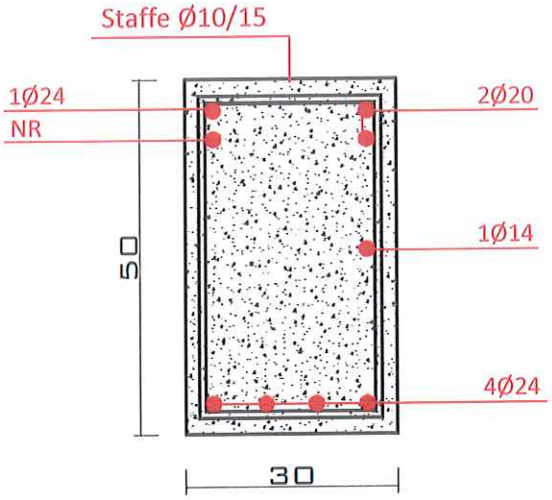
N° Identificativo Prova: R1A

Elemento Prova: **TRAVE**

Superficie Acciaio: --

Spess. Copriferro: *> 6 cm*

Note: Sezione di appoggio, indagine effettuata a quota 2.80m dal piano ballatoio rispetto intradosso trave




N.R.: Non rilevabile

Rilievo diametri: strumentale [X] visivo [ ]

Cantiere: **TEATRO COMUNALE**
Indirizzo: **Via Morselli, Nettuno (RM)**

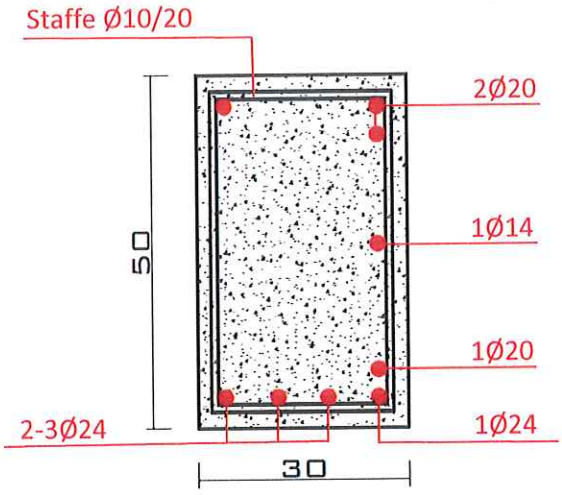
N° Identificativo Prova: R1M

Elemento Prova: **TRAVE**

Superficie Acciaio: --

Spess. Copriferro: *> 6 cm*

Note: Sezione di mezzeria, indagine effettuata a quota 2.80m dal piano ballatoio rispetto intradosso trave, dubbia individuazione dell'armatura inferiore indicata




N.R.: Non rilevabile

Rilievo diametri: strumentale [X] visivo [ ]

# 7. PROVA DI CARICO SU COPERTURA IN LEGNO

## 7.1 RIFERIMENTI NORMATIVI

Secondo quanto riportato nel DM 17.01.2018 al cap.9, par. 9.2, le prove di carico, ove ritenute necessarie dal Collaudatore, dovranno identificare la corrispondenza del comportamento teorico e quello sperimentale.

I materiali degli elementi sottoposti a collaudo devono aver raggiunto le resistenze previste per il loro funzionamento finale in esercizio. Il programma delle prove, stabilito dal Collaudatore, con l'indicazione delle procedure di carico e delle prestazioni attese deve essere sottoposto al Direttore dei lavori per l'attuazione e reso noto al Progettista e al Costruttore.

Le prove di carico si devono svolgere con le modalità indicate dal Collaudatore che se ne assume la piena responsabilità, mentre, per quanto riguarda la loro materiale attuazione, è responsabile il Direttore dei lavori. Nel collaudo statico si terrà conto di quanto indicato nel Cap.4 per i vari materiali, inoltre per i ponti di quanto prescritto al § 5.1 per i ponti stradali e al § 5.2 per quelli ferroviari.

Le prove di carico sono prove di comportamento delle opere sotto le azioni di esercizio. Queste devono essere, in generale, tali da indurre le sollecitazioni massime di esercizio per combinazioni caratteristiche (rare).

In relazione al tipo della struttura ed alla natura dei carichi le prove possono essere convenientemente protratte nel tempo, ovvero ripetute su più cicli. Il giudizio sull'esito della prova è responsabilità del Collaudatore. L'esito della prova va valutato sulla base dei seguenti elementi:

- le deformazioni si accrescano all'incirca proporzionalmente con i carichi;
- nel corso della prova non si siano prodotte fratture, fessurazioni, deformazioni o dissesti che compromettano la sicurezza o la conservazione dell'opera;
- la deformazione residua, dopo la prima applicazione del carico massimo non superi una quota parte di quella totale, commisurata ai prevedibili assestamenti iniziali di tipo anelastico della struttura oggetto della prova. Nel caso invece che tale limite venga superato, le prove di carico successive devono indicare che la struttura tenda ad un comportamento elastico;
- la deformazione elastica risulti non maggiore di quella calcolata.

Le prove statiche, a giudizio del Collaudatore e in relazione all'importanza dell'opera, possono essere integrate da prove dinamiche e prove a rottura su elementi strutturali.

## 7.2 DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI

L'intervento in oggetto ha previsto il posizionamento delle mire per le letture degli abbassamenti in corrispondenza dell'intradosso della trave da saggiare. Nel caso in esame le letture degli abbassamenti sono state effettuate mediante l'utilizzo di una stazione totale topografica.

Il carico è stato applicato posizionando, al piano terra due serbatoi rigidi, riempiti di acqua al fine di raggiungere l'entità del carico di prova. La messa in carico applicando una trazione verticale verso il basso utilizzando i suddetti serbatoi come contrasto, collegati con un sistema di funi e catene, tramite poi un martinetto idraulico.

Tale procedura ha consentito di ottenere il carico massimo di prova pari a 1200 Kg così come richiesto dalla Committenza.

Lo scopo dell'intervento è stato quello di valutare i cedimenti prodotti dall'applicazione del carico come richiesto.

In allegato sono inoltre indicate le caratteristiche della strumentazione utilizzata.

## 7.3 RESOCONTO DELLA PROVA DI CARICO

La prova di carico ha avuto inizio (*dopo aver collocato i serbatoi e tutti gli apparecchi necessari, conformemente allo schema di carico richiesto*) con il posizionamento delle mire di lettura, secondo lo schema riportato di seguito, dopo aver effettuato una lettura "0" (zero) nella configurazione invariata del sistema, quindi senza l'applicazione del carico tramite il martinetto.

Nella fase successiva si è provveduto ad incrementare il carico tramite azionamento idraulico del martinetto e a rilevare i cedimenti della struttura per effetto della nuova configurazione secondo precisi intervalli.

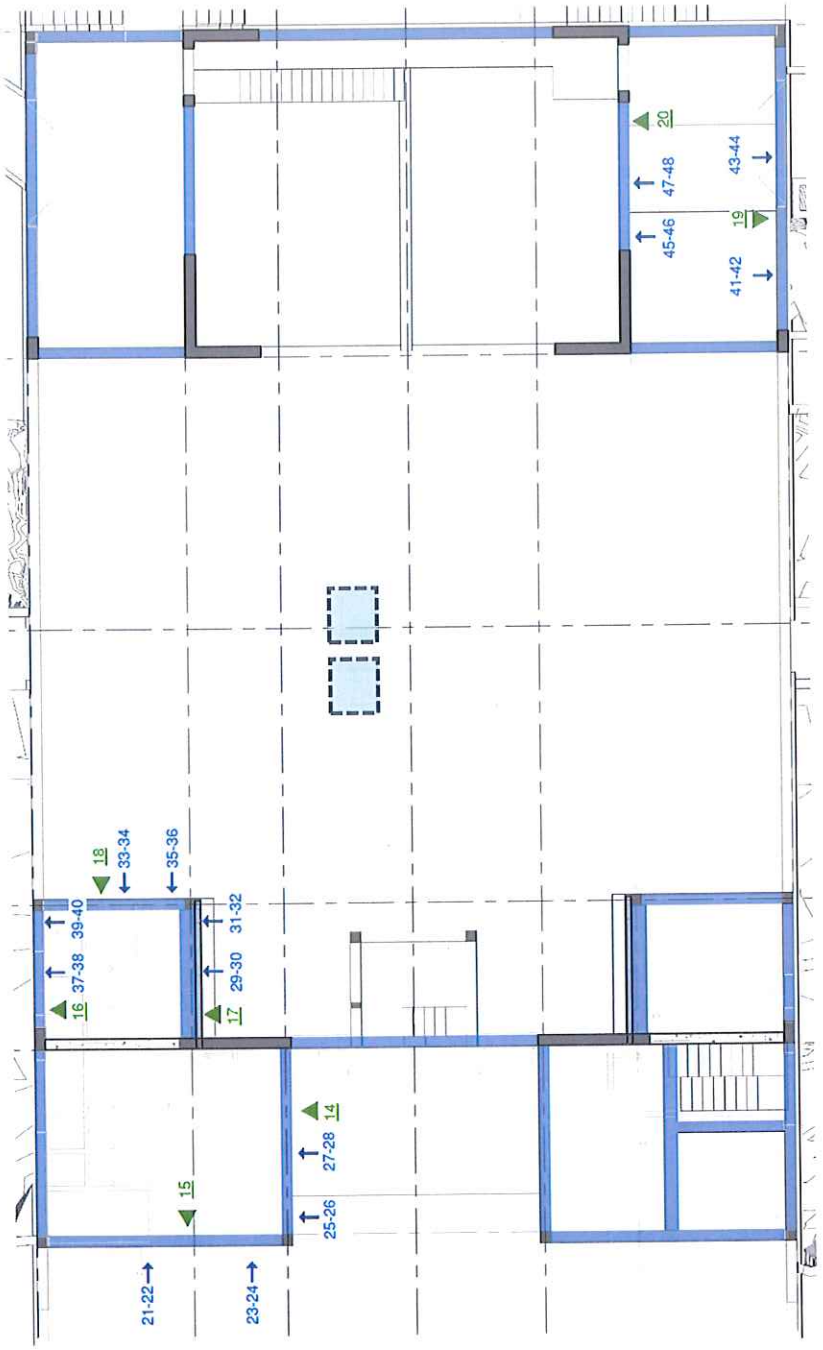
In considerazione di quanto esposto si riportano di seguito le planimetrie ubicative degli elementi della prova di carico e nelle tabelle successive le misurazioni degli abbassamenti (abbassamenti/carico) con relativi grafici.

**LEGENDA:**

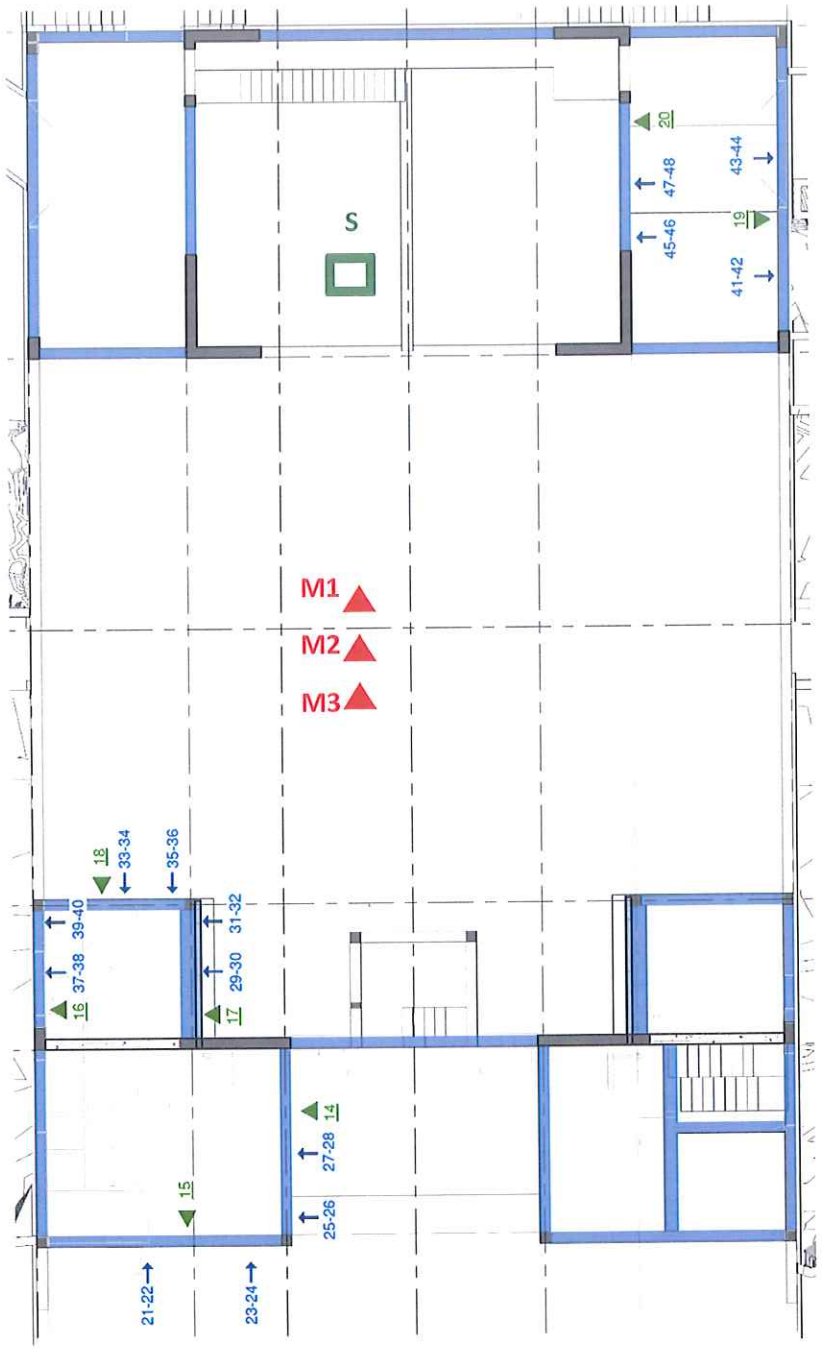
SERBATOI

STAZIONE DI LETTURA (S)

MIRE DI LETTURA (M...)




**Planimetria schematica esecuzione prova di carico – Posizione Serbatoi**




**Planimetria schematica esecuzione prova di carico – Posizione Mire e Stazione di Lettura**

# TABELLA DELLE MISURAZIONI

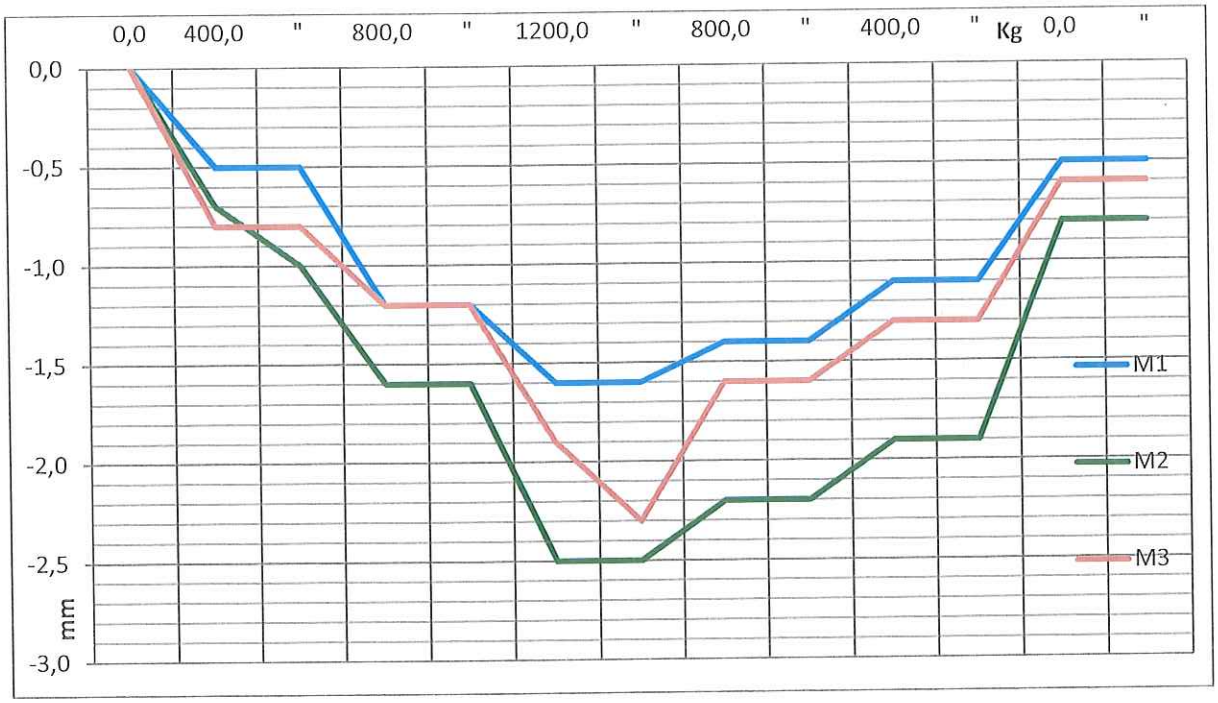
| Elemento: | SOLAIO COPERTURA IN LEGNO | Data: 14/03/2019 |
|---|---|---|
| | | Prova n°: 1 |

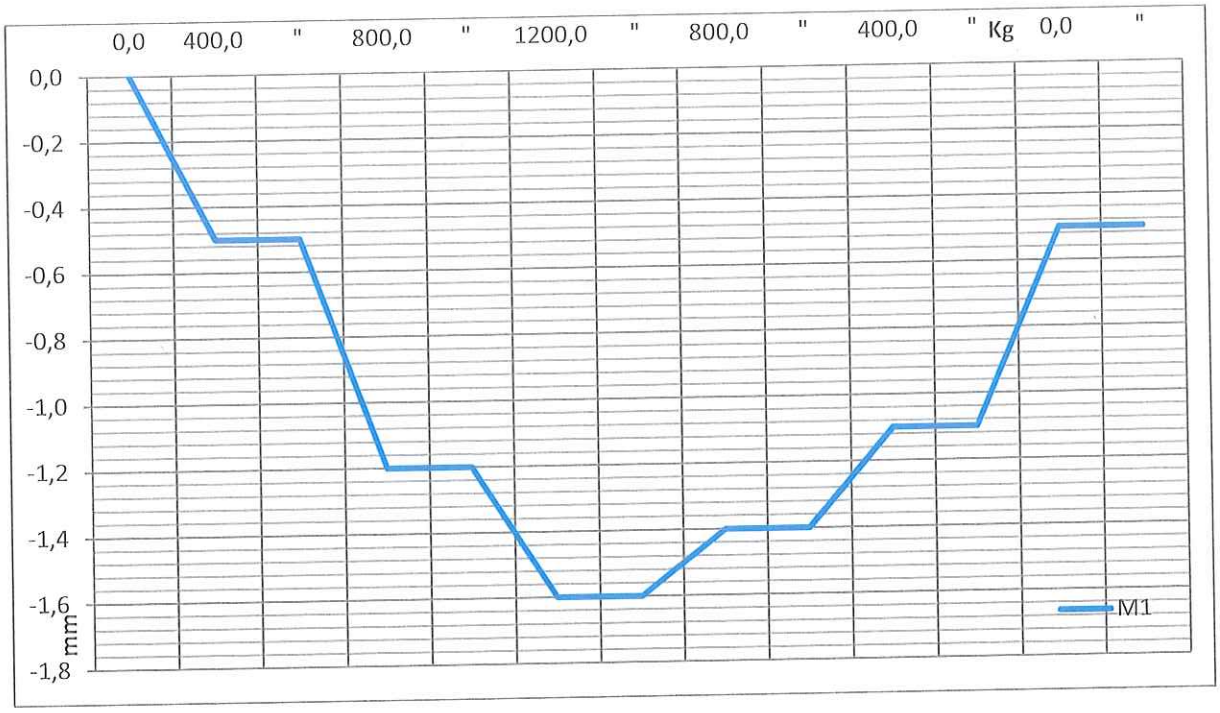
| STEP (n°) | TEMPO (min.) | CARICO (Kg/m²) | Letture Strumento Topografico (m) | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | M1 | M2 | M3 |
| 0 | 0' | 0,0 | 15,1852 | 14,3797 | 13,6424 |
| 1 | 0' | 400,0 | 15,1847 | 14,3790 | 13,6416 |
| " | 5' | " | 15,1847 | 14,3787 | 13,6416 |
| 2 | 0' | 800,0 | 15,1840 | 14,3781 | 13,6412 |
| " | 5' | " | 15,1840 | 14,3781 | 13,6412 |
| 3 | 0' | 1200,0 | 15,1836 | 14,3772 | 13,6405 |
| " | 35' | " | **15,1836** | **14,3772** | **13,6401** |
| 4 | 0' | 800,0 | 15,1838 | 14,3775 | 13,6408 |
| " | 5' | " | 15,1838 | 14,3775 | 13,6408 |
| 5 | 0' | 400,0 | 15,1841 | 14,3778 | 13,6411 |
| " | 5' | " | 15,1841 | 14,3778 | 13,6411 |
| 6 | 0' | 0,0 | 15,1847 | 14,3789 | 13,6418 |
| " | 15' | " | 15,1847 | 14,3789 | 13,6418 |

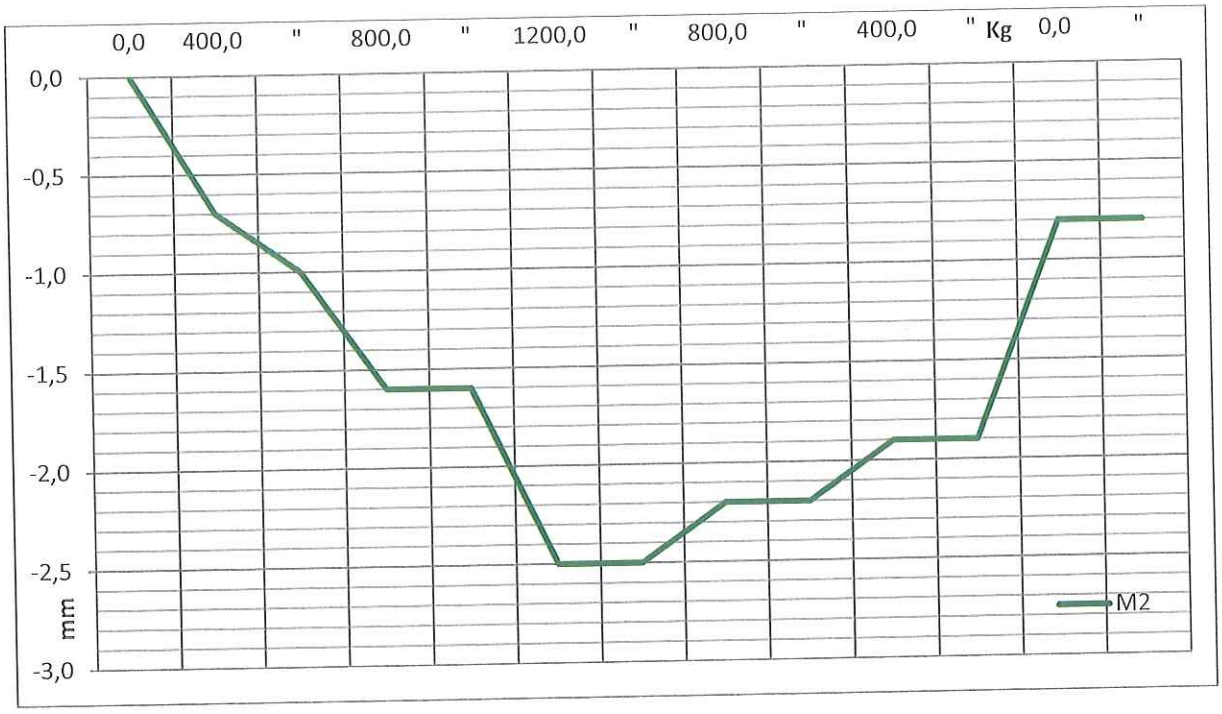
# TABELLA DELLE CEDIMENTI

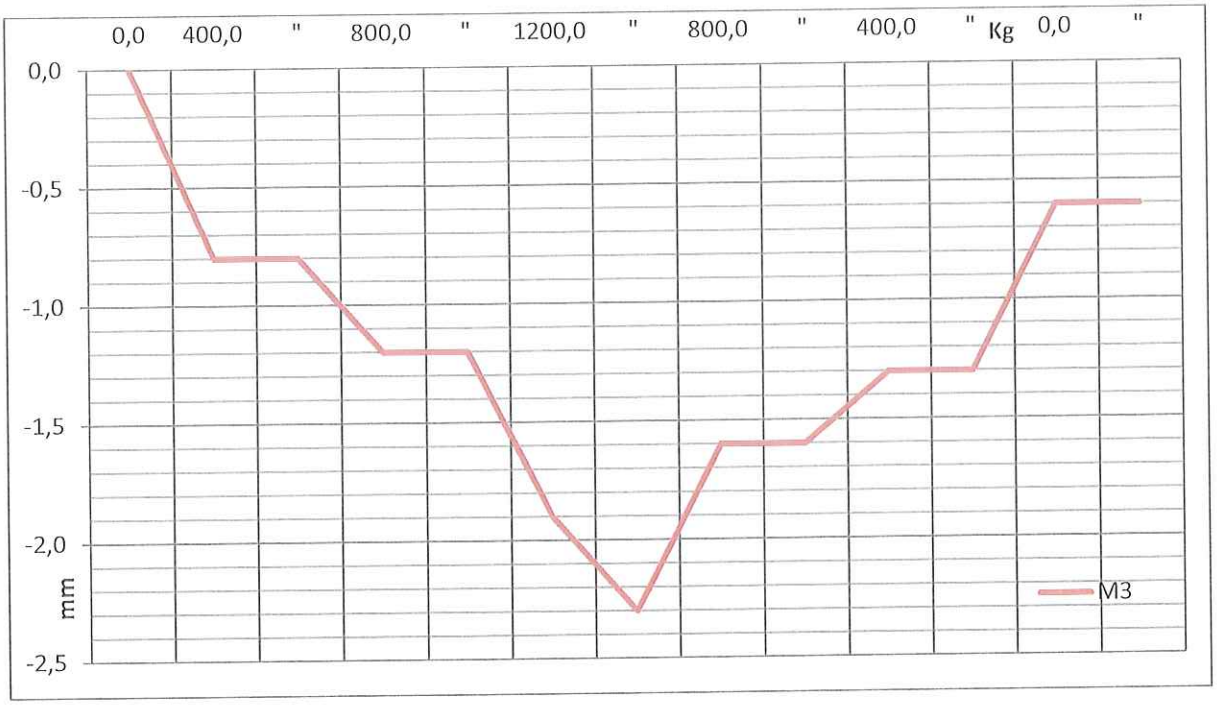
| Elemento: | SOLAIO COPERTURA IN LEGNO | Data: 14/03/2019 |
|---|---|---|
| | | Prova n°: 1 |

| STEP (n°) | TEMPO (min.) | CARICO (Kg/m²) | Cedimenti (mm) | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | M1 | M2 | M3 |
| 0 | 0' | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 1 | 0' | 400,0 | -0,5 | -0,7 | -0,8 |
| " | 5' | " | -0,5 | -1,0 | -0,8 |
| 2 | 0' | 800,0 | -1,2 | -1,6 | -1,2 |
| " | 5' | " | -1,2 | -1,6 | -1,2 |
| 3 | 0' | 1200,0 | -1,6 | -2,5 | -1,9 |
| " | 35' | " | **-1,6** | **-2,5** | **-2,3** |
| 4 | 0' | 800,0 | -1,4 | -2,2 | -1,6 |
| " | 5' | " | -1,4 | -2,2 | -1,6 |
| 5 | 0' | 400,0 | -1,1 | -1,9 | -1,3 |
| " | 5' | " | -1,1 | -1,9 | -1,3 |
| 6 | 0' | 0,0 | -0,5 | -0,8 | -0,6 |
| " | 5' | " | -0,5 | -0,8 | -0,6 |




0,0
400,0
"
800,0
"
1200,0
"
800,0
"
400,0
" Kg
0,0
"
0,0
-0,2
-0,4
-0,6
-0,8
-1,0
-1,2
-1,4
-1,6
-1,8
mm
M1


0,0
400,0
"
800,0
"
1200,0
"
800,0
"
400,0
" Kg
0,0
"
0,0
-0,5
-1,0
-1,5
-2,0
-2,5
-3,0
mm
M2


0,0
400,0
"
800,0
"
1200,0
"
800,0
"
400,0
"
Kg
0,0
"
0,0
-0,5
-1,0
-1,5
-2,0
-2,5
mm
M3

## 8 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Si fa presente che nel corso delle indagini e delle prove non si sono verificati dissesti, crepe o lesioni che possano aver inficiato la sicurezza e la funzionalità delle strutture, o eventi di altra natura che possano aver invalidato le misurazioni.

## 9 PRESENTI DURANTE LE PROVE

| NOME E COGNOME | FIGURA |
|---|---|
| Ing. GIORDANO SAPIA | TECNICO SOC. 3TI PROGETTI SPA |
| Geom. PASQUALE DI DOMENICO | TECNICO EDILTEST SRL |
| Ing. ANTONELLO CONFORTO | TECNICAL AREA MANAGER EDILTEST SRL |
| Dott. CHRISTIAN CARDILLO | TEC. INC. LAB. UNIVERSITARIO |

TECNICO INCARICATO DAL LABORATORIO UNIVERSITARIO
(Dott. Christian Cardillo)

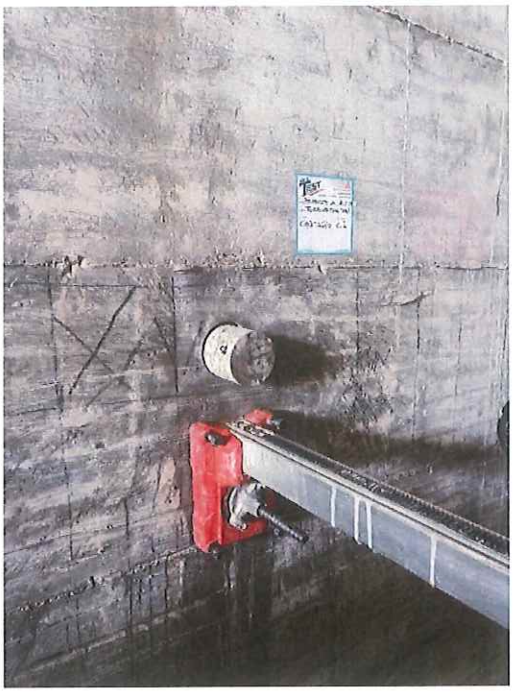
Christian Cardillo

TECNICAL AREA MANAGER EDILTEST SRL
(Dott. Ing. Antonello Conforto)

Ing. ANTONELLO Conforto
TECNICAL AREA MANAGER
EDIL TEST S.R.L.
P. IVA 02568950592

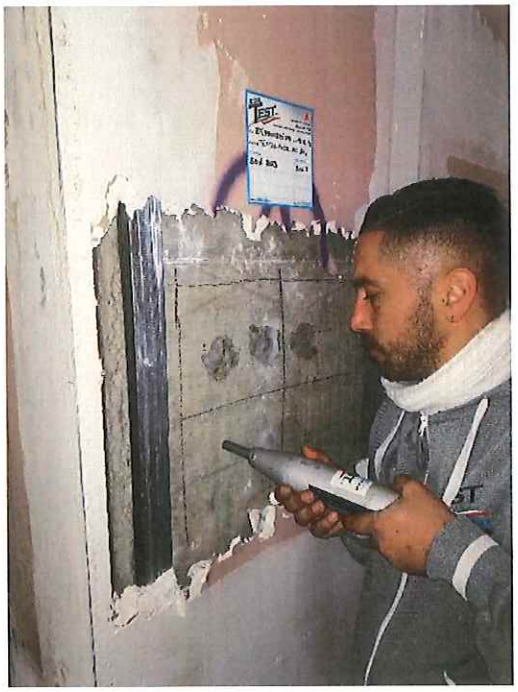
# DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

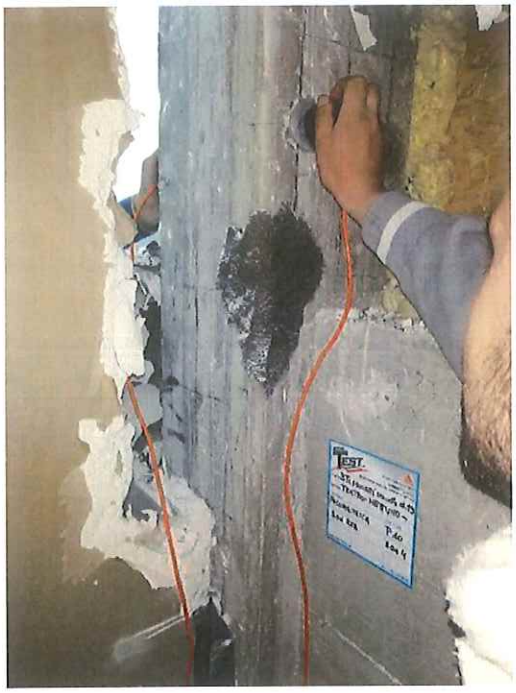
- **Carotaggi**

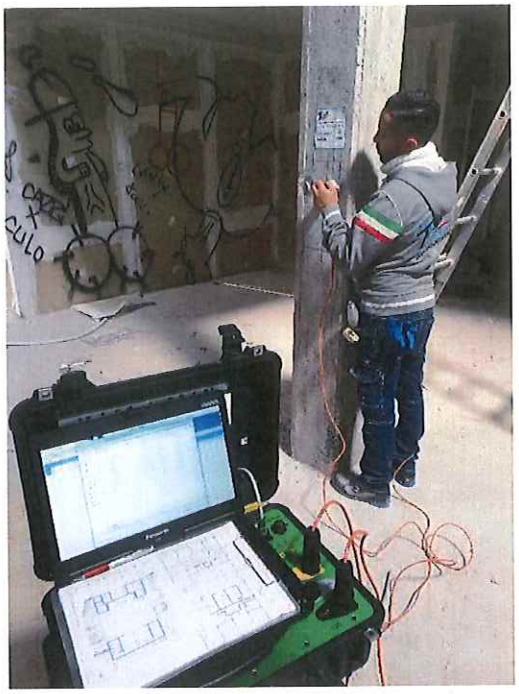


- **Carbonatazione**

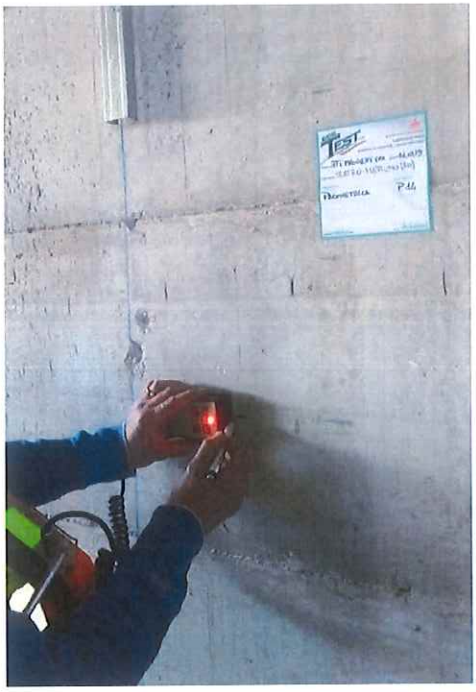
- Indagini Sonreb

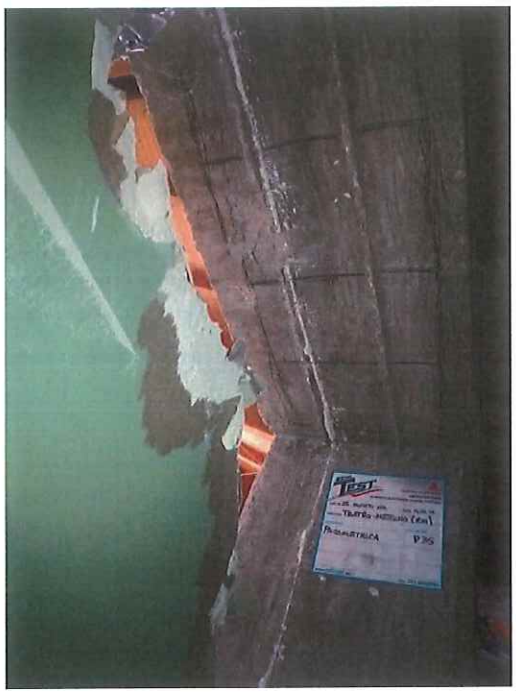


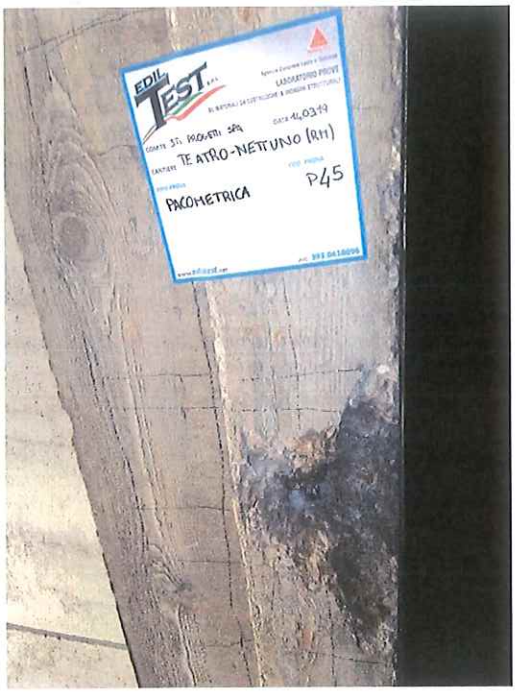




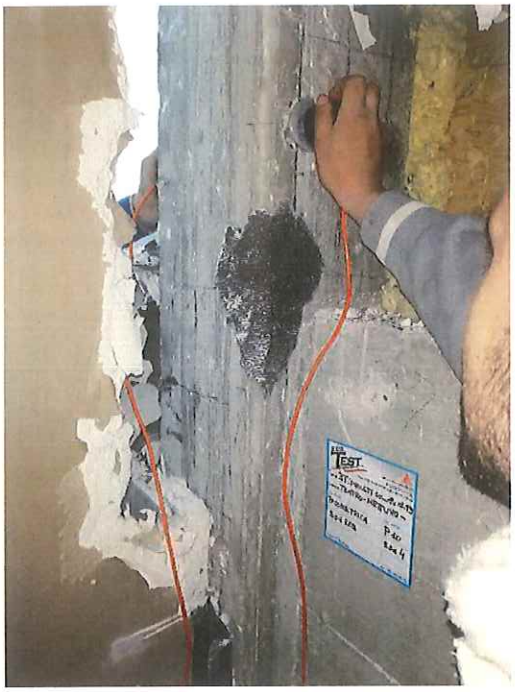
- **Indagini Pacometriche e Saggi Strutturali**

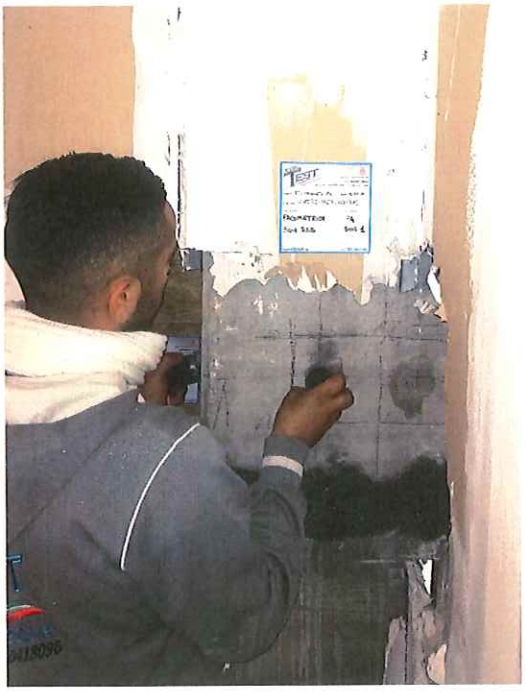





TEATRO-NETTUNO (RM)
P45
PACOMETRICA

Ripristini Strutturali



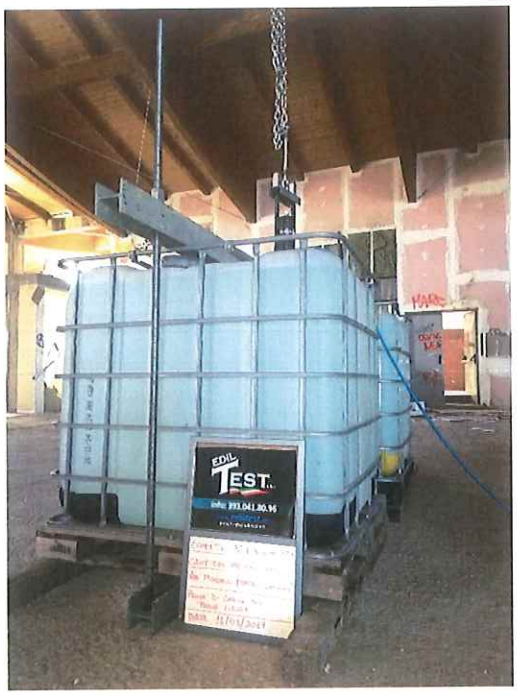


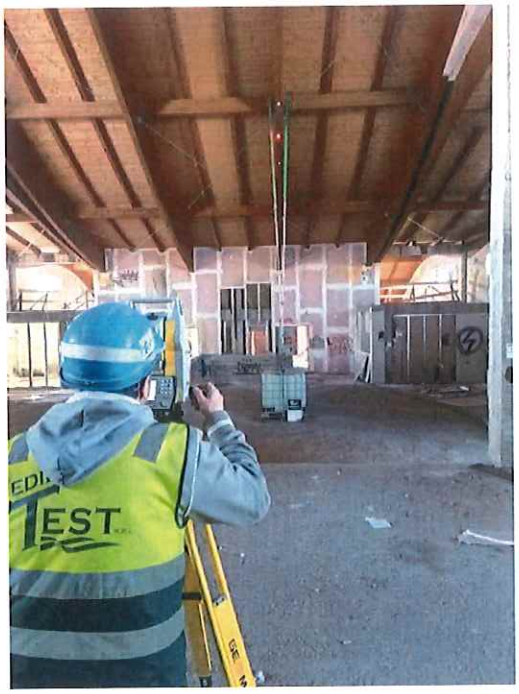
PROGRESSIVA
P34

PROGRESSIVA
P1

P46

Prova di Carico su Copertura in Legno





# STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

## - STAZIONE TOPOGRAFICA TOTALE

## PREMESSA:

Nel campo delle rilevazioni e misurazioni degli spostamenti e delle caratteristiche fisiche dei materiali e degli elementi strutturali, particolare attenzione va posta agli strumenti che vengono utilizzati, **EDILTEST srl** dispone di strumentazione e tecnologia di ultima generazione, adeguata alle varie tipologie di prova attualmente richieste dagli operatori dell'edilizia.

Di seguito sono indicate le caratteristiche tecniche della strumentazione utilizzata con la relativa certificazione.

## STAZIONE TOTALE

Di seguito la strumentazione utilizzata

Rilievi effettuati con strumento topografico a misura laser GEOMAX ZOOM35pro con approssimazione lineare 2mm a L>1000m ed approssimazione angolare di 1".

- Marca: **GeoMax AG**

  Espenstrasse 135 – CH 9443 Widnau Switzerland .

  Sede op. : Via Marconi 86/ad

  I-60015 Falconara marittima (AN)
- Modello: **ZOOM 35PRO 1" A10**
- S.N. : **2836646**

**Specifiche:**

| Zoom35 Pro accXess10 | Distanza Long-range misura su riflettore e reflectorless > 1,000 m* |
|---|---|
| **Misura Angolare** | |
| Precisione | 1" (0.3 mgon), 2" (0.6 mgon), 3" (0.9 mgon), 5" (1.5 mgon) |
| Risoluzione di visualizzazione | 1" (0.1 mgon) |
| Metodo | Assoluto, Continuo, Diametrale |
| Compensazione | Quadri-Assiale |
| **Misura della Distanza** | |
| Prisma | 3,500 m / 2 mm + 2 ppm |
| Long Range | 10,000 m / 5 mm + 2 ppm |
| Tempo Mis. Tip. | 1 s** |
| Senza riflettore | > 1,000 m / 2 mm + 2 ppm*** |
| Impronta | 8 x 20 mm**** |
| **Specifiche Fisiche** | |
| Peso | 5.1 kg (incl. batteria & basetta) |
| Temp. Operativa | da –30°C a 50°C***** |
| Protezione | IP55 resistente a polvere e acqua |
| Umidità | 95 %, senza condensa |

# Certificato di Taratura N. 1049/16

*Certificate of Calibration No.*



| | |
|---|---|
| Oggetto<br>*item* | CAMPIONE DI TARATURA IN PVC PER APPARECCHIO A ULTRASUONI |
| Costruttore<br>*manufacturer* | BOVIAR |
| Modello<br>*model* | 65 µS |
| Matricola<br>*serial number* | Codice interno: SG02.C157 |
| Destinatario<br>*adressee* | SOLGEO SRL<br>Via Pastrengo, 9 - Seriate (BG) |
| Data delle misure<br>*date of measurements* | 22 SETTEMBRE 2016 |
| Data di emissione<br>*date of issue* | 22 SETTEMBRE 2016 |

Il Servizio di Taratura della P&P LMC è conforme alle prescrizioni della Norma UNI CEI EN ISO/IEC 17025 e garantisce la riferibilita' delle misure al Sistema Internazionale a fronte della catena ininterrotta di tarature che inizia da:

| | |
|---|---|
| oggetto : | Catena accelerometrica & Frequency Response Analyser & Universal Counter |
| casa costruttrice : | PCB & Solartron & Helwett-Packard |
| modello : | 301A11 / 482A23 & FR1250 & 53131A |
| matricola : | 1352/135 & 300259 & KR91201213 |
| certificato di taratura : | I.N.RI.M 14-0226-01 & LAT CT-E-0245-2012 & LAT 17400785-13 |
| rilasciato da: | I.N.R.I.M. & LAT N. 51 & LAT N. 174 |

Il Responsabile del Servizio
Ing. A. Bonzi



*P&P LMC s.r.l.*
Sede legale e laboratori : Via Pastrengo, 9 - 24068 Seriate (BG) P.IVA e C.F. 02787860168

## Condizioni ambientali

La taratura e' stata eseguita con lo strumento in oggetto in equilibrio termico con l'ambiente condizionato alla temperatura di 23 °C ± 2 °C, alle seguenti condizioni ambientali:

| | |
|---|---|
| Temperatura : | 23,5 °C ± 0,3 °C |
| Umidità relativa : | 51 % u.r. ± 5 % u.r. |
| Pressione atmosferica : | 995 hPa ± 1 hPa |

## Strumentazione utilizzata

Per il tempo:
Universal Counter campione riportato in prima pagina
Accelerometro PCB mod. 353B13 matr 80264 certificato SIT n. S137/15

Per la temperatura ambiente e l'umidità relativa:
Termoigrometro Testo modello 625 matricola 9812002U certificato LAT N. 128U-018/16

Per la pressione atmosferica:
Barometro Wallace & Tiernan modello A61A matricola 7330-58 certificato LAT N. C1110C6590

## Modalita' di taratura

La taratura è stata effettuata secondo l'Istruzione di Lavoro METROLAB IL/87, riferita alle seguenti norme:
UNI EN ISO 9001:2008, UNI CEI EN ISO/IEC 17025, UNI CEI ENV 13005, UNI EN 10012

## Incertezze

Per il tempo misurato (singola misura) ± 0,01 µs

Per l'incertezza di taratura vedi pagina delle misure

( le incertezze sono espresse come due volte l'incertezza tipo )

## Risultati delle misure

| misura n. | tempo misurato ( µs ) |
|---|---|
| 1 | 64,14 |
| 2 | 64,14 |
| 3 | 64,14 |
| 4 | 64,14 |
| 5 | 64,14 |
| 6 | 64,14 |
| 7 | 64,14 |
| 8 | 64,14 |
| 9 | 64,14 |
| 10 | 64,14 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Tm | = | tempo medio misurato | = | 64,14 | ( µs ) |
| U | = | incertezza di taratura | = | 0,00 | ( µs ) |

## Note informative

I risultati ottenuti sono relativi alla condizione in cui si trovava l'Oggetto al momento della sua taratura; essi non sono significativi della capacità dell'Oggetto di mantenere le caratteristiche nel tempo.

I risultati ottenuti non sono significativi della rispondenza dell'Oggetto alle sue specifiche tecniche; si demanda al Destinatario l'interpretazione dei risultati del presente Certificato di Taratura.

Il presente Certificato di Taratura si rilascia per gli usi consentiti dalle vigenti normative.

Il presente Certificato di Taratura può essere riprodotto solo previa autorizzazione scritta della P&P LMC.

Copia del presente Certificato verrà conservata negli archivi P&P LMC per un periodo di 10 anni dalla data di emissione.

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DELL'AQUILA
*M&MOCS*

*International Research Center for the*
MATHEMATICS AND MECHANICS OF COMPLEX SYSTEMS

LABORATORIO PROVE SU MATERIALI E STRUTTURE

Cisterna di Latina, 27/03/2019

# CERTIFICATO DI PROVA
# CAMPIONI DI CONGLOMERATO CEMENTIZIO

| | | |
|---|---|---|
| **Prat. n. 486/2019** | | Richiesta del 26/03/2019 |
| **Richiedente** | Ing. Giordano Sapia (Collaboratore 3TI Progetti SpA) | |
| **Proprietario** | Comune di Nettuno | |
| **Cantiere di** | Via Morselli, Nettuno (Roma) - Teatro Comunale | |

## RISULTATO DELLE PROVE A COMPRESSIONE SU N. 2 PROVINI CILINDRICI RICAVATI DA CAROTE

(D.M. 17.01.2018 - UNI EN 12504-1 e UNI EN 12390-3)

| | |
|---|---|
| Prova n. 1309/cc/2019 | Data di prova 27/03/2019 |
| Contrassegno (*): C1 | Data prelievo (*) : 14/03/2019 |
| Posizione in opera (*): Setto | |

| Provino n. | Massa volumica kg/dm$^3$ | Diam. D mm | Altezza H mm | Rapporto H/D | Tipo di rottura | Carico di Rottura kN | Tensione di Rottura N/mm$^2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| C1 | 2,31 | 94,0 | 94,0 | 1,000 | Soddisfacente 4 | 261,5 | 37,7 |

(*) dati forniti dal richiedente la prova.

Sede: Via delle Provincie snc, 04012 Cisterna di Latina, (LT) *Tel.:* 3345497381 / 3471890098 - *Fax.:* 0773 1871016
*sito web:* http://memocs.univaq.it; *e-mail:* memocs.provemateriali@gmail.com

| | |
|---|---|
| Prova n. 1310/cc/2019 | Data di prova 27/03/2019 |
| Contrassegno (*): C2 | Data prelievo (*) : 14/03/2019 |
| Posizione in opera (*): Setto | |

| Provino n. | Massa volumica kg/dm$^3$ | Diam. D mm | Altezza H mm | Rapporto H/D | Tipo di rottura | Carico di Rottura kN | Tensione di Rottura N/mm$^2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| C2 | 2,36 | 94,0 | 94,1 | 1,001 | Soddisfacente 4 | 418,7 | 60,4 |

(*) dati forniti dal richiedente la prova.

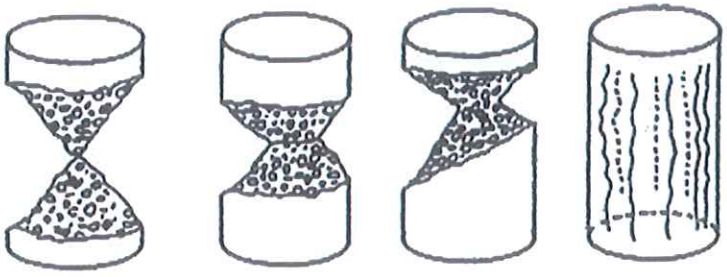
Il Responsabile del Laboratorio
(Prof. A. Luongo)

L'ingegnere Responsabile
(Dott. Ing. I. Giorgio)

Il Direttore del Centro
(Prof. F. dell'Isola)

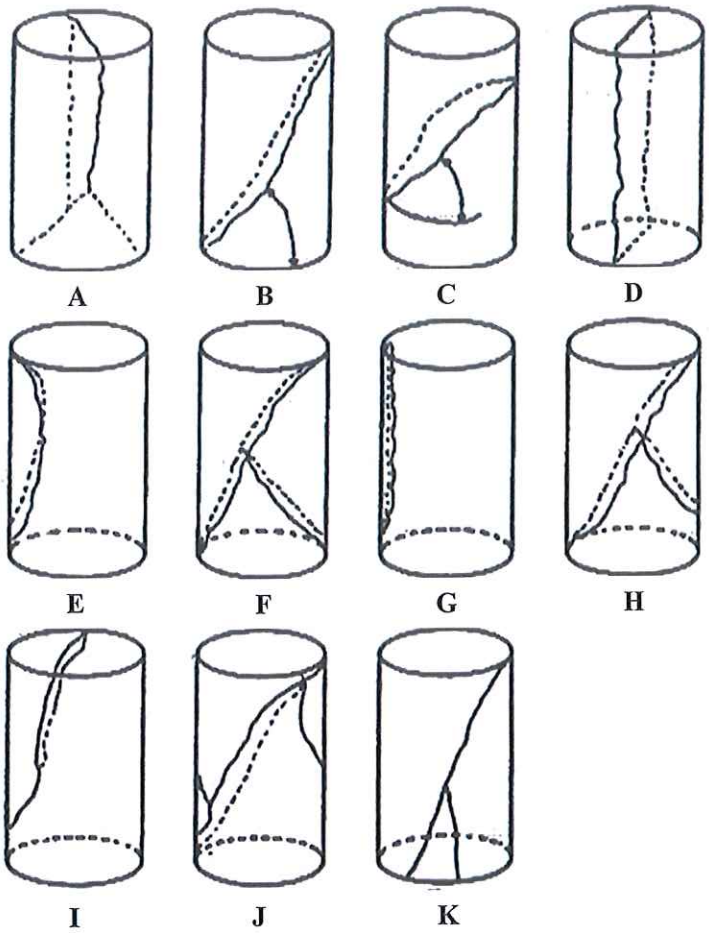
## TIPI DI ROTTURA

### a) Soddisfacente



1 2 3 4

### b) Non Soddisfacente



A B C D

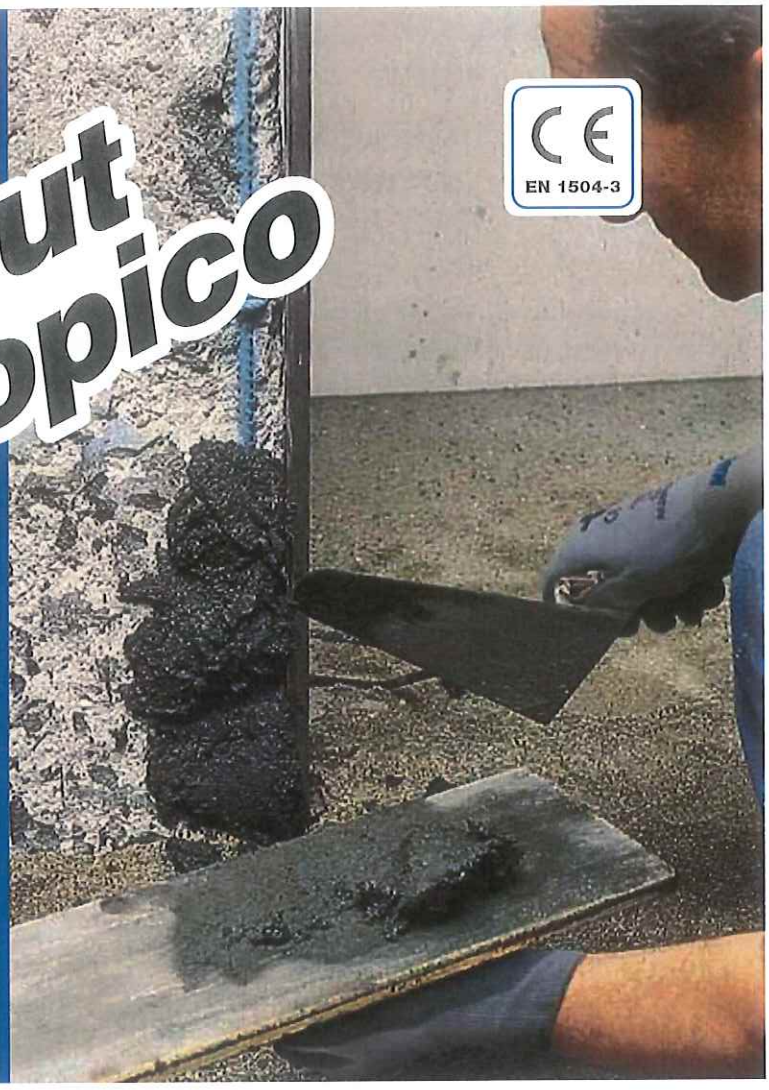
E F G H

I J K

MAPEI

CONFORME ALLA NORMA EUROPEA
EN 1504-3
R4
MAPEI
MALTA DA RIPARAZIONE

# Mapegrout Tissotropico




## Malta a ritiro compensato fibrorinforzata per il risanamento del calcestruzzo

### CAMPI DI APPLICAZIONE

Ripristino corticale di strutture in calcestruzzo ammalorato su superfici verticali o orizzontali.

**Alcuni esempi di applicazione**

- Riparazione di zone degradate di calcestruzzo, spigoli di pilastri e travi, frontalini di balconi danneggiati per ossidazione dei ferri d'armatura.
- Ricostruzione dello strato copriferro in strutture di cemento armato.
- Regolarizzazione di difetti superficiali come nidi di ghiaia, riprese di getto, fori dei distanziatori dei casseri, ferri affioranti, ecc.
- Riempimento di giunzioni rigide.
- Ripristino di superfici soggette a forte abrasione (canali, pavimenti industriali, rampe, ecc.).
- Regolarizzazione di pareti di diaframmi e gallerie.
- Ripristino di viadotti autostradali, stradali, ferroviari.

### CARATTERISTICHE TECNICHE

**Mapegrout Tissotropico** è una malta premiscelata in polvere composta da cementi ad alta resistenza, aggregati selezionati, speciali additivi e fibre sintetiche secondo una formulazione sviluppata nei laboratori di ricerca MAPEI.
**Mapegrout Tissotropico**, impastato con acqua, si trasforma in una malta di facile lavorabilità e può essere applicato in verticale senza colare anche in forti spessori e senza bisogno di casserature.
Al fine di consentire il corretto e completo sviluppo dei fenomeni espansivi, **Mapegrout Tissotropico**, se preparato con l'aggiunta della sola acqua, deve essere stagionato in ambiente umido, condizione che è purtroppo difficile da garantire in cantiere.
Per permettere invece lo svolgersi dei fenomeni espansivi all'aria, **Mapegrout Tissotropico** può essere vantaggiosamente additivato con lo 0,25% di **Mapecure SRA**, speciale additivo in grado di ridurre sia il ritiro plastico, sia il ritiro idraulico.
**Mapecure SRA** infatti svolge un'importantissima funzione garantendo una migliore stagionatura della malta e, miscelato con **Mapegrout Tissotropico**, può essere considerato un sistema tecnologicamente avanzato in quanto l'additivo è in grado di ridurre l'evaporazione rapida dell'acqua dalla malta e di favorire lo sviluppo delle reazioni di idratazione.
**Mapecure SRA** si comporta in sostanza come uno stagionante interno e, grazie all'interazione con alcuni componenti principali del cemento, consente di ottenere ritiri finali dal 20 al 50% inferiori rispetto ai valori standard del prodotto non additivato con un'evidente minor incidenza di possibili fenomeni fessurativi.
**Mapegrout Tissotropico**, una volta indurito, possiede le seguenti qualità:

- elevatissime resistenze meccaniche alla flessione ed alla compressione;
- modulo elastico, coefficiente di dilatazione termica, coefficiente di permeabilità al vapore acqueo simili a quelli del calcestruzzo di alta qualità;
- impermeabilità all'acqua;
- ottima adesione al vecchio calcestruzzo, purché precedentemente inumidito con acqua e ai ferri d'armatura specie se trattati con **Mapefer** o con **Mapefer 1K**;
- elevata resistenza all'usura per abrasione.

**Mapegrout Tissotropico** risponde ai principi definiti nella EN 1504-9 ("*Prodotti e sistemi per la protezione e la riparazione delle strutture in calcestruzzo: definizioni, requisiti, controllo di qualità e valutazione della conformità. Principi generali per l'uso dei prodotti e sistemi*") e ai requisiti minimi richiesti dalla EN 1504-3 ("*Riparazione strutturale e non strutturale*") per le malte strutturali di classe R4.

# REPORT TECNICO

Oggetto:

## REPORT TECNICO RELATIVO ALL'INDAGINE TERMOGRAFICA ESEGUITA ALL'INTERNO E ALL'ESTERNO DEL TEATRO COMUNALE IN VIA DI COMPLETAMENTO SITO NEL COMUNE DI NETTUNO (RM)

Strumenti: TERMOCAMERA FLIR Systems Inc.Serie T640bx
TERMOCAMERA FLIR TAU2 640 radiometrica
VIDEOSCOPIO

Committente: 3TI PROGETTI Italia Ingegneria Integrata S.p.A.
Lungotevere V. Gassman, 22
00146 Roma

Data:
14 Maggio 2019

Data rev:
__/__/____

Il Tecnico: Ing. Andrea De Rossi
Prog.Im. Costruzioni S.r.l.

Timbro

**PROG.IM. COSTRUZIONI S.R.L.**
**Via Canton, 49 – 00144 ROMA**
Società con tecnici certificati in prove non distruttive
Operatori con Livello 2
Norma UNI EN 473:2008 ISO9712:2012

## Sommario

1 Premessa ..... 3
2 Oggetto ..... 5
3 Sopralluogo ..... 5
4 Tecnica della Termografia ..... 5
5 Analisi del sito ..... 8
5.1 Documentazione termografica ..... 11
5.2 Documentazione fotografica da drone ..... 23
5.3 Documentazione termografica da drone ..... 25
6 Conclusioni ..... 26

# 1 Premessa

Il sottoscritto Ing. Andrea De Rossi, con studio professionale in Roma, via Canton 49, iscritto all'ordine degli Ingegneri di Roma con matricola n. A/23952 settore a-b-c, Operatore Termografico di Livello II dal 22/12/2015, in conformità alla normativa UNI EN 473:2008 ISO 9712, riconosciuto dall'ente certificatore RINA SERVICE S.P.A. col n. 76731, e in possesso del certificato di qualifica di Operatore per CND, valevole per i settori CIVILE-ELETTRICO-MECCANICO-INDUSTRIALE, col n. 15FI01926PO5 e scadenza il 22/12/2020, come dimostrato dalle immagini inserite alla fine del presente paragrafo, su incarico della società di ingegneria 3TI PROGETTI Italia Ingegneria Integrata S.p.A., ha eseguito un sopralluogo con Termocamera a raggi Infrarossi FLIR T640bx e Termocamera FLIR TAU2 640 radiometrica montata su drone, presso il Teatro Comunale di Nettuno, al fine di valutare qualitativamente le condizioni degli involucri opachi esistenti e di individuare criticità e ponti termici presenti, nell'ambito dei lavori di completamento che coinvolgono l'immobile oggetto di tale Report Tecnico-Termografico.

Tesserino di Riconoscimento
Personal Badge
N° 76731
ACCREDIA L'ENTE ITALIANO DI ACCREDITAMENTO
Registrazione N° 66C

Si certifica che l'operatore: DE ROSSI ANDREA
This is to certify that the operator,
nato a / born in ROMA (RM) il / on 25/07/1978
è qualificato come addetto alle prove non distruttive al livello 2 in conformità alla norma UNI EN 473:2008 ISO 9712 nei metodi e settori indicati sul retro.
is qualified as level 2 NDT operator according to UNI EN 473:2008 ISO 9712 rules in the methodsand for the sectors specified on the back side.
RINA Services S.p.A.
Genova, 22/12/2015

| Metodo / Method | N° Certificato / N° Certificate | Settore / Sector | Scadenza / Expiry Date |
|---|---|---|---|
| TT | 15FI01926PO5 | CIVILE ELE. MECC. IND | 22/12/2020 |

Legenda: / Legend:
c getti / casts
f fucinati / forgings
t tubi e condotte / pipes and tubes
w prodotti saldati / welded products
wp prodotti lavorati / worked products

Firma della persona certificata
Sign of the certified person

# CERTIFICATO DI QUALIFICA DI OPERATORE PER CND

N. **15FI01926PO5**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Operatore | **DE ROSSI ANDREA** | | |
| Nato a | **ROMA (RM)** | il | **25/07/1978** |
| Impiegato presso | **PROG.IM. COSTRUZIONI S.R.L.** | | |
| Con sede in | **ROMA (RM)** | | |

SI CERTIFICA che, a seguito degli esami sostenuti, l'operatore addetto alle prove non distruttive è qualificato al LIVELLO 2 , in conformità alla norma UNI EN ISO 9712:2012,

nel metodo:

**TERMOGRAFIA INFRAROSSA**

per il/i settore/i:

**CIVILE ELETTRICO MECCANICO INDUSTRIALE**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Il presente certificato è valido dal | **22 Dicembre 2015** | fino al | **22 Dicembre 2020** |
| Rilasciato a | **GENOVA** | il | **28 Gennaio 2016** |

Questo certificato è composto di 1 pagina

Form EIN-CER-IT-02/05

**RINA Services S.p.A.**
**Via Corsica 12 - 16128 Genova**

ACCREDIA

SGQ N° 002 A SSI N° 001 G
SGA N° 002 D DAP N° 001 H
PRD N° 002 B PRS N° 065 C
SCR N° 003 F LAB N° 0032

Membro degli accordi di Mutuo riconoscimento EA e IAF
Signatory of EA and IAF Mutual Recognition Agreements

[redacted]

## 2 Oggetto

L'oggetto del presente Report Tecnico-Termografico è il Teatro Comunale sito nel Comune di Nettuno (RM), oggetto di interessato a dei lavori di completamento

## 3 Sopralluogo

In data 15 aprile 2019 è stato effettuato un primo sopralluogo durante il quale è stata eseguita una ricognizione dei luoghi; in data 17 aprile 2019 sono stati poi eseguiti i rilevamenti strumentali che hanno permesso di analizzare le criticità descritte dettagliatamente nel seguente par. 5.
Si sono eseguiti rilevamenti nel campo visibile e l'indagine termografica agli infrarossi sugli involucri opachi, sia dall'interno che dall'esterno dell'immobile e in copertura mediante l'utilizzo di un drone che ha effettuato voli a quote basse finalizzati al controllo termografico, successivamente è stata eseguita una indagine termoigrometrica per rilevare la percentuale di umidità relativa di tali involucri e una videoscopia al fine di determinare l'esatta stratigrafia degli stessi.

## 4 Tecnica della Termografia

La termografia è una tecnica diagnostica che consente di evidenziare e misurare il gradiente termico, sotto forma di radiazioni infrarosse, emesso da tutti i corpi aventi temperatura superiore allo zero assoluto (-273°C).
Queste radiazioni, essendo funzione della temperatura dei corpi stessi, consentono ad opportuni strumenti, come le Termocamere a Infrarossi, di riprodurre sotto forma di immagine le radiazioni infrarosse emesse dagli oggetti.
Le Termocamere quindi misurano ed analizzano con precisione la temperatura degli oggetti osservati, senza emissioni di radiazioni dannose e in maniera non invasiva, rendendo questo tipo di ispezione fondamentale in tutti i campi dove non sia possibile effettuare misure di temperatura per contatto.
Le radiazioni infrarosse sono onde elettromagnetiche, invisibili all'occhio umano, che si differenziano da quelle luminose, e visibili, esclusivamente per la loro lunghezza d'onda.
Nel settore edile le applicazioni sono svariate: verifica statica di intonaci, rivestimenti di facciate con materiali di diversa natura, pavimentazioni, ancoraggi vari, coibentazione termica (caldo-freddo), perdite di tubazioni per acqua calda e fredda, impianti di riscaldamento e/o condizionamento, infiltrazioni d'acqua da soffitti e/o lastrici solari e discendenti, processi di impermeabilizzazione, verifica di omogeneità nella realizzazione di manufatti in calcestruzzo, sia per gettata in sito che precompressi, verifica di omogeneità dopo interventi di ristrutturazione di facciate e/o parti di esse con malte e resine cementizie diverse dalle originali.

# TERMOCAMERA T 640BX

## Specifiche Tecniche

| | |
|---|---|
| **RISOLUZIONE TERMICA** | 640 x 480 PIXEL |
| **CAMPO SPETTRALE** | da 7.8 a 14 µm |
| **SENSIBILITA' TERMICA** | <35 mK a 30° C |
| **FREQUENZA IMMAGINE** | 30 Hz |
| **CAMPO VISIVO** | 25° x 19°/0.25m |
| **RANGE DI TEMPERATURA** | da -40°C a +150°C |
| **RISOLUZIONE GEOMETRICA** | 0,68 mrad |
| **ACCURATEZZA** | ± 2°C o ± 2% della lettura |

Tab.1

Certificate of Registration

Duplicate

The following organization's Quality Management System has been assessed and registered by SEMKO Certification AB as conforming to the requirements of

SS-EN ISO 9001:2000

The conditions and extent of this certificate are stated in the decision report

Certificate Number
10044

Initial Certification Date
17 November 1995

Certificate Issue Date
5 December 2008

Certificate Expiry Date
17 November 2010

FLIR

FLIR Systems AB,

Sweden, Australia, Belgium, Brazil, Canada, France, Germany, Hong Kong, Italy, Japan

SWEDAC ACCREDITERING

The Quality Management System is applicable to:

Design, development, manufacture, sales and service of sensors and systems for display, recording and analysis of thermal infrared radiation, including training, education and certification of professional users of such systems.

SEMKO Certification AB –
P.O Box 1103, S-164 22 Kista, Sweden

**Certificato ISO 9001:2000 della FLIR**

# 5 Analisi del sito

In questo paragrafo viene illustrata la sequenza delle operazioni svolte.

Si è condotta dapprima un'indagine visiva sia all'esterno che all'interno dell'immobile in oggetto e si è proceduto poi con l'indagine termografica e termoigrometrica degli involucri opachi per individuare eventuali criticità e presenza di ponti termici.

Già da una prima indagine visiva sono apparse subito evidenti le condizioni dei materiali e dai termogrammi scattati, infatti, è stato possibile verificare lo scadente stato di conservazione di tutti gli involucri, sia verticali che di copertura, grazie anche all'ausilio del drone attraverso il quale si sono potuti scattare i termogrammi della copertura dall'esterno ed eseguire video radiometrici. Nel paragrafo seguente sono riportati i termogrammi più significativi che permettono di determinare tutte le criticità presenti: ponti termici in corrispondenza del cambio di materiale o all'interno degli elementi di tamponatura dove sono presenti cavità per il passaggio dei corrugati. In particolare dalle termografie scattate all'interno dell'immobile risultano evidenti gli elementi in c.a. dietro il pannello in cartongesso, segno evidente che gli involucri opachi non sono stati trattati idoneamente, così come previsto da normativa vigente, in corrispondenza degli elementi strutturali perimetrali, che di fatto costituiscono ponti termici.

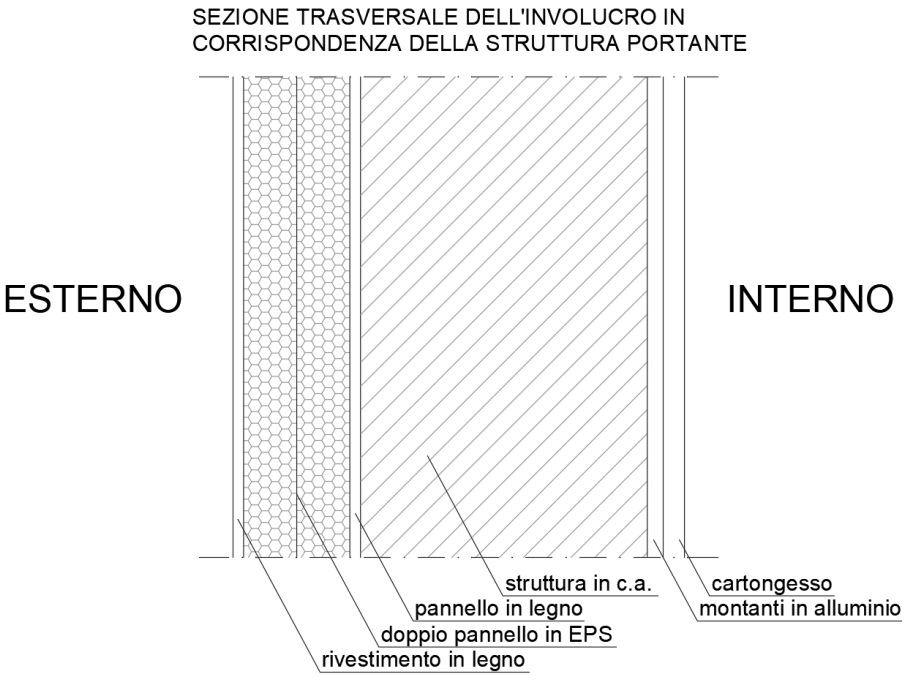
Dalle termografie inoltre è emerso che i materiali utilizzati risultano essere ad alta emissività e bassa riflessività. Date le condizioni atmosferiche (esterne ed interne alla struttura in oggetto) riscontrate durante la campagna di indagini non è stato possibile eseguire termoflussimetrie al fine di determinare quantitativamente la trasmittanza e conduttanza degli involucri opachi in opera. Infatti il flusso di calore non sarebbe stato unidirezionale nell'arco delle 24 ore (dall'interno verso l'esterno) ma a causa delle escursioni termiche si sarebbe registrato un flusso di calore anche in entrata (dall'esterno verso l'interno). Quindi si sono condotte indagini di tipo qualitativo per ottenere le informazioni necessarie alla ricostruzione della stratigrafia in un modello di calcolo che rispecchi più fedelmente possibile la realtà.

Le stesse criticità riscontrate sugli involucri opachi verticali si rilevano anche in copertura, come si evince dai termogrammi del paragrafo 5.3: i diversi materiali utilizzati infatti sono evidenti dalle termografie poiché si riscontra un gradiente termico non trascurabile. Inoltre, grazie all'utilizzo del drone, è stato possibile effettuare termografie sulla copertura e individuare ulteriori criticità.

L'indagine termografica è stata supportata da un'indagine termoigrometrica che ha permesso di rilevare le percentuali di umidità interna dei vari materiali componenti gli involucri opachi esterni e le relative temperature. Attraverso l'indagine con videoscopio poi si è potuta verificare l'esatta stratigrafia dell'involucro esterno, come riportato nel particolare seguente.

*Foto 1: Stratigrafia del pacchetto isolante esterno.*

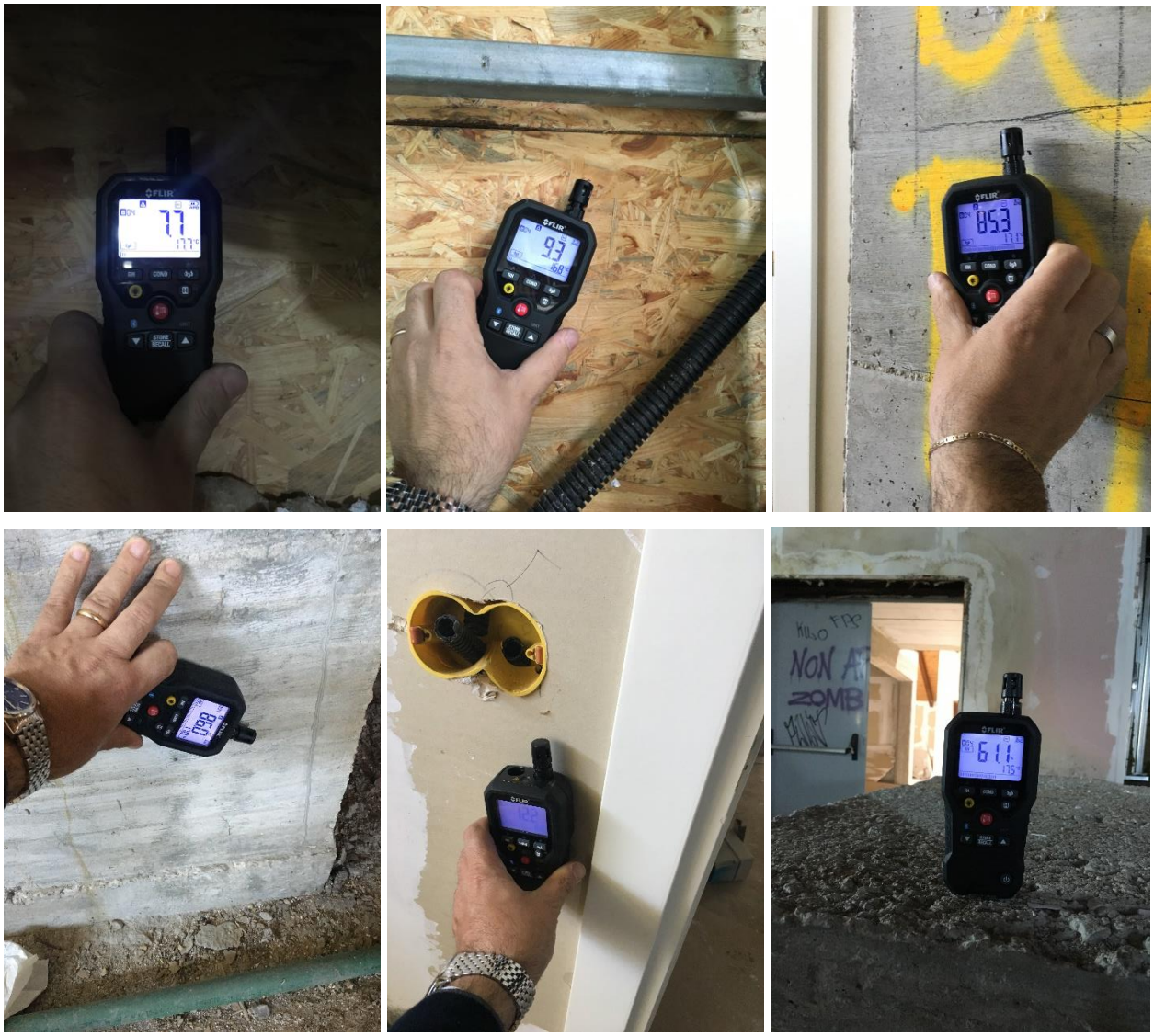
*Foto 2: Stratigrafia del rivestimento interno.*




*Imm. 1: Particolare costruttivo della stratigrafia dell'involucro.*

Le videoispezioni, così come tutti i video effettuati dal drone, sono stati allegati al presente report su CD.

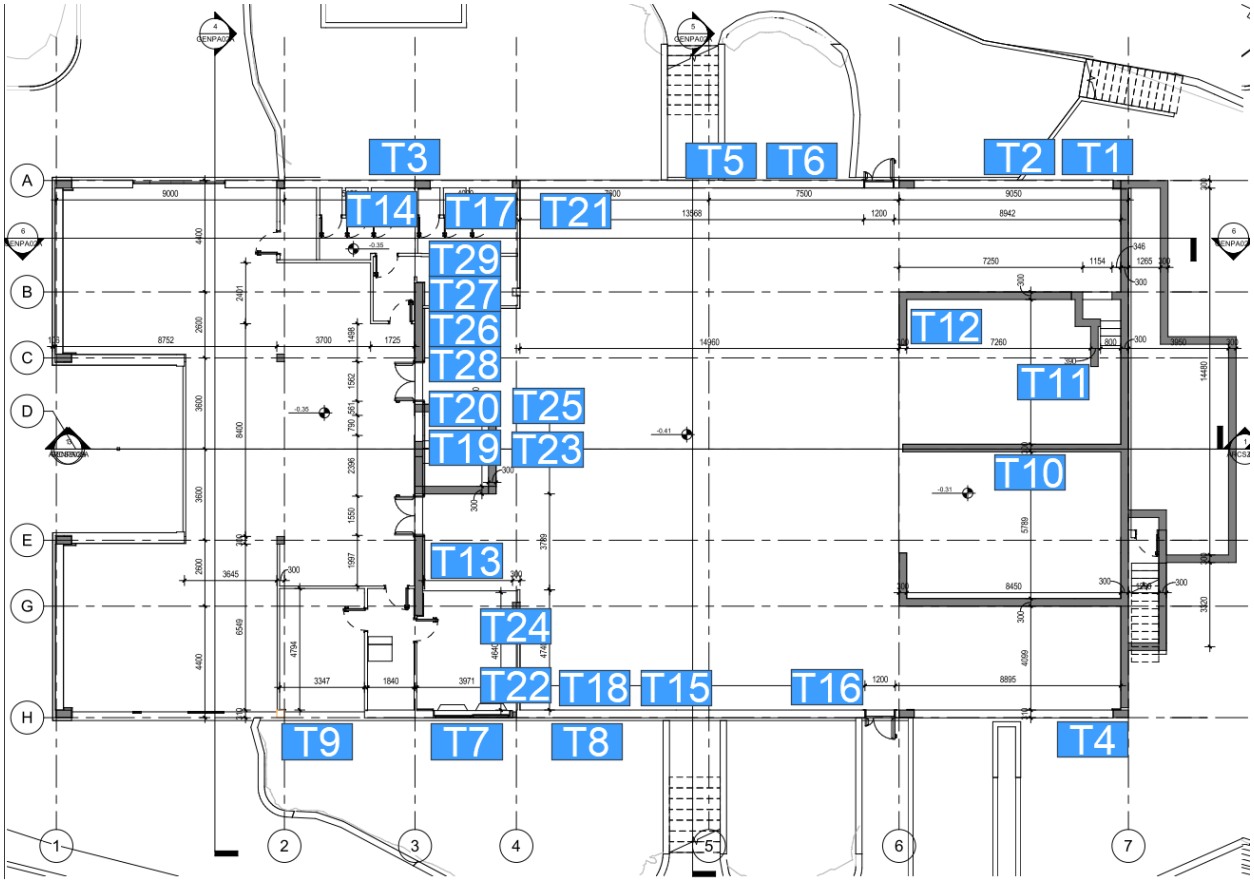
Il materiale coibentante tra pannello esterno e cartongesso interno si presenta in condizioni termoigrometriche buone poiché il tasso di umidità interna misurato con termoigrometro rientra nel range di materiale pressoché asciutto.




*Tassi di umidità relativa dei materiali da costruzione in opera: pannello in legno, struttura in c.a. e partizioni interne. Nell'ultima foto è indicata l'umidità relativa degli ambienti interni.*

## 5.1 Documentazione termografica

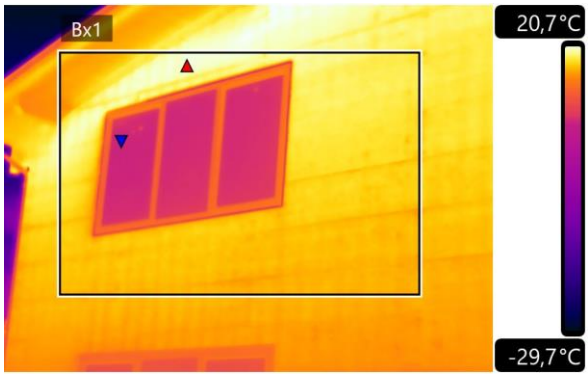
Nella seguente immagine vengono individuati i punti di presa dei termogrammi che seguono.




*Imm. 2: planimetria del sottopalco con indicati i punti di presa dei termogrammi.*

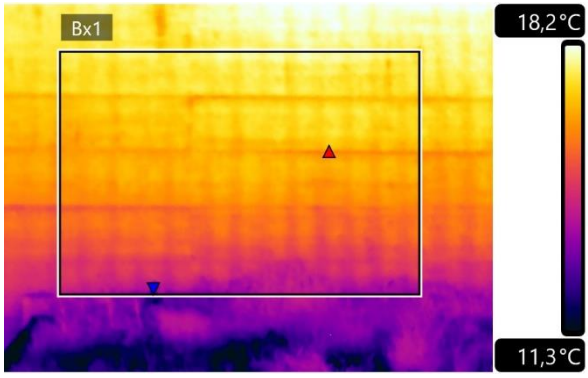
Già dalle termografie esterne è possibile leggere una differenza di temperatura tra la struttura portante e gli elementi di tamponatura posti dietro il rivestimento in legno; tale delta sarà meglio individuato nelle termografie scattate dall'interno dell'immobile. Attraverso la variazione cromatica di colori che variano dal violaceo (temperature più basse) al giallo (temperature più alte) si può comprendere il salto di temperatura tra gli elementi indagati. Si precisa che per alcuni termogrammi sono state indicate temperature molto basse in quanto è stata registrata come temperatura minima quella riflessa dagli infissi.

T1



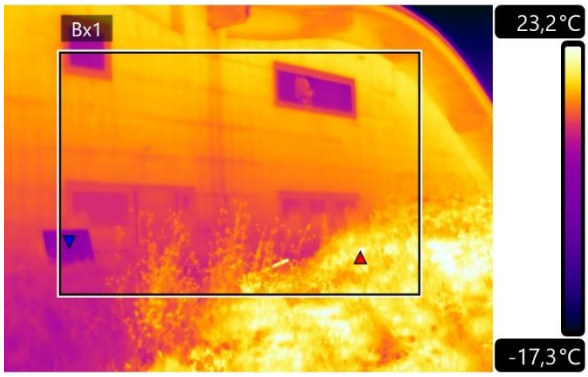
| | |
|---|---|
| Data e ora immagine | 17/04/2019 11:43:00 |
| Nome file | IR_1468.jpg |
| Temperatura min. | -29,0 °C |
| Temperatura max | 20,7 °C |

T2



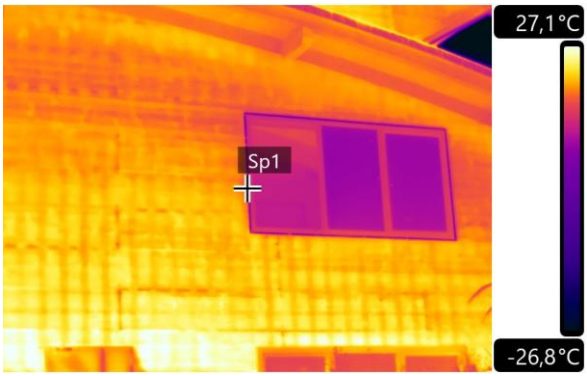
| | |
|---|---|
| Data e ora immagine | 17/04/2019 11:43:23 |
| Nome file | IR_1472.jpg |
| Temperatura min. | 10,7 °C |
| Temperatura max | 19,3 °C |

T3



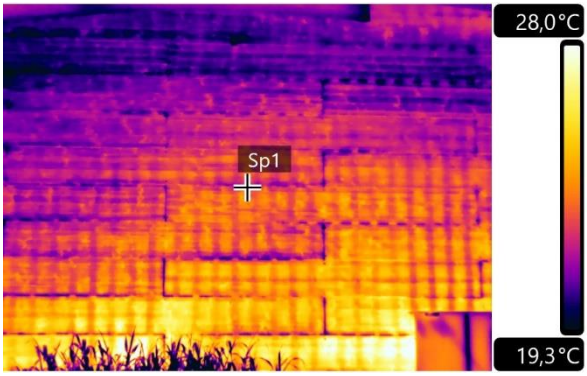
| | |
|---|---|
| Data e ora immagine | 17/04/2019 11:43:33 |
| Nome file | IR_1474.jpg |
| Temperatura min. | -17,5 °C |
| Temperatura max | 26,0 °C |

T4



| | |
|---|---|
| Data e ora immagine | 17/04/2019 14:14:45 |
| Nome file | IR_1592.jpg |
| Temperatura min. | -27,5 °C |
| Temperatura max | 27,9 °C |

T5



| | |
|---|---|
| Data e ora immagine | 17/04/2019 14:17:03 |
| Nome file | IR_1598.jpg |
| Temperatura min. | 15,7 °C |
| Temperatura max | 29,4 °C |

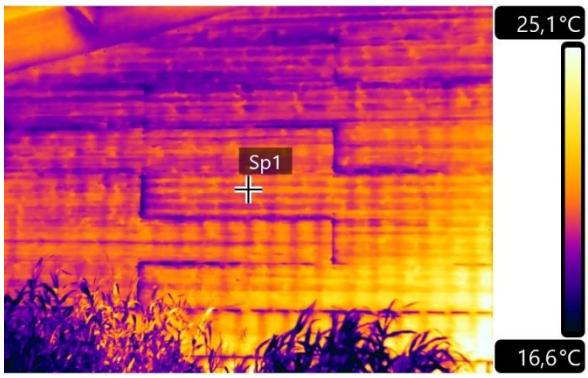
T6

| | |
|---|---|
| Data e ora immagine | 17/04/2019 14:17:20 |
| Nome file | IR_1602.jpg |
| Temperatura min. | -28,0 °C |
| Temperatura max | 27,4 °C |

T7

| | |
|---|---|
| Data e ora immagine | 17/04/2019 14:17:34 |
| Nome file | IR_1604.jpg |
| Temperatura min. | 4,0 °C |
| Temperatura max | 26,1 °C |

T8



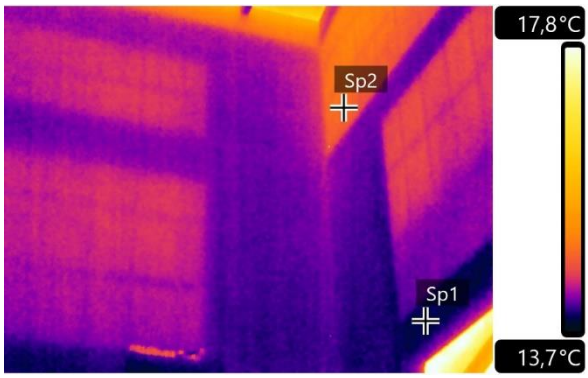
| | |
|---|---|
| Data e ora immagine | 17/04/2019 14:17:40 |
| Nome file | IR_1606.jpg |
| Temperatura min. | 15,1 °C |
| Temperatura max | 26,9 °C |

T9

| | |
|---|---|
| Data e ora immagine | 17/04/2019 14:19:45 |
| Nome file | IR_1608.jpg |
| Temperatura min. | -11,3 °C |
| Temperatura max | 28,0 °C |

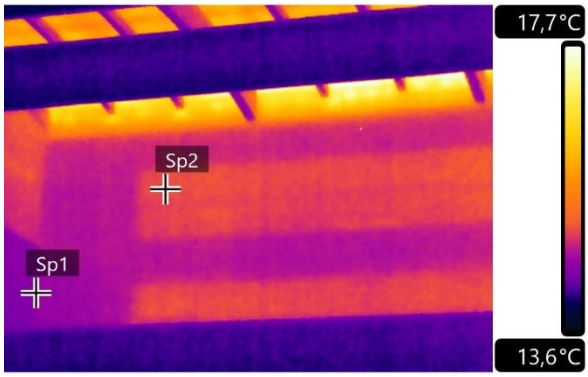
Dai termogrammi scattati all'interno dell'edificio è perfettamente riconoscibile, a livello cromatico, la struttura portante in c.a. (di colore sulla gamma del viola) che infatti si presenta ad una temperatura inferiore rispetto agli altri materiali che compongono l'involucro opaco esterno. Tale indagine termografia ha dimostrato la presenza di numerosi ponti termici su tutto l'involucro esterno, dovuti ad un trattamento non adeguato dei materiali suddetti al momento della realizzazione dell'edificio.
Per i termogrammi che seguono (da T10 a T13) sono state indicate con Sp1 e Sp2 rispettivamente la temperatura della struttura in c.a. e la temperatura della tamponatura, indicate quantitativamente nella tabella che segue il termogramma. Il Δ termico registrato va dall'ordine di qualche decina di grado fino a raggiungere, in alcuni punti, quasi 2°C.

T10



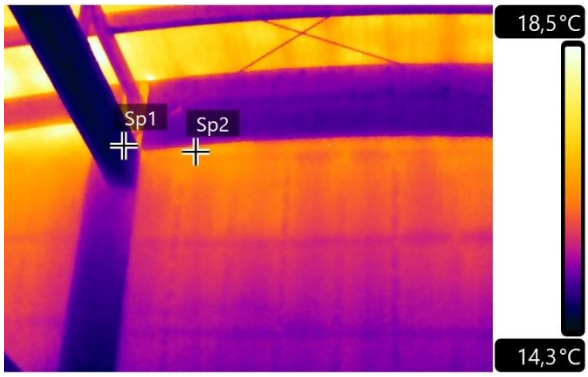
| | |
|---|---|
| Data e ora immagine | 17/04/2019 11:49:33 |
| Nome file | IR_1480.jpg |
| Temperatura Sp1 | 13,8 °C |
| Temperatura Sp2 | 14,9 °C |

T11



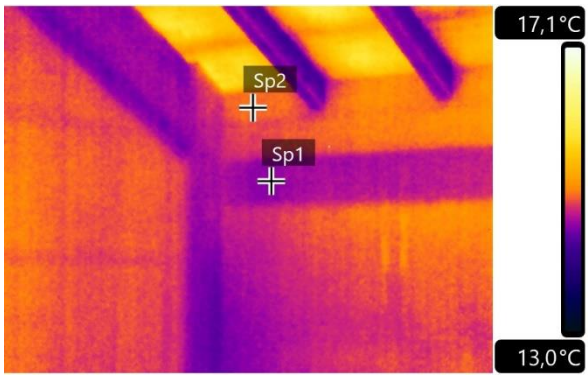
| | |
|---|---|
| Data e ora immagine | 17/04/2019 12:12:12 |
| Nome file | IR_1568.jpg |
| Temperatura Sp1 | 14,6 °C |
| Temperatura Sp2 | 15,1 °C |

T12



| | |
|---|---|
| Data e ora immagine | 17/04/2019 11:56:46 |
| Nome file | IR_1508.jpg |
| Temperatura Sp1 | 14,7 °C |
| Temperatura Sp2 | 16,5 °C |

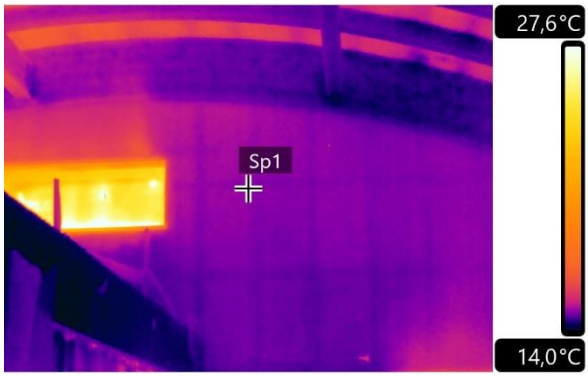
T13



| | |
|---|---|
| Data e ora immagine | 17/04/2019 12:01:31 |
| Nome file | IR_1544.jpg |
| Temperatura Sp1 | 14,5 °C |
| Temperatura Sp2 | 15,0 °C |

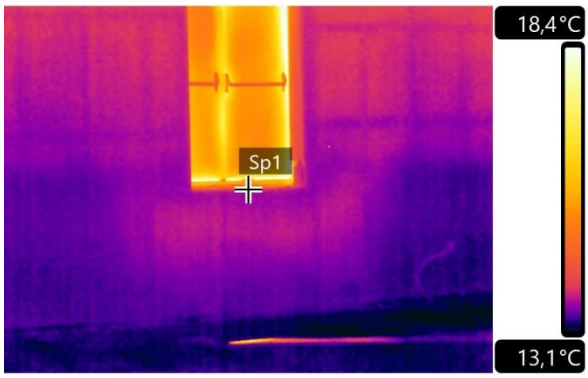
Nei seguenti termogrammi, come per quelli precedenti dove si riconosceva la struttura portante rispetto all'intera parete, si riesce ad individuare la struttura in alluminio del rivestimento interno dove sono ancorati i pannelli in cartongesso. Anche in questi casi per i materiali non è stato previsto un trattamento coibentante adeguato.

T14



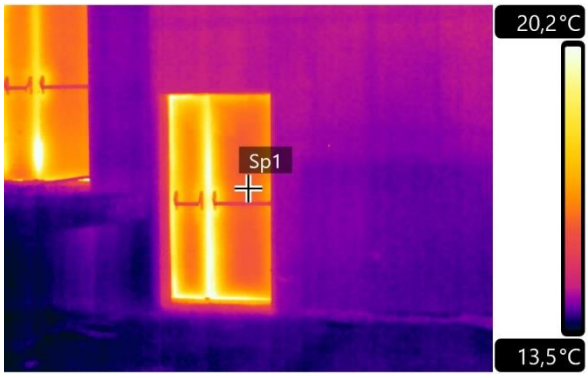
| | |
|---|---|
| Data e ora immagine | 17/04/2019 11:59:52 |
| Nome file | IR_1532.jpg |
| Temperatura min. | 6,4 °C |
| Temperatura max | 32,2 °C |

T15



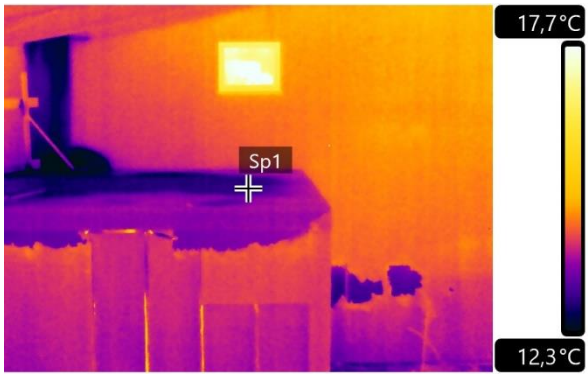
| | |
|---|---|
| Data e ora immagine | 17/04/2019 11:53:22 |
| Nome file | IR_1490.jpg |
| Temperatura min. | -16,8 °C |
| Temperatura max | 28,2 °C |

T16



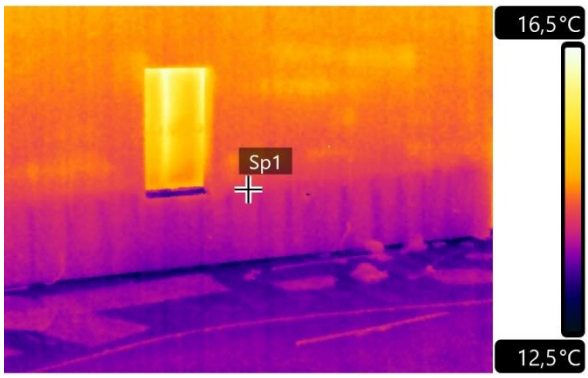
| | |
|---|---|
| Data e ora immagine | 17/04/2019 11:58:51 |
| Nome file | IR_1526.jpg |
| Temperatura min. | 5,3 °C |
| Temperatura max | 25,0 °C |

T17



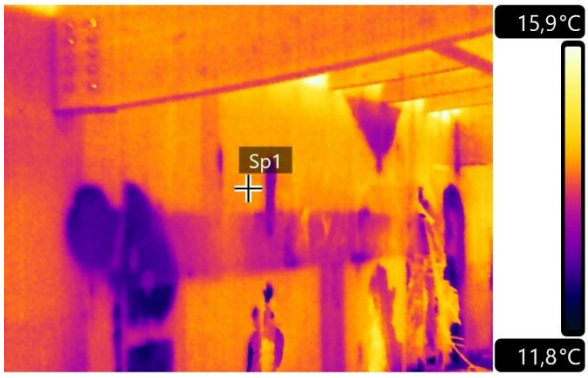
| | |
|---|---|
| Data e ora immagine | 17/04/2019 12:08:12 |
| Nome file | IR_1558.jpg |
| Temperatura min. | 10,7 °C |
| Temperatura max | 18,5 °C |

T18



| | |
|---|---|
| Data e ora immagine | 17/04/2019 12:08:29 |
| Nome file | IR_1560.jpg |
| Temperatura min. | 10,5 °C |
| Temperatura max | 18,6 °C |

T19



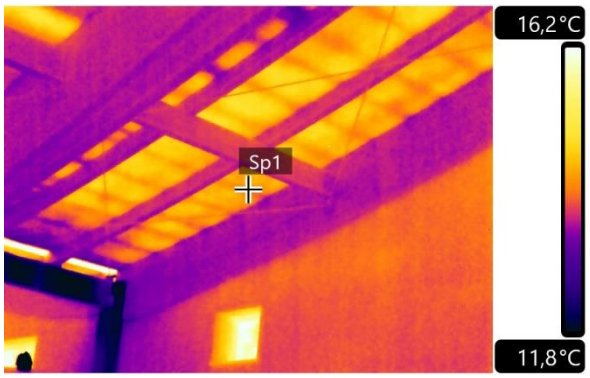
| | |
|---|---|
| Data e ora immagine | 17/04/2019 12:17:46 |
| Nome file | IR_1588.jpg |
| Temperatura min. | 11,5 °C |
| Temperatura max | 18,4 °C |

T20

| | |
|---|---|
| Data e ora immagine | 17/04/2019 12:06:09 |
| Nome file | IR_1552.jpg |
| Temperatura min. | 9,8 °C |
| Temperatura max | 17,8 °C |

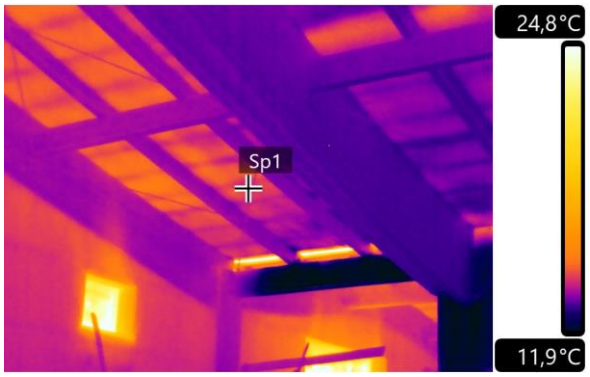
Anche in copertura si rileva la presenza di ponti termici così come già descritto per gli involucri opachi verticali.

T21



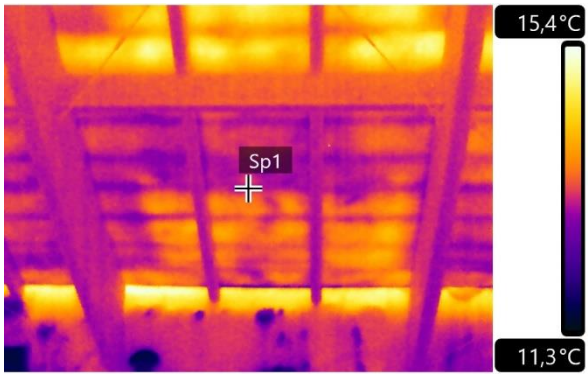
| | |
|---|---|
| Data e ora immagine | 17/04/2019 11:50:10 |
| Nome file | IR_1488.jpg |
| Temperatura min. | -17,3 °C |
| Temperatura max | 21,7 °C |

T22



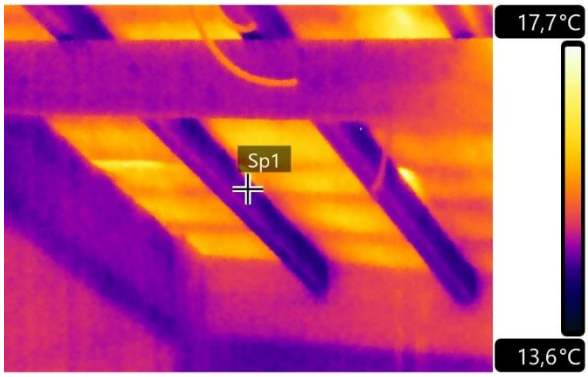
| | |
|---|---|
| Data e ora immagine | 17/04/2019 11:53:38 |
| Nome file | IR_1494.jpg |
| Temperatura min. | -12,8 °C |
| Temperatura max | 35,1 °C |

T23



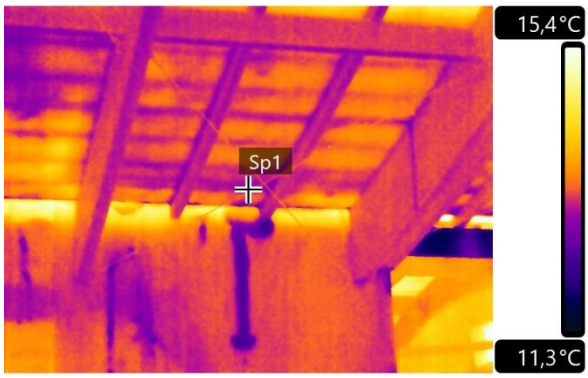
| | |
|---|---|
| Data e ora immagine | 17/04/2019 11:53:48 |
| Nome file | IR_1496.jpg |
| Temperatura min. | -18,1 °C |
| Temperatura max | 17,1 °C |

T24



| | |
|---|---|
| Data e ora immagine | 17/04/2019 12:15:34 |
| Nome file | IR_1578.jpg |
| Temperatura min. | 14,2 °C |
| Temperatura max | 18,8 °C |

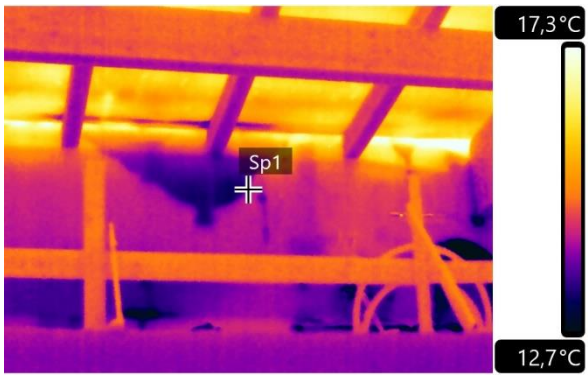
T25



| | |
|---|---|
| Data e ora immagine | 17/04/2019 11:56:20 |
| Nome file | IR_1504.jpg |
| Temperatura min. | -11,1 °C |
| Temperatura max | 23,1 °C |

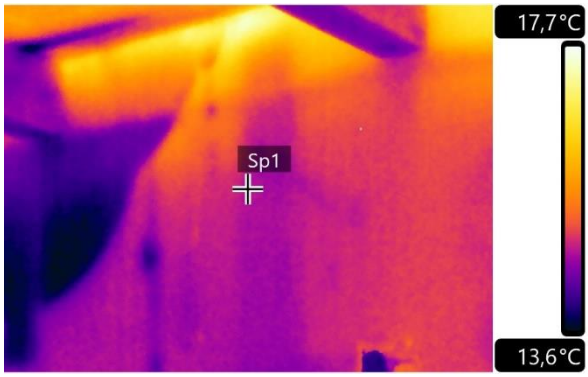
Inoltre, grazie all'indagine termografica è stato possibile individuare la presenza di un'infiltrazione d'acqua all'intersezione di alcune travi secondarie della copertura in legno e la tamponatura, non visibili a occhio nudo, come dimostrato dai termogrammi seguenti.

T26



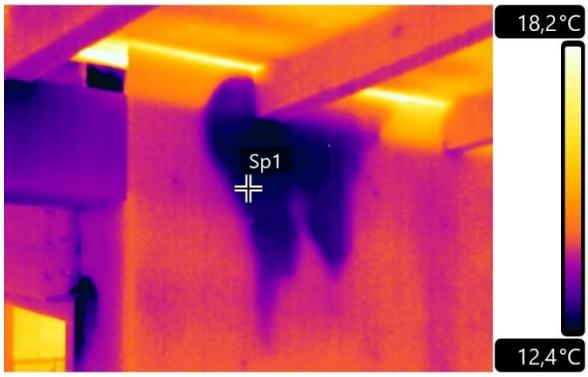
| | |
|---|---|
| Data e ora immagine | 17/04/2019 12:00:32 |
| Nome file | IR_1538.jpg |
| Temperatura min. | 5,3 °C |
| Temperatura max | 19,6 °C |

T27



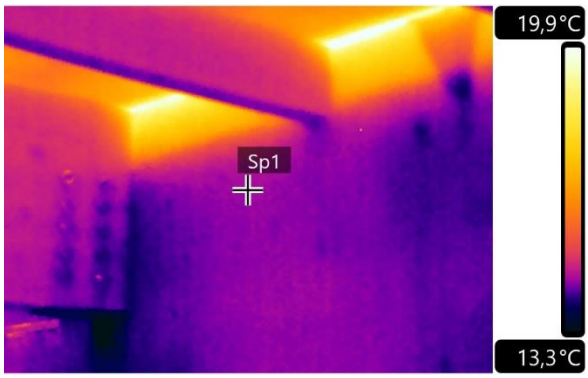
| | |
|---|---|
| Data e ora immagine | 17/04/2019 12:14:41 |
| Nome file | IR_1576.jpg |
| Temperatura min. | 13,6 °C |
| Temperatura max | 19,0 °C |

T28



| | |
|---|---|
| Data e ora immagine | 17/04/2019 12:17:29 |
| Nome file | IR_1584.jpg |
| Temperatura min. | 11,2 °C |
| Temperatura max | 23,1 °C |

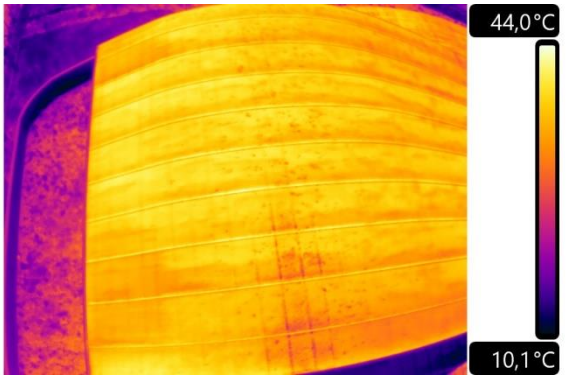
T29

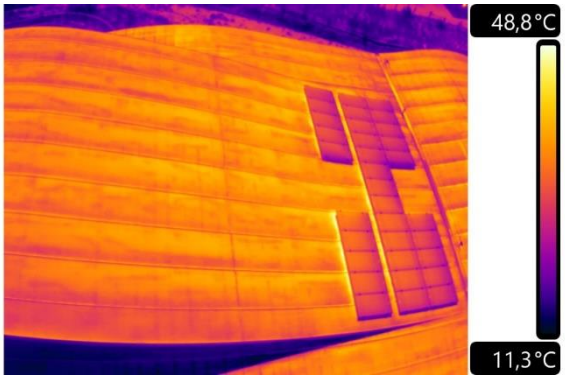


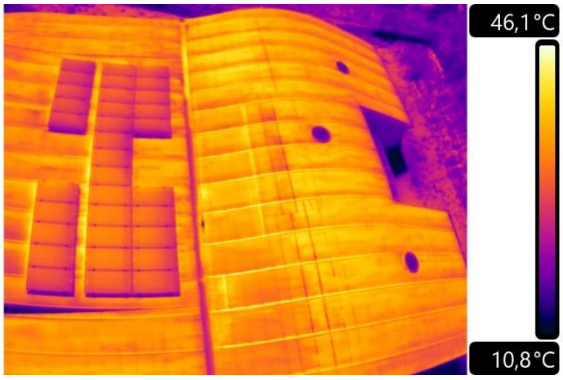
| | |
|---|---|
| Data e ora immagine | 17/04/2019 12:16:18 |
| Nome file | IR_1580.jpg |
| Temperatura min. | 13,0 °C |
| Temperatura max | 21,0 °C |

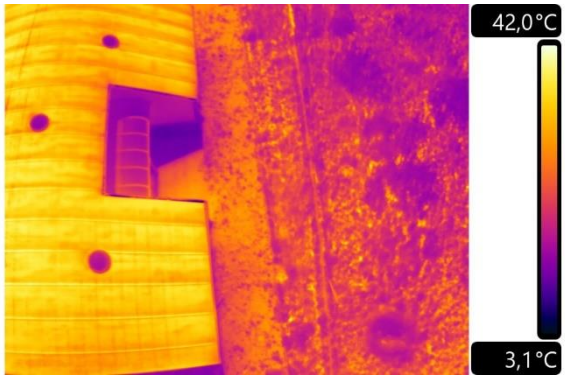
## 5.2 Documentazione fotografica da drone

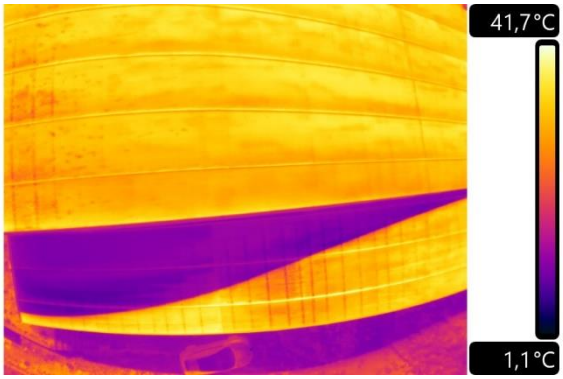
## 5.3 Documentazione termografica da drone

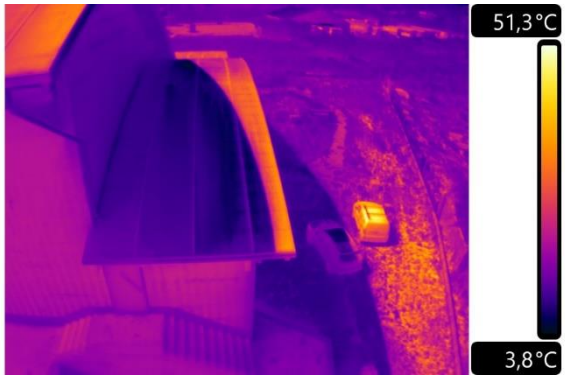


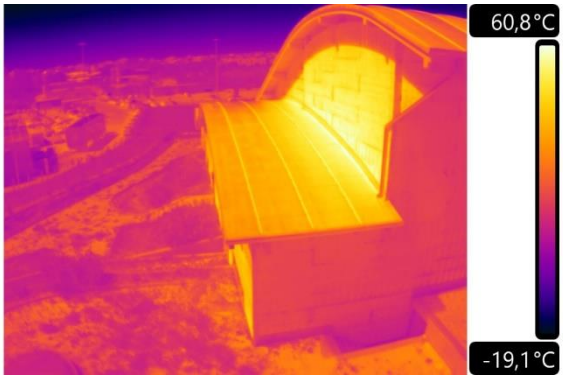



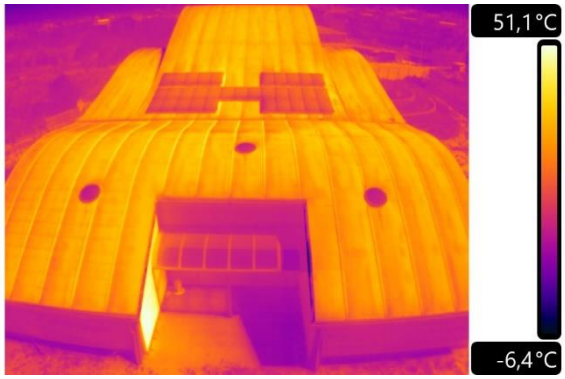



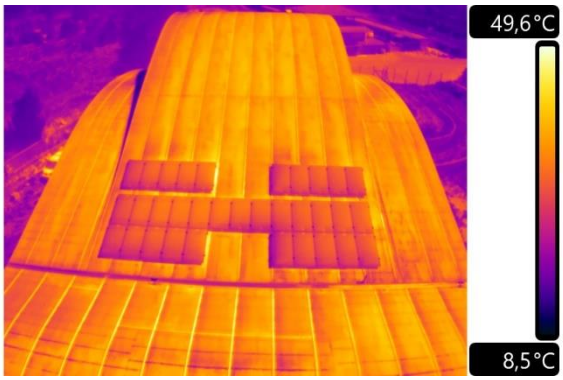



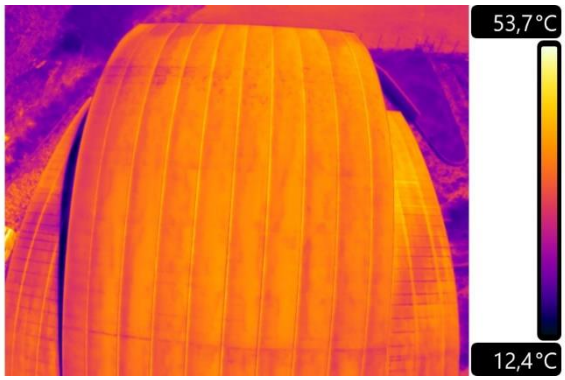






## 6 Conclusioni

In virtù di quanto finora esposto, alla stregua dei dati che precedono, analizzati tutti i termogrammi scattati sul posto e in particolar modo quelli allegati alla presente perizia, si dichiara quanto segue.
L'immobile non è interessato da fenomeni infiltrativi di risalita ma è stata evidenziata un'infiltrazione in copertura. Si aggiunge che, ai fini della determinazione delle caratteristiche termiche e della trasmittanza di tutto l'involucro, sarebbe stato utile poter effettuare le indagini anche sugli involucri trasparenti e sui telai degli infissi.
Nell'ambito della futura riqualificazione dell'immobile oggetto di tale report possono essere valutate le seguenti scelte:

- realizzazione di cappotto esterno;
- insufflaggio di materiale isolante (cellulosa) all'interno dell'involucro esterno;
- realizzazione di cappotto interno.

Le prime due ipotesi vengono però sconsigliate in quanto la prima, buona dal punto di vista energetico, prevederebbe lavorazioni aggiuntive per il mantenimento della finitura in legno e risulterebbe essere onerosa in termini sia logistici che economici, e la seconda potrebbe non essere fattibile laddove tra una faccia e l'altra dell'involucro passano gli impianti e non sarà comunque un metodo esaustivo in quanto in corrispondenza di travi e pilastri bisognerà prevedere un'ulteriore coibentazione per colmare il gap di trasmittanza.
Per quanto riguarda la terza ipotesi non si trovano riscontri negativi a meno della riduzione di superficie interna; l'aumento di spessore della parete può, però, essere notevolmente ridotto ricorrendo all'utilizzo di pannelli altamente performanti dal punto di vista energetico, tipo i pannelli Aeropan di AMA Group composti da un isolante nanotecnologico in Aerogel accoppiato a una membrana traspirante in polipropilene armato con fibra di vetro, che hanno la caratteristica di realizzare isolamenti termici a basso

spessore. Inoltre questo materiale ha l'ulteriore pregio di avere un'alta traspirabilità al vapore la quale permette di evitare la formazione di condensa interstiziale, che, essendo di difficile individuazione mediante un esame meramente visivo, potrebbe comportare danni maggiori rispetto a quella superficiale.

Questa ipotesi inoltre risulta essere la soluzione ottimale per la coibentazione di tutto l'involucro soprattutto in corrispondenza degli elementi in c.a.

Appare opportuno specificare che si rende opportuno verificare che la trasmittanza dell'involucro finale, che prevede l'aggiunta del pannello appena descritto, risponda ai requisiti minimi dettati dalla normativa vigente; in alternativa sarà necessario aumentare la stratigrafia prevedendo l'integrazione con altri elementi.

In ossequio all'incarico conferitomi, tanto mi era dovuto.

Roma, 14 Maggio 2019

Il Tecnico
**Ing. Andrea De Rossi**

Dott. Ing. ANDREA DE ROSSI
ORDINE INGEGNERI ROMA
n. A-23952
settore a-b-c