

# COMUNE di LODI



## PROGETTO di FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICO

### Riqualificazione e Recupero Ex Linificio Nazionale Piazzale Forni

PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA (PNRR)\_MISSIONE 5\_COMPONENTE  
2 INVESTIMENTO / SUBINVESTIMENTO 2.1 "RIGENERAZIONE URBANA"  
CUP E13D21001000001

#### GRUPPO PROGETTAZIONE

CS A Corrado Serafini **architetti**  
Via Paolo Diacono 6, 20133 Milano  
Arch. Corrado Serafini, Arch. Greta Magnani, Arch. Roberta Santambrogio

**MATTEO VERCELLONI STUDIO DI ARCHITETTURA**  
VIA VOLTURNO 31 20124 MILANO  
Arch. Matteo Vercelloni, Arch. Stefano De Feudis

#### CONSULENTI



S. P. S.S.r.l. Studio Progetti Strutturali - Ing. Andrea Sala  
Via Melchiorre Gioia 64, 20125 Milano

Impianti Elettrici e Meccanici - P.I. Gianluca Terreni  
via Circonvallazione 73, Trezzano S/N (MI)

Tecnico Acustico Dott. Gianluca Midali  
via R. Sanzio 3 Almenno S.Salvatore (BG)

STR-ALL-01

Indagini e prove sulle  
strutture esistenti

Data

12.2022

**INDAGINI DIAGNOSTICHE*****EX-LINIFICIO DI LODI*****PIAZZALE FORNI N. 1 LODI (LO)**

**PROVA n. 3832/PC**  
**18 novembre 2022**

Committente: **Comune di Lodi**

Tecnico Incaricato: **Ing. Andrea Sala**

Relatore: **Geom. Marco Dainese**



**Vista aerea dell'edificio – 146**

Rif.: PC/181/22

Piacenza, 12 Dicembre 2022

|                          |             |                           |             |                               |             |                                                              |             |
|--------------------------|-------------|---------------------------|-------------|-------------------------------|-------------|--------------------------------------------------------------|-------------|
| C.F./P.I. IT 01288130212 |             | Cap. Soc. 500.000,00 Euro |             | R.E.A. - BZ 111601            |             | CASSA CENTRALE RAIFFEISEN BZ IT49 B 03493 11600 000300027138 |             |
| Bolzano                  | 0471-543111 | Firenze                   | 055-461000  | Modena                        | 059-395414  | Roma                                                         | 06-71546992 |
| Bologna                  | 051-6346808 | Genova                    | 010-586195  | Padova                        | 049-8020707 | Torino                                                       | 011-7706023 |
| Cagliari                 | 070-490732  | Marche                    | 0734-903279 | Palermo                       | 091-6703629 | Treviso                                                      | 0438-990200 |
| Como                     | 031-305253  | Milano                    | 02-40092545 | Piacenza                      | 0523-755849 | Verona                                                       | 045-8004278 |
|                          |             |                           |             | <b>Laboratori Autorizzati</b> |             |                                                              |             |
|                          |             |                           |             | Bolzano                       |             | 0471-543111                                                  |             |
|                          |             |                           |             | Milano                        |             | 02-40092545                                                  |             |

## INDICE

|                                                                             |           |
|-----------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. PREMESSA .....</b>                                                    | <b>2</b>  |
| <b>2. DESCRIZIONE DELLA STRUMENTAZIONE.....</b>                             | <b>3</b>  |
| <b>3. DESCRIZIONE DELLE PROVE .....</b>                                     | <b>10</b> |
| <input type="checkbox"/> <b><i>Carotaggio e carbonatazione .....</i></b>    | <b>12</b> |
| <input type="checkbox"/> <b><i>Prelievo barra armatura .....</i></b>        | <b>14</b> |
| <input type="checkbox"/> <b><i>Prelievo carpenteria metallica .....</i></b> | <b>14</b> |
| <input type="checkbox"/> <b><i>Indagini Vickers.....</i></b>                | <b>15</b> |
| <input type="checkbox"/> <b><i>Indagini Pull-Out .....</i></b>              | <b>15</b> |
| <input type="checkbox"/> <b><i>Indagine con endoscopio .....</i></b>        | <b>16</b> |

## 1. PREMESSA

La Società *4 EMME Service S.p.a.*, specializzata in indagini sperimentali in sito su strutture, è stata incaricata dal Comune di Lodi, di eseguire indagini diagnostiche presso l'edificio sito in Piazzale Forni n. 1 Lodi (LO).

La scelta degli elementi strutturali da sottoporre ad indagine, le modalità di rilevazione ed i punti di misura sono stati preventivamente concordati con il Tecnico Incaricato Ing. Andrea Sala.

Le indagini sono state eseguite il giorno 18 novembre 2022.

All'esecuzione delle indagini ha assistito:

Arch. Fabrizio Agostinis

Comune di Lodi

per la *4 EMME Service S.p.a.*:

Geom. Oliver Tochev  
Geom. Antonio Mangia  
Geom. Marco Dainese

## 2. DESCRIZIONE DELLA STRUMENTAZIONE

### INDAGINI SUI CALCESTRUZZI

#### Carotaggio del calcestruzzo

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

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



#### PROCEDURA

- Il punto di carotaggio deve essere verificato con il pacometro per evitare di tagliare armature fondamentali, cavi elettrici o telefonici. Nel caso venga riscontrata la presenza di un elemento estraneo al calcestruzzo, e non individuato precedentemente, la prova va interrotta.
- La strumentazione utilizzata è un carotatore di diametro generalmente 100 mm.
- Scegliere l'utensile necessario per il carotaggio con un diametro pari ad almeno tre volte il diametro massimo dell'inerte. È importante che la lama della carota sia perfettamente affilata per evitare pericolose vibrazioni.
- La carotatrice va fissata con accuratezza e perfettamente ortogonale alla superficie di lavoro.
- Va sempre previsto il tubo per l'acqua di raffreddamento e l'aspiratore del fango di taglio.

- Una volta terminato il prelievo fotografare la carota su un piano di colore neutro.

#### NOTE

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

#### RIFERIMENTI

Norma UNI EN 12504-1

## INDAGINI SUI CALCESTRUZZI

### Valutazione della profondità della carbonatazione

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

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

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

Esempio:



### PROCEDURA

- Il punto di carotaggio deve essere verificato con il pacometro per evitare di tagliare armature fondamentali, cavi elettrici o telefonici. Nel caso venga riscontrata la presenza di un elemento estraneo al calcestruzzo, e non individuato precedentemente, la prova va interrotta.
- La strumentazione utilizzata è un carotatore di diametro generalmente 100 mm.
- Scegliere l'utensile necessario per il carotaggio con un diametro pari ad almeno tre volte il diametro massimo dell'inerte. È importante che la lama della carota sia perfettamente affilata per evitare pericolose vibrazioni.
- La carotatrice va fissata con accuratezza e perfettamente ortogonale alla superficie di lavoro.
- Va sempre previsto il tubo per l'acqua di raffreddamento e l'aspiratore del fango di taglio.
- Una volta terminato il prelievo spruzzare con soluzione indicatore di fenolftaleina in quantità appena sufficiente a inumidire la superficie, fotografare la carota su un piano di colore neutro.

### NOTE

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

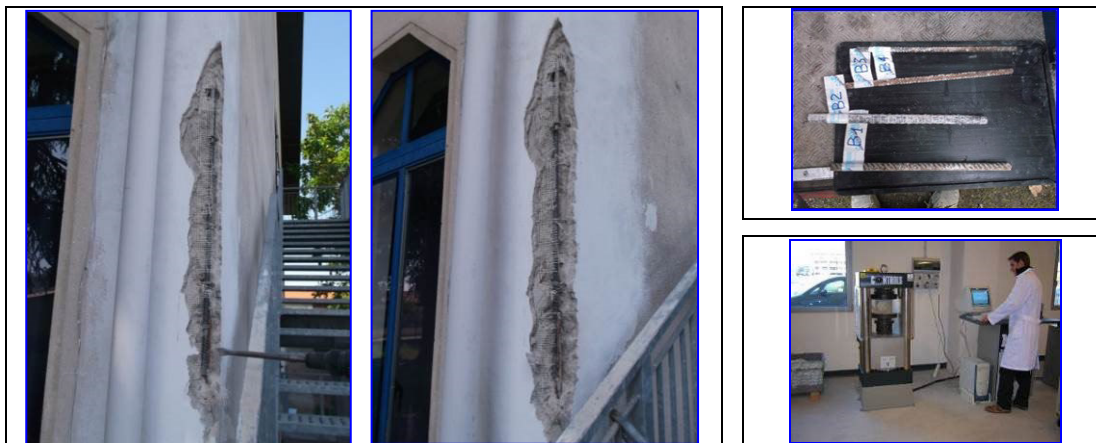
### RIFERIMENTI

Norma UNI EN 12504-1  
Norma UNI EN 14630

## INDAGINI SUI FERRI D'ARMATURA

### Prelievo di barre

Lo scopo del prelievo di ferri d'armatura è quello di ottenere un campione, costituito dall'elemento barra, sul quale eseguire delle prove di laboratorio volte a caratterizzare dal punto di vista meccanico i materiali, valutando la resistenza a trazione. Esempio:



### PROCEDURA

- Il punto di prelievo della barra d'armatura deve essere individuato mediante il pacometro.
- Si deve provvedere mediante martello demolitore all'eliminazione dello strato di copriferro.
- Successivamente si deve tagliare mediante smerigliatore la barra.
- Il prelievo va eseguito nel maggiore rispetto possibile dell'integrità del campione prelevato.
- Il campione prelevato sarà inviato al laboratorio materiali per l'esecuzione della prova di trazione.

# INDAGINI SUGLI ACCIAI

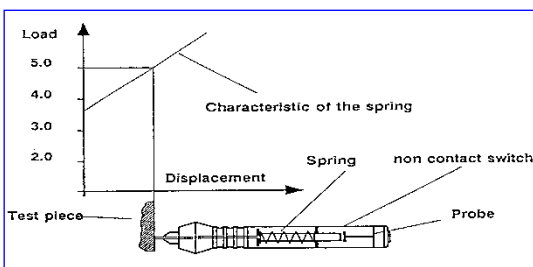
## Descrizione prove con microdurometro Vickers

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



### PROCEDURA

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



- Preparare l'area d'indagine eliminando la vernice e lucidandola con carta abrasiva di grana 400.

- Premere la punta di diamante sulla superficie dell'acciaio producendo un'impronta; in questo modo si carica progressivamente una molla elicoidale contenuta nel corpo della sonda. Quando il carico ha raggiunto un valore corrispondente a quello di misura lo strumento rileva automaticamente la misura dell'impronta e la memorizza.
- Attraverso i valori di durezza Vickers (HV) ottenuti, calcolare la resistenza a trazione:

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

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

dove:

$R_t$  = singole resistenze a trazione;  
 $\text{Brinell}$  = durezza Brinell = 0,95HV.

### RIFERIMENTI

Norma UNI EN ISO 18265  
 DIN 50157

# INDAGINI SULLE MURATURE

## Indagini tramite endoscopio

L'indagine tramite endoscopio ha lo scopo di classificare dettagliatamente la consistenza e la natura del materiale costituente la struttura in esame, mediante rilievi visivi e fotografici. Allo scopo è utilizzata una sonda, rigida o flessibile, che viene inserita in alcuni fori nella muratura praticati mediante carotatrice o trapano elettrico.

La restituzione fotografica o VHS dell'ispezione permette di osservare eventuali anomalie all'interno della muratura. Esempio:



### PROCEDURA

Questa metodologia prevede l'utilizzo di un endoscopio di lunghezza massima di 3,5 m.

- Praticare un foro da 20-30 mm, mediante un carotiere, al fine di lasciare la superficie interna pulita e di ottenere un campione del materiale estratto il più possibile integro.
- Spolverare il foro.
- Inserire la sonda e ispezionare visivamente quattro posizioni, usualmente a 0° 90° 180° 270°, per ogni intervallo di 5 cm in profondità.
- Impostare tempi, diaframmi e pellicola in base alla luminosità all'interno del foro e alla tipologia di pietra.
- Riprendere fotograficamente le anomalie riscontrate.

- Segnare sull'apposito modulo il numero di foto con il relativo tempo e diaframma utilizzato oltre alle note di commento sull'aspetto visivo.

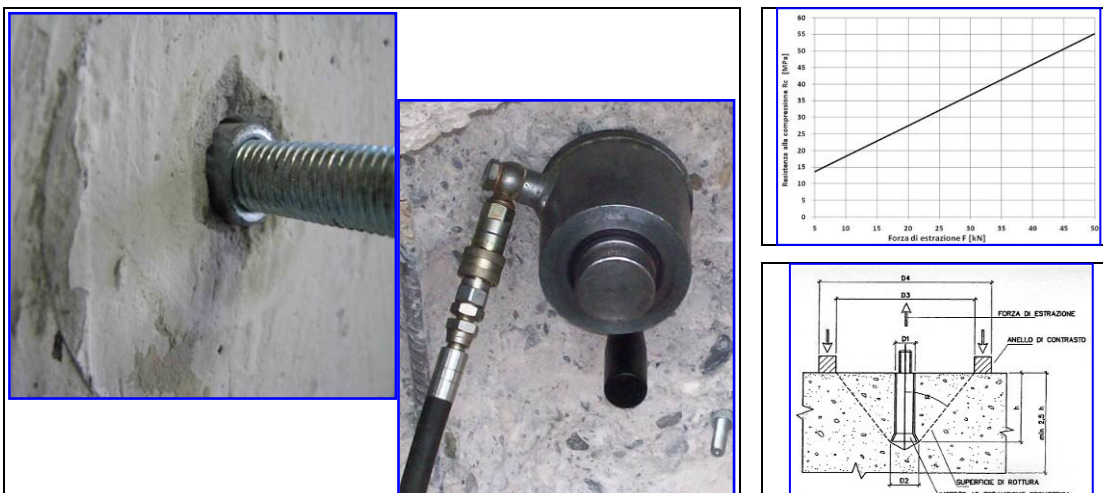
### NOTE

- Qualora non sia possibile effettuare un carotaggio, per l'impossibilità di offendere la struttura, il foro viene praticato mediante trapano elettrico non a percussione.
- Tutte le deformazioni vanno registrate in linea su nastro cartaceo o supporto informatico.

# INDAGINI SUI CALCESTRUZZI

## Valutazione della resistenza del calcestruzzo con metodo Pull-Out

La tecnica di indagine denominata Pull-out è utilizzata per determinare le proprietà meccaniche del calcestruzzo in opera. La metodologia consiste nell'inserire nel calcestruzzo un tassello d'acciaio di forma standard e di estrarlo mediante idonea attrezzatura. Il valore della forza di estrazione, confrontato con una curva di correlazione sperimentale, permette di valutare la resistenza del calcestruzzo. Esempio:



### PROCEDURA

- Individuare la presenza di ferri di armatura con pacometro e segnare la loro presenza con un gesso.
- Liberare le zone scelte dall'intonaco o quant'altro non faccia parte integrante del materiale in esame.
- Effettuare il foro con l'apposita punta svasata in aree senza ferri per un raggio di 5 cm.
- Pulire il foro con getto di aria.
- Inserire il tassello standard,  $h = 40$  mm.
- Ribattere il tassello con il martello e l'opportuno adattatore al fine di farlo aderire perfettamente alle pareti del foro.
- Avvitare il cilindro filettato del martinetto sino a contrasto.
- Attivare l'apparecchiatura di estrazione che produce una forza di tiro con incremento a velocità costante.
- Stampare i risultati e riportare i valori nella scheda di acquisizione di campo.

La formula di correlazione è:

$$R_c = 0,925 \cdot F + 9$$

con F in kN e Rc in MPa.

### NOTE

- Vanno eseguite almeno tre prove per zona di ottenendo un valore medio di riferimento.
- I tasselli vanno inseriti ad una distanza di circa 20 cm uno dall'altro.
- Lo spessore minimo del calcestruzzo deve essere almeno di 10 cm.
- La distanza minima dai bordi è di 10 cm.
- Conservare lo scontrino stampato per allegarlo nel rapporto finale.

### RIFERIMENTI

UNI EN 12504-3  
Linee Guida Calcestruzzo Strutturale  
CSLP 2008

# INDAGINI SU ACCIAIO DA CARPENTERIA

## Prelievo di profilati

Lo scopo del prelievo di profilati metallici è quello di ottenere un campione, sul quale eseguire delle prove di laboratorio volte a caratterizzare dal punto di vista meccanico i materiali, valutando la resistenza a trazione. Esempio:



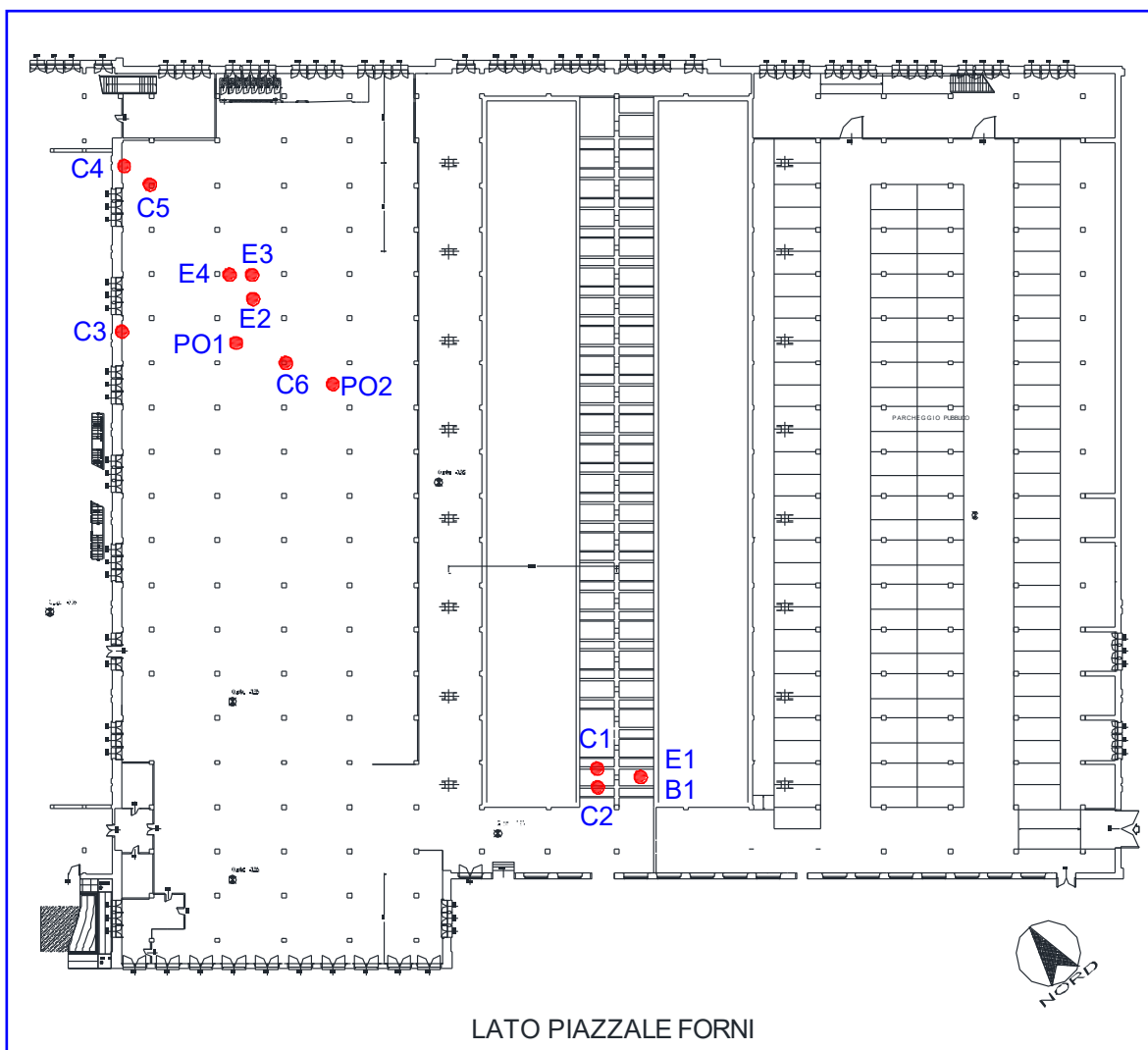
### PROCEDURA

- Per il prelievo del profilato, se non visibile deve essere individuato mediante pacometro.
- Si deve provvedere mediante martello demolitore all'eliminazione degli eventuali strati di materiale presente attorno all'elemento strutturale.
- Successivamente si deve tagliare mediante smerigliatore il profilato.
- Il prelievo va eseguito nel maggiore rispetto possibile dell'integrità del campione prelevato.
- Il campione prelevato sarà inviato al laboratorio materiali per l'esecuzione della prova di trazione.

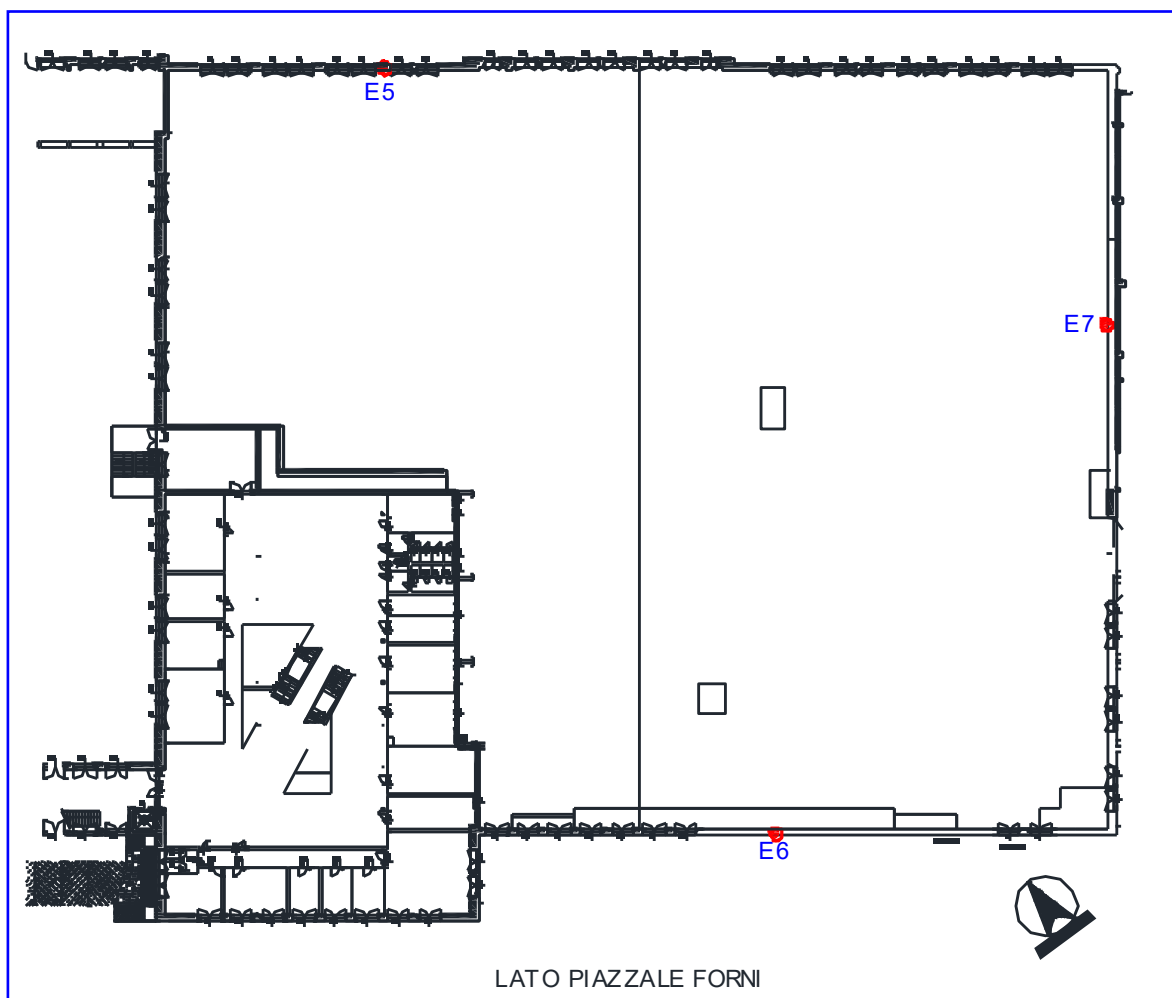
### 3. DESCRIZIONE DELLE PROVE

Di seguito è riportato un riassunto delle indagini eseguite e le loro localizzazioni.

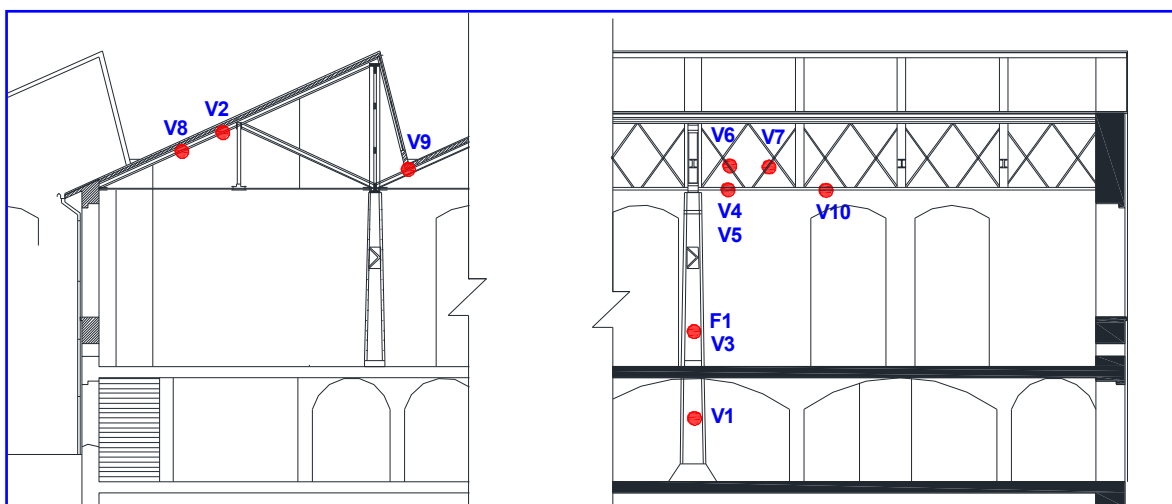
- **PO** – Prove con Pull-out;
- **C** – Carotaggio e carbonatazione;
- **B** – Prelievo barra armatura;
- **V** – Indagine Vickers;
- **F** – Prelievo carpenteria;
- **E** – Indagini con endoscopio.



Localizzazioni delle indagini eseguite al piano seminterrato



Localizzazioni delle indagini eseguite al piano rialzato



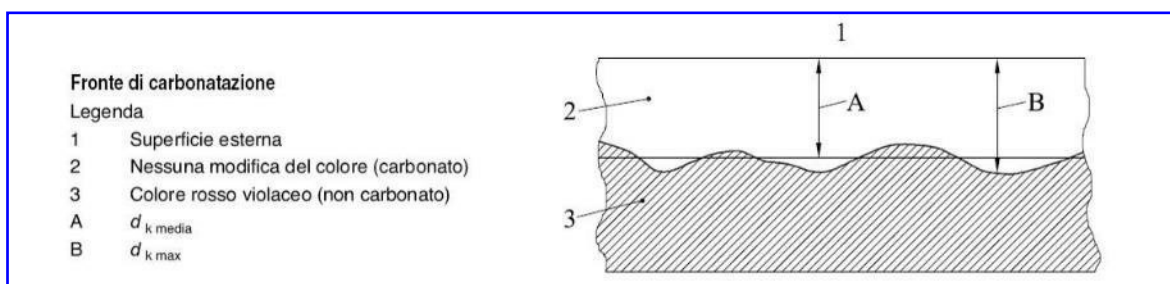
Localizzazioni delle indagini eseguite in prospetto

### • Carotaggio e carbonatazione

Sono stati eseguiti n. 4 prelievi di provini cilindrici Ø100 sulla struttura, con l'obiettivo di avviare i campioni al laboratorio per prova a compressione.

Prima dell'esecuzione della prova di compressione, avvenuta nel rispetto della norma UNI 12390-3, si è proceduto a tagliare e rettificare il provino mediante rettifica meccanica. Il rapporto tra diametro e altezza mantenuto al momento dell'esecuzione della prova è stato di 1 a 1.

Nella tabella successiva viene riportata la descrizione dettagliata del campione cilindrico estratti.



Misurazione fronte di carbonatazione secondo UNI EN 1463

| Carota | Elemento         | Lunghezza<br>cm | Esposizione<br>Note                                                                                                                                | Immagini                                                                             |
|--------|------------------|-----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| C1     | Trave<br>p. int. | 16,0 cm         | Prelievo<br>effettuato<br>orizzontalmente<br><br>Carbonatazione<br>$d_{k \text{ max}} = 10,0 \text{ cm}$<br>$d_{k \text{ media}} = 9,0 \text{ cm}$ |  |
| C2     | Trave<br>p. int. | 16,0 cm         | Prelievo<br>effettuato<br>orizzontalmente<br><br>Carbonatazione<br>$d_{k \text{ max}} = 6,0 \text{ cm}$<br>$d_{k \text{ media}} = 5,5 \text{ cm}$  |  |

| Carota | Elemento         | Lunghezza<br>cm                                                                                                                                        | Esposizione<br>Note                                           | Immagini                                                                             |
|--------|------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| C3     | Muro in cls      | Non è stato possibile prelevare l'elemento in cls in quanto il materiale risulta estremamente eterogeneo e non classificabile come provino cilindrico. |                                                               |    |
| C4     | Muro in cls      | Non è stato possibile prelevare l'elemento in cls in quanto il materiale risulta estremamente eterogeneo e non classificabile come provino cilindrico. |                                                               |   |
| C5     | Pilastro p. int. | 14,0 cm                                                                                                                                                | Prelievo effettuato orizzontalmente<br>Carbonatazione totale  |  |
| C6     | Pilastro p. int. | 14,0 cm                                                                                                                                                | Prelievo effettuato orizzontalmente<br>Carbonatazione assente |  |

In allegato viene fornito il certificato di laboratorio per le prove di compressione sui campioni di calcestruzzo prelevati, Lab. BZ certificato n. 23551 del 25/11/2022.

- **Prelievo barra armatura**

È stato eseguito il prelievo di n. 1 barra d'armatura denominata B1 sull'intradosso della soletta del piano seminterrato, con l'obiettivo di avviare il campione al laboratorio per prove di trazione per determinare le caratteristiche di resistenza.

Per il prelievo delle armature si è rimosso il copriferro su una porzione della struttura, in prossimità dell'individuazione delle barre. Successivamente la ditta in assistenza ha provveduto al prelievo e al ripristino tramite nuova barra di diametro maggiore, mediante cordone di saldatura, con lunghezza maggiore di dieci volte il diametro della barra prelevata.



Vista del prelievo eseguito

In allegato viene fornito il certificato di laboratorio per le prove di trazione sulle barre d'armatura, Lab. BZ certificato n. 23648 del 07/12/2022.

- **Prelievo carpenteria metallica**

È stato eseguito un prelievo di profilato metallico da una colonna della struttura, con l'obiettivo di avviare il campione al laboratorio per prova quantometrica.



Vista dell'elemento prelevato

In allegato vengono forniti i certificati di laboratorio per le prove eseguite sui campioni prelevati, Lab. BZ certificato n. 23623 del 05/12/2022.

### • Indagini Vickers

Sono state effettuate n. 10 indagini Vickers con microdurometro sulle carpenterie del manufatto della struttura, come di seguito riportato.

| Elemento<br>(Vedi pag. 11) | Vickers | Indice di durezza<br>Vickers (HV) |     |       | Durezza<br>brinell<br>(HB) | Tensione<br>di rottura a<br>trazione (f <sub>t</sub> )<br>Mpa |
|----------------------------|---------|-----------------------------------|-----|-------|----------------------------|---------------------------------------------------------------|
|                            |         | Min                               | Max | Medio |                            |                                                               |
| Carpenteria                | V1      | 118                               | 137 | 126   | 120                        | 403                                                           |
| Carpenteria                | V2      | 108                               | 135 | 122   | 116                        | 391                                                           |
| Carpenteria                | V3      | 115                               | 133 | 121   | 115                        | 388                                                           |
| Carpenteria                | V4      | 103                               | 129 | 114   | 108                        | 366                                                           |
| Carpenteria                | V5      | 109                               | 128 | 116   | 110                        | 373                                                           |
| Carpenteria                | V6      | 111                               | 133 | 121   | 115                        | 388                                                           |
| Carpenteria                | V7      | 102                               | 126 | 115   | 109                        | 370                                                           |
| Carpenteria                | V8      | 109                               | 131 | 119   | 113                        | 382                                                           |
| Carpenteria                | V9      | 98                                | 122 | 109   | 104                        | 347                                                           |
| Carpenteria                | V10     | 99                                | 118 | 107   | 102                        | 341                                                           |

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

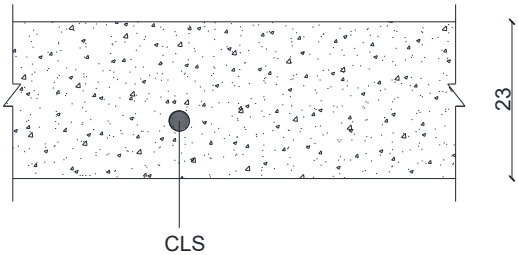
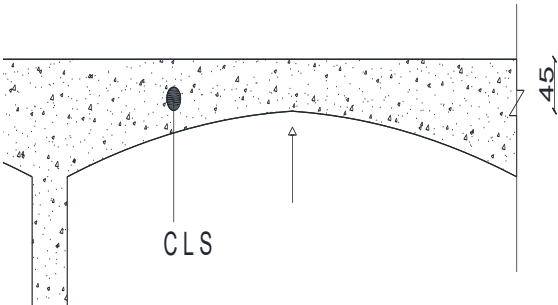
### • Indagini Pull-Out

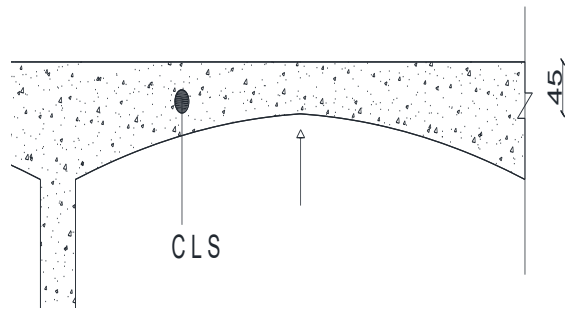
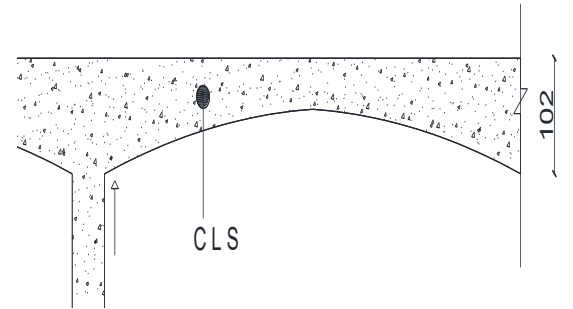
Sono state effettuate n. 2 indagini Pull-Out per rilevare le caratteristiche meccaniche del calcestruzzo costituente gli elementi della struttura.

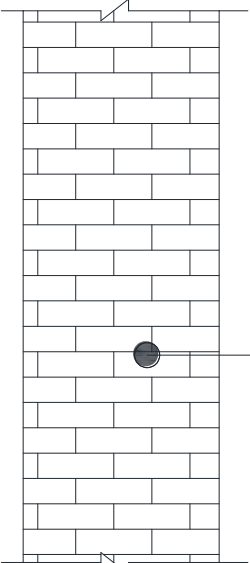
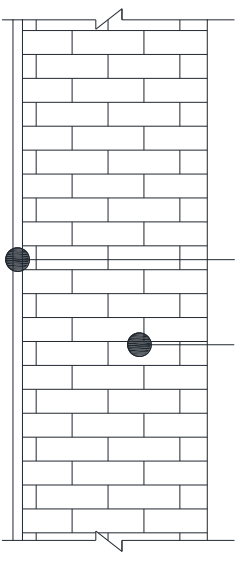
Nella tabella a seguire si riportano i risultati delle prove:

| PULL-OUT |             |              |                     |                                 |                              |
|----------|-------------|--------------|---------------------|---------------------------------|------------------------------|
| Punto    | Elemento    | Piano        | Forza di estrazione | Valori acquisiti R <sub>c</sub> | Valore medio R <sub>mc</sub> |
|          |             |              | kN                  | MPa                             | MPa                          |
| PO 1     | Arco in cls | Seminterrato | 12,98               | 21,4                            | 21,86                        |
|          |             |              | 15,50               | 24,4                            |                              |
|          |             |              | 11,59               | 19,8                            |                              |
| PO 2     | Arco in cls | Seminterrato | 25,95               | 36,9                            | 32,66                        |
|          |             |              | 20,54               | 30,4                            |                              |
|          |             |              | 23,43               | 30,7                            |                              |

- **Indagine con endoscopio**

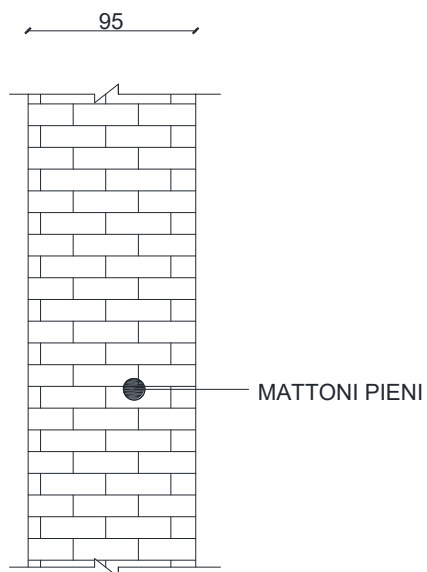
| E1 Soletta                                                                          | E2 Chiave volta                                                                      |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
|    |    |
| <b>Pacchetto totale spessore</b>                                                    | <b>Pacchetto totale spessore</b>                                                     |
| <b>Stratigrafia</b>                                                                 | <b>Stratigrafia</b>                                                                  |
| cls = 23,0 cm                                                                       | cls = 45,0 cm                                                                        |
|  |  |

| E3 Mezzeria arco                                                                    | E4 Imposta volta                                                                     |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
|    |    |
| <b>Pacchetto totale spessore</b>                                                    | <b>Pacchetto totale spessore</b>                                                     |
| <b>Stratigrafia</b>                                                                 | <b>Stratigrafia</b>                                                                  |
| cls = 45,0 cm                                                                       | cls = 102,0 cm                                                                       |
|  |  |

| E5 Muro esterno nord                                                                                                                                                         | E6 Muro esterno sud                                                                                                                                                                                                                |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                             |                                                                                                                                                  |
| <b>Pacchetto totale spessore</b>                                                                                                                                             | <b>Pacchetto totale spessore</b>                                                                                                                                                                                                   |
| <b>Stratigrafia</b>                                                                                                                                                          | <b>Stratigrafia</b>                                                                                                                                                                                                                |
| --                                                                                                                                                                           | Intonaco = 1,0 cm                                                                                                                                                                                                                  |
| Mattoni pieni = 60,0 cm                                                                                                                                                      | Mattoni pieni = 69,0 cm                                                                                                                                                                                                            |
| <p data-bbox="316 929 523 963">60</p>  <p data-bbox="590 1355 790 1388">MATTONI PIENI</p> | <p data-bbox="954 940 1161 974">1 69</p>  <p data-bbox="1181 1265 1316 1299">INTONACO</p> <p data-bbox="1181 1355 1372 1388">MATTONI PIENI</p> |

**E7 Muro esterno est****Pacchetto totale spessore****Stratigrafia**

Mattoni pieni = 95,0 cm



La società si assume la responsabilità per la precisione delle misure effettuate.  
L'elaborazione dei dati invece rappresenta solamente un sussidio da verificare ed approvare dal Tecnico Incaricato.

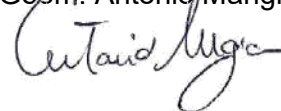
Piacenza, 12 dicembre 2022

*4 EMME Service S.p.A.*

Responsabile della Relazione  
Geom. Marco Dainese



Revisionata da Direttore di Centro  
Geom. Antonio Mangia



Revisione dei dati  
Geom. Oliver Tochev



PER INFORMAZIONI E DETTAGLI TECNICI,

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



**4 EMME Service S.p.A.**  
**Laboratorio Prove Materiali**

Via L. Zuegg, 20 – 39100 Bolzano Tel. 0471 543182 – Fax 543180

laboratoriobolzano4m@legalmail.it – www.4emme.it

Sistema Qualità ISO 9001:2015 certificato RINA nr. 6441/01/S

Pagina / Seite 1 di von 2

**Certificato / Zertifikat**

**NR 23648**

**del/vom: 07/12/2022**

Il sottoscritto:  
Der Unterfertigte:

Dainese Marco

consegna per ordine di:  
übergibt im Auftrag:

dott. ing. Andrea Sala

in qualità di:  
in seiner Eigenschaft als:

Tecnico incaricato

**Cliente:**  
**Kunde:**

**Comune di Lodi**

Verbale di accettazione:  
Annahmeprotokoll:

Nr. 11240

del/vom: 23/11/2022

**Descrizione della prova:**  
**Prüfungsbeschreibung:**

**PROVA DI TRAZIONE SU CAMPIONI DI ACCIAIO PER C.A.**  
**ZUG UND BIEGEPRÜFUNG AUF**  
**BEWEHRUNGSSTAHLPROBEKÖRPER**

Norme di riferimento:  
Bezugsnormen:

UNI EN ISO 15630-1:2019

Descrizione del materiale:  
Materialbeschreibung:

1 Spezzoni di acciaio per c.a.  
1 Bewehrungsstahlstäbe

Cantiere - Luogo del prelievo:  
Baustelle – Ort der Probeentnahme:

Ex linificio - Piazzale Forni, 1 - Lodi

Committente delle opere:  
Bautenauftraggeber:

Comune di Lodi

Impresa:  
Baufirma:

--

Richiesta sottoscritta da:  
Prüfauftrag vom unterschrieben:

--

Lo Sperimentatore  
Der Labortechniker  
Konrad Abraham

Il Direttore del Laboratorio  
Der Direktor  
dott. ing. Settimo Martinello



## 4 EMME Service S.p.A.

### Laboratorio Prove Materiali

Via L. Zuegg, 20 – 39100 Bolzano Tel. 0471 543182 – Fax 543180

laboratoriobolzano4m@legalmail.it – www.4emme.it

Sistema Qualità ISO 9001:2015 certificato RINA nr. 6441/01/S

Pagina / Seite 2 di von 2

Certificato / Zertifikat

NR 23648

del/vom: 07/12/2022

| Dati dichiarati / Angegebene Daten |                                  |                               |                             | Risultati di prova / Prüfergebnisse |                            |                                                                          |                                                                       |          |                         |
|------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|----------------------------|--------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|----------|-------------------------|
| Sigla<br>Kennzeich-<br>en          | Data estrazione<br>Entnahmedatum | Posizione in opera<br>Bauteil | Tipo di acciaio<br>Stahltyp | Ø Eff.<br>Eff. Ø<br>[mm]            | Lunghezza<br>Länge<br>[mm] | Tensione di<br>snervamento<br>Streckgrenze<br>$f_y$ [N/mm <sup>2</sup> ] | Tensione di<br>rottura<br>Zugfestigkeit<br>$f_t$ [N/mm <sup>2</sup> ] | Agt<br>% | Data prova<br>Prüfdatum |
| B1                                 | 18/11/2022                       | Solaio                        | --                          | 7,69                                | 515                        | 232,6                                                                    | 319,8                                                                 | 9,4      | 06/12/2022              |

Legenda / Legende:

ND=non dichiarato / nicht angegeben

NE = non eseguito / nicht ausgeführt

Note / Anmerkungen: nessuna / keine

| Attrezzatura utilizzata / Verwendete Ausrüstung |                        |            |                      |               |                    | Certificato di taratura / Eichungszeugnis |              |                       |
|-------------------------------------------------|------------------------|------------|----------------------|---------------|--------------------|-------------------------------------------|--------------|-----------------------|
| Nr.                                             | Nome / Name            | Tipo / Typ | Matricola / Matrikel | Marca / Marke | Portata / Traglast | Nr. Taratura                              | Data / Datum | Ente / Anstalt        |
| 4                                               | Trazione -<br>Controls | C0820/C    | 08004428             | Controls      | 1000 kN            | LAT 104 1830/2021                         | 10/12/2021   | Politecnico di Milano |

Lo Sperimentatore  
Der Labortechniker  
Konrad Abraham

Il Direttore del Laboratorio  
Der Direktor  
dott. ing. Settimo Martinello

Il presente certificato non può essere riprodotto, anche parzialmente, senza l'autorizzazione scritta del Laboratorio. / Laboratorium Materiali da Costruzione e Laboratorio Geotecnico (Terre e Rocce) autorizzati con D.M. 52187 del 28.07.2004, D.M. 161 del 19.04.2011 e D.M. 7476 del 27.07.2012 e successivi rinnovi ai sensi dell'art. 59 del DPR 380/2001.  
Das vorliegende Zeugnis darf auch nicht teilweise, ohne schriftliche Zustimmung der Prüfanstalt, vervielfältigt werden. / Das Labor für Baustoffprüfung und Geotechnisches Labor ermächtigt mit D.M. 52187 vom 28.07.2004, D.M. 161 vom 19.04.2011 und D.M. 7476 vom 27.07.2012 und nachfolgende Verlängerungen im Sinne Art. 59 des DPR 380/2001.



**4 EMME Service S.p.A.**  
**Laboratorio Prove Materiali**

Via L. Zuegg, 20 – 39100 Bolzano Tel. 0471 543182 – Fax 543180

laboratoriobolzano4m@legalmail.it – www.4emme.it

Sistema Qualità ISO 9001:2015 certificato RINA nr. 6441/01/S

Pagina / Seite 1 di von 2

|                                 |                 |                            |
|---------------------------------|-----------------|----------------------------|
| <b>Certificato / Zertifikat</b> | <b>NR 23551</b> | <b>del/vom: 25/11/2022</b> |
|---------------------------------|-----------------|----------------------------|

Il sottoscritto:  
Der Unterfertigte:

Dainese Marco

consegna per ordine di:  
übergibt im Auftrag:

dott. ing. Andrea Sala

in qualità di:  
in seiner Eigenschaft als:

Tecnico incaricato

**Cliente:**  
**Kunde:**

**Comune di Lodi**

Verbale di accettazione:  
Annahmeprotokoll:

Nr. 11240

del/vom: 23/11/2022

**Descrizione della prova:**  
**Prüfungsbeschreibung:**

**PROVA DI COMPRESSIONE SU PROVINI CILINDRICI**  
**DRUCKFESTIGKEITSPRÜFUNG AUF ZYLINDRISCHE**  
**PROBEKÖRPER**

Norme di riferimento:  
Bezugsnormen:

UNI EN 12390-3:2019

Descrizione del materiale:  
Materialbeschreibung:

4 Provino/i cilindrico/i ricavati da spezzoni di carote in  
calcestruzzo  
4 Zylindrische Probekörper aus Betonbohrkernen gewonnen

Cantiera - Luogo del prelievo:  
Baustelle – Ort der Probeentnahme:

Ex linificio - Piazzale Forni, 1 - Lodi

Committente delle opere:  
Bautenauftraggeber:

Comune di Lodi

Impresa:  
Baufirma:

--

Richiesta sottoscritta da:  
Prüfauftrag vom unterschrieben:

--

Lo Sperimentatore  
Der Laborotechniker  
Konrad Abraham

Il Direttore del Laboratorio  
Der Direktor  
dott. ing. Settimio Martinello



**4 EMME Service S.p.A.**  
**Laboratorio Prove Materiali**

Via L. Zuegg, 20 – 39100 Bolzano Tel. 0471 543182 – Fax 543180

laboratoriobolzano4m@legalmail.it – www.4emme.it

Sistema Qualità ISO 9001:2015 certificato RINA nr. 6441/01/S

Pagina / Seite 2 di von 2

**Certificato / Zertifikat**

**NR 23551**

**del/vom: 25/11/2022**

| Dati dichiarati / Angegebene Daten |                                  |                               | Risultati di prova / Prüfergebnisse |    |     |                                        |                                                                              |                             |                                     |                                             |                         |
|------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|----|-----|----------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------------|-------------------------|
| Sigla<br>Kennz.                    | Data estrazione<br>Entnahmedatum | Posizione in opera<br>Bauteil | Dimensioni<br>Abmessungen<br>[mm]   |    | h/d | Massa<br>volumica<br>Dichte<br>[kg/m³] | Resistenza a<br>compressione<br>Druckfestigkeit<br>f <sub>c</sub><br>[N/mm²] | Tipo<br>rottura<br>Bruchtyp | Max inerte<br>Max Gestein<br>Ø [mm] | Armatura<br>rinforzata<br>Bewehrung<br>[mm] | Data prova<br>Prüfdatum |
|                                    |                                  |                               | Ø                                   | h  |     |                                        |                                                                              |                             |                                     |                                             |                         |
| C1                                 | 18/11/2022                       | Trave P. int.                 | 98                                  | 97 | 1   | 2.306                                  | 22,3                                                                         | S                           | 27                                  | —                                           | 24/11/2022              |
| C2                                 | 18/11/2022                       | Trave P. int.                 | 97                                  | 96 | 1   | 2.385                                  | 33,8                                                                         | S                           | 29                                  | —                                           | 24/11/2022              |
| C5                                 | 18/11/2022                       | Pilastro P. int.              | 97                                  | 96 | 1   | 2.268                                  | 6,1                                                                          | S                           | 28                                  | —                                           | 24/11/2022              |
| C6                                 | 18/11/2022                       | Pilastro P. int.              | 99                                  | 98 | 1   | 2.268                                  | 20,0                                                                         | S                           | 44                                  | —                                           | 24/11/2022              |

Legenda/ Legende:

S = rottura soddisfacente/genügender Bruch NS = rottura non soddisfacente / ungenügender Bruch

Note / Anmerkungen: nessuna / keine

| Attrezzatura utilizzata / Verwendete Ausrüstung |                      |                        |                      |               |                    | Certificato di taratura / Eichungszeugnis |              |                          |
|-------------------------------------------------|----------------------|------------------------|----------------------|---------------|--------------------|-------------------------------------------|--------------|--------------------------|
| Nr.                                             | Nome / Name          | Tipo / Typ             | Matricola / Matrikel | Marca / Marke | Portata / Traglast | Nr. Taratura                              | Data / Datum | Ente / Anstalt           |
| 1                                               | Pressa -<br>Teloio 1 | 50-<br>C5902/C8<br>232 | 02042332             | Controls      | 3000 kN            | LAT 104 1832/2021                         | 10/12/2021   | Politecnico di<br>Milano |
| 2                                               | Pressa - Teloio<br>2 | 65-<br>L1201/C82<br>32 | 02042333             | Controls      | 250 kN             | LAT 104 1834/2021                         | 10/12/2021   | Politecnico di<br>Milano |



## 4 EMME Service S.p.A.

### Laboratorio Prove Materiali

Via L. Zuegg, 20 – 39100 Bolzano Tel. 0471 543182 – Fax 543180  
Laboratoriobolzano4m@legalmail.it – www.4emme.it

Sistema Qualità ISO 9001:2015 certificato RINA nr. 6441/01/S

Pagina / Seite 1 di / von 2

**CERTIFICATO / ZEUGNIS**

**NR. 23623**

**del / vom 05/12/2022**

Il sottoscritto:  
Der Unterfertigte:

Dainese Marco

consegna per ordine di:  
übergibt im Auftrag:

dott. ing. Andrea Sala

in qualità di:  
in seiner Eigenschaft als:

Tecnico Incaricato

**Intestatario certificato:**  
**Zeugnisinhaber:**

**Comune di Lodi**

Verbale di accettazione:  
Annahmeprotokoll:

Nr. 11240 del / vom 23/11/2022

**Descrizione della prova:**  
**Prüfungsbschreibung:**

**ANALISI CHIMICA**

Norme di riferimento:  
Bezugsnormen:

ASTM E 415-2008; D.M. 14.01.2008

Descrizione del materiale:  
Materialbeschreibung:

1 provetta metallica ricavata da 1 campione /  
1 Metallprobekörper aus 1 Probe gewonnen

Cantiere - Luogo del prelievo:  
Baustelle – Ort der Probeentnahme:

Ex linificio - Piazzale Forni, 1 - Lodi

Committente delle opere:  
Bautenauftraggeber:

Comune di Lodi

Impresa:  
Baufirma:

Richiesta sottoscritta dal Direttore  
Lavori:

Prüfauftrag vom Bauleiter  
unterschrieben:

Data della prova:  
Prüfdatum:

02/12/2022

Lo Sperimentatore  
Der Labortechniker  
*Konrad Abraham*

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



# 4 EMME Service S.p.A.

## Laboratorio Prove Materiali

Via L. Zuegg, 20 – 39100 Bolzano Tel. 0471 543182 – Fax 543180

Laboratoriobolzano4m@legalmail.it – www.4emme.it

Sistema Qualità ISO 9001:2015 certificato RINA nr. 6441/01/S

Pagina / Seite 2 di / von 2

**CERTIFICATO / ZEUGNIS**

**NR. 23623**

**del / vom 05/12/2022**

### Dati dichiarati

| Sigla | Data prelievo | Posizione in opera | Tipo |
|-------|---------------|--------------------|------|
| F1    | 18/11/2022    | Colonna            | -    |

### Risultati di prova

| Elemento | Fe    | C      | Si     | Mn     | P      | S      | Cr     | Ni     | Mo     | Cu     | Al     | Ti     | V      | Co     | Nb     | W      |
|----------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| % peso   | 98.85 | 0.0912 | 0.0384 | 0.4495 | 0.0280 | 0.0996 | 0.0077 | 0.0119 | 0.0046 | 0.0558 | 0.0034 | 0.0017 | 0.0000 | 0.0074 | 0.0000 | 0.0000 |

### Legenda:

|    |          |    |           |   |         |    |        |    |           |    |           |    |         |    |           |
|----|----------|----|-----------|---|---------|----|--------|----|-----------|----|-----------|----|---------|----|-----------|
| Fe | Ferro    | Si | Silicio   | P | Fosforo | Cr | Cromo  | Mo | Molibdeno | Al | Alluminio | V  | Vanadio | Nb | Niobio    |
| C  | Carbonio | Mn | Manganese | S | Zolfo   | Ni | Nichel | Cu | Rame      | Ti | Titanio   | Co | Cobalto | W  | Tungsteno |

Note / Anmerkungen: nessuna / keine.

Lo Sperimentatore  
Der Labortechniker  
*Konrad Abraham*

Il direttore del Laboratorio  
Der Direktor  
*Dott. ing. Settimio Martinello*