

**INTERVENTO DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA GENERALE DELLO STABILE A  
DESTINAZIONE D'USO RESIDENZIALE DI PROPRIETA' ALER SITO IN COMUNE DI  
PRATA CAMPORTACCIO (SO) VIA BERTACCHI NN. 21/23/25.**

**CUP: B94F23008840007**

**CUP intervento di bonifica amianto: B92D23000060007**

**PROGETTO ESECUTIVO**

**201 – Relazione generale**

art. 41 e allegato I.7 al D.Lgs. 36/2023

<b>Il progettista delle opere edili e CSP</b>  <b>ALER BG LC SO</b> <b>Arch. Lino Antonio Saligari</b>	<b>Il progettista impianti e strutture</b>  <b>INM and Partner S.r.l.</b> <b>Ing. Mauro Nicoletti</b>
---	--



---

## SOMMARIO

1.	RIFERIMENTI PER LA GESTIONE DELLA COMMESSA .....	4
2.	DATI GENERALI DELL'IMMOBILE .....	5
3.	DESCRIZIONE DELLO STATO DI FATTO DELL'EDIFICIO .....	6
4.	ESITI DELLE INDAGINI E DEI RILIEVI EFFETTUATI .....	7
5.	CRITERI UTILIZZATI E SINTESI DELLE SCELTE PROGETTUALI .....	8
6.	OBIETTIVI DELL'INTERVENTO .....	10

## 1. RIFERIMENTI PER LA GESTIONE DELLA COMMESSA

<b>CUP</b>	B94F23008840007
<b>Unità Operativa Gestionale</b>	UOG SONDRIO
<b>Tipologia di intervento</b>	MANUTENZIONE STRAORDINARIA
<b>Denominazione dell'intervento</b>	Intervento di manutenzione straordinaria generale dello stabile a destinazione d'uso residenziale di proprietà Aler sito in Comune di Prata Camportaccio (SO) – via Bertacchi nn. 21/23/25

<b>Programma Triennale di riferimento</b>	2025/2027
<b>Elenco Annuale di riferimento</b>	2025
<b>CUI</b>	L00225430164202400032
<b>Pianificazione complessa</b>	NO

REFERENTI	
<b>Responsabile Unico di Progetto</b>	Arch. Chiara Bordoni c/o ALER BG LC SO
<ul style="list-style-type: none"> <li>Progettazione delle opere edili</li> <li>Coordinamento della sicurezza in fase di progettazione</li> </ul>	Arch. Lino Antonio Saligari c/o ALER BG LC SO
<ul style="list-style-type: none"> <li>Indagini sulle strutture esistenti</li> <li>Progettazione delle opere impiantistiche strutturali ed energetiche</li> <li>Direzione dei lavori</li> <li>Coordinamento della sicurezza in fase di esecuzione</li> </ul>	RTP costituito da: INM and Partner S.r.l. - mandataria capogruppo Studio Tecnico Associato Multipianti - mandante arch. Chiara Parrino - mandante Studio D'Ambrosio & Associati S.r.l. - mandante Geol. Giorgia Trevisan – mandante.

## 2. DATI GENERALI DELL'IMMOBILE

Localizzazione	PRATA CAMPORTACCIO (SO) VIA BERTACCHI NN. 21/23/25			L. 457
Rilevamenti catastali	Foglio: 3	Mappale: 299	Subalterni: TUTTI (1→28)	
Proprietà dello stabile/i	Aler in diritto di superficie della durata di anni 99 a partire dal 28/06/1980, in forza dell'atto di Convenzione stipulato in data 28/05/1996 - Rep. n. 59749 - Raccolta n. 8830 - registrato a Morbegno il 12/6/1996 al n. 668 mod. 1.			
Codice Aler fabbricato/i SIREAL	4029			
N. alloggi	14			
n. box	14			
Anno di costruzione	1980-1981			
Centro storico?	NO			
Tipologia architettonica	isolata			
n. piani fuori terra (f.t.)	4			
n. vani scala	1			
Superficie tot del lotto (mq)	~ 3.450			
Destinazione d'uso	RESIDENZIALE	AUTORIMESSE	TOTALE	
N. u.i./dest. d'uso	14	14	28	
N. piani f.t. /dest. d'uso	3 (P. 1°/2°/3°)	1 (P. TERRA)	4	
N. piani interrati/dest. d'uso	0	0	0	

Legenda:

f.t. = fuori terra

u.i. = unità immobiliari

\* DESTINAZIONE D'USO:



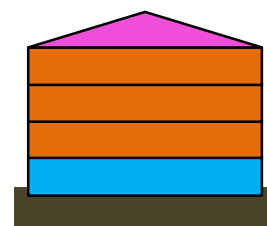
sottotetto senza permanenza di persone



residenza



box/cantine/locali tecnici



ALER Bergamo Lecco Sondrio

Sede legale: via Mazzini 32/A – 24128 Bergamo – tel. 035 259595 – PEC [direzione@pec.alerbg.it](mailto:direzione@pec.alerbg.it)

Sede operativa Lecco: via Giusti 12 – 23900 Lecco – tel. 0341 358311 - PEC [aler.lc@pec.alerbg.it](mailto:aler.lc@pec.alerbg.it)

Sede operativa Sondrio: piazza Radovljica 1 – 23100 Sondrio – tel. 0342 512999 - PEC [aler.so@pec.alerbg.it](mailto:aler.so@pec.alerbg.it)

C.F. e P.IVA 00225430164



P a g . 5 | 11

### 3. DESCRIZIONE DELLO STATO DI FATTO DELL'EDIFICIO

TIPOLOGIA	SEZ.	DESCRIZIONE
<b>OPERE EDILI</b>	<b>E</b>	<p>L'edificio, con pianta a "V", si sviluppa su quattro piani fuori terra oltre ad un piano sottotetto non abitabile.</p> <p>Il piano terra si interra sul retro dell'edificio ed è adibito ad autorimesse e locali tecnici, tra cui la centrale termica. L'accesso veicolare avviene dal fronte nord, tramite due basculanti che si aprono sui due corselli principali; l'accesso pedonale avviene dall'unica scala comune interna all'edificio, che collega tutti i piani.</p> <p>Ai piani 1-2-3 trovano spazio i 14 alloggi, 6 al primo piano, 4 al piano secondo e 4 al piano terzo. L'ingresso pedonale all'area residenziale avviene dal piano primo tramite scala esterna, posizionata a nord dell'edificio al centro della "V". Detta scala consente l'accesso diretto a due appartamenti (individuati con i civici 21 e 25) e all'androne del civico 23. Dall'androne si accede a quattro appartamenti e alla scala interna, che collega i piani superiori. Non vi è presenza di impianto ascensore.</p> <p>La muratura perimetrale dell'edificio è costituita da una doppia parete di mattoni forati, isolata internamente con pannelli di lana di vetro dello spessore di 8 cm.</p> <p>Il perimetro esterno delle solette e il lato esterno dei pilastri sono rivestiti con lastre di polistirolo vergine incollato di cm 5, accoppiato con pannello tipo Eraclit dello spessore di 1 cm.</p> <p>In tema di serramenti, il piano terra è caratterizzato da basculanti, porte e serramenti in ferro. Le parti comuni residenziali sono dotate di portoncini e finestre in alluminio. Gli alloggi sono caratterizzati da serramenti in legno a vetro doppio, con avvolgibili in PVC alloggiati in cassonetti in legno. I davanzali sono prefabbricati in c.a.</p> <p>I parapetti delle logge sono stati realizzati con telaio in acciaio e chiusura in pannelli in fibrocemento contenenti amianto compatto. Due terrazzi sono invece caratterizzati da parapetti in acciaio. Parimenti, il vano impiantistico adiacente alla scala interna è chiuso con pannelli contenenti amianto compatto.</p> <p>Nelle intercapedini dei muri perimetrali sono presenti pannelli in lana di roccia/vetro e tenuto conto del periodo di edificazione, sono da considerarsi precauzionalmente FAV a rischio cancerogeno.</p> <p>Il piano sottotetto, non abitabile, è accessibile tramite una botola con scala retrattile posizionata in corrispondenza dell'ultimo pianerottolo.</p> <p>Il tetto, a padiglione, presenta problemi di staticità strutturale. Il manto è costituito da cementegole e sono presenti lucernari, esalazioni e canne fumarie. La lattoneria è in lamiera zincata preverniciata.</p>
<b>OPERE IMPIANTI ELETTRICI</b>	<b>IE</b>	<p>L'edificio risulta privo di ascensore e l'impianto elettrico sulle parti comuni risulta obsoleto.</p>

<b>OPERE IMPIANTI MECCANICI</b>	<b>IM</b>	Attualmente l'impianto di riscaldamento è centralizzato ed alimentato con un generatore a gasolio. La centrale termica si trova al piano terra (piano box) ed alimentata da un serbatoio a gasolio situato a nord dell'edificio in posizione interrata nell'area di pertinenza dello stabile. L'acqua calda sanitaria è invece prodotta da boiler autonomi. I terminali dell'impianto di riscaldamento sono costituiti da convettori dell'epoca (in particolare nel piano rialzato). In alcuni appartamenti negli anni sono stati sostituiti con radiatori.
<b>OPERE STRUTTURALI</b>	<b>S</b>	L'edificio esistente è costituito da n. 1 corpo edilizio, ha un numero di piani fuori terra pari a 4, ed è occupato al piano terra da cantinato e superiormente da appartamenti residenziali; la struttura risulta un telaio in c.a. con nucleo scale centrale. Al piano terra vi è la presenza di muri perimetrali contro terra essendo l'edificio edificato in un terreno non pianeggiante. I solai sono realizzati con le seguenti specificità: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Primo solaio: solaio a piastra in c.a. sp. 22 cm</li> <li>- Solai secondo, terzo e quarto a travetti in c.a s.p. 22 cm</li> </ul> Copertura in muretti alla padovana.

#### 4. ESITI DELLE INDAGINI E DEI RILIEVI EFFETTUATI

Tipo di indagine	Esito
<b>RILIEVI E INDAGINI SULLE CARATTERISTICHE DELL'IMMOBILE</b>	<p>Tenuto conto della natura delle opere da progettare ed eseguire, sono stati eseguiti saggi sulla struttura dell'edificio. Si allegano le risultanze.</p> <p>Sono stati effettuati i rilievi dell'edificio e dell'area circostante, nonché indagini di natura conoscitiva, sia visiva che distruttiva, prioritariamente allo scopo di confrontare le stratigrafie con quelle del progetto originario. Nello specifico, sono stati eseguiti n. 2 saggi, posizionati uno sulla facciata ovest e uno sul plafone del piano terra, ed è stato estratto l'incamiciamento di un foro di ventilazione di una cucina.</p> <div>   </div>

ALER Bergamo Lecco Sondrio

Sede legale: via Mazzini 32/A – 24128 Bergamo – tel. 035 259595 – PEC [direzione@pec.alerbg.it](mailto:direzione@pec.alerbg.it)



Sede operativa Lecco: via Giusti 12 – 23900 Lecco – tel. 0341 358311 - PEC [aler.lc@pec.alerbg.it](mailto:aler.lc@pec.alerbg.it)

Sede operativa Sondrio: piazza Radovljica 1 – 23100 Sondrio – tel. 0342 512999 - PEC [aler.so@pec.alerbg.it](mailto:aler.so@pec.alerbg.it)

C.F. e P.IVA 00225430164

P a g . 7 | 11



	 
<b>RILIEVI E INDAGINI AMBIENTALI</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presenza di amianto: i parapetti della scala comune, le ante dei vani tecnici presenti ai pianerottoli della scala comune e i parapetti delle logge sono costituiti da manufatti contenenti amianto a matrice compatta. Il progetto ne prevede la bonifica, la rimozione e la sostituzione.</li> <li>• Presenza di lane minerali (FAV): all'interno dell'intercapedine dei muri è presente lana di vetro/di roccia. Tenuto conto del periodo di costruzione dell'edificio, la medesima viene considerata a rischio cancerogeno (FAV). Pertanto, nell'eseguire tutte le lavorazioni che possano interferire con detto materiale isolante, dovranno essere adottati tutti gli opportuni accorgimenti previsti dalle norme in materia.</li> <li>• Presenza di serbatoio interrato: nel cortile è presente serbatoio interrato cilindrico di mc 15 e dimensioni 190x529 cm per l'alimentazione, a gasolio, dell'attuale centrale termica. Il III Responsabile dell'impianto ha eseguito, in data 28/9/2023 e 18/10/2023, le misurazioni sul livello di gasolio presente atte a verificare la tenuta del serbatoio stesso. Dalle verifiche effettuate non risultano perdite. Il progetto prevede la metanizzazione della centrale termica e la dismissione, previa bonifica, del suddetto serbatoio.</li> </ul>

## 5. CRITERI UTILIZZATI E SINTESI DELLE SCELTE PROGETTUALI

Natura delle opere	descrizione
<b>OPERE EDILI</b>	<p>Nell'ambito del PROGRAMMA TRIENNALE PER LA RIMOZIONE DELL'AMIANTO DAL PATRIMONIO ERP DELLE ALER ai sensi della DGR n. X/6752 del 21/06/2017, con DGR n. XII/729 del 24/07/2023 e successivo d.d.u.o. n. 16779 del 30/10/2023 Regione Lombardia ha assegnato all'azienda un contributo pari a € 64.900,00 per l'attuazione dell'intervento di bonifica dei manufatti contenenti amianto presenti nell'edificio.</p> <p>Poiché il fabbricato presenta tuttavia anche ulteriori problematiche di natura manutentiva, l'azienda ha provveduto ad inserire nella propria programmazione</p>



	<p>le risorse per un intervento più generale di manutenzione straordinaria, con lo scopo, appunto, di intervenire in modo più risolutivo.</p> <p>Compatibilmente con la tipologia di intervento ed il budget a disposizione, gli obiettivi che si intendono perseguire con la presente progettazione sono:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <b>la messa in sicurezza dell'edificio</b>, mediante l'eliminazione degli stati di pericolo presenti. Il progetto prevede, a tale scopo: <ul style="list-style-type: none"> <li>– la bonifica e la sostituzione dei manufatti contenenti amianto compatto;</li> <li>– il rifacimento completo del tetto;</li> <li>– il sopralzo dei parapetti di finestre e balconi a norma di legge.</li> </ul> </li> <li>2. <b>la messa a norma dell'edificio</b>, mediante l'ammodernamento degli impianti elettrici delle parti comuni e del riscaldamento.</li> <li>3. <b>il miglioramento del confort abitativo degli ambienti, la riduzione dei consumi e dei costi di gestione</b>, mediante l'efficientamento energetico dell'edificio. Il progetto prevede a tale scopo: <ul style="list-style-type: none"> <li>– la coibentazione delle superfici opache disperdenti orizzontali e verticali;</li> <li>– l'abbattimento, per quanto possibile, dei ponti termici;</li> <li>– la sostituzione delle superfici trasparenti esterne dell'area residenziale;</li> </ul> </li> <li>4. <b>il miglioramento dell'impatto dell'edificio sull'ambiente</b>, mediante la riduzione delle emissioni inquinanti e la sostituzione della Centrale Termica, attualmente alimentata a gasolio.</li> <li>5. <b>il miglioramento del decoro e della vivibilità degli spazi comuni</b>. Il progetto prevede l'ammodernamento dei manufatti edilizi obsoleti del fabbricato, la realizzazione di nuove finiture di facciata e il risanamento del vano scala.</li> </ol> <p>Per maggiori dettagli si rimanda ai documenti progettuali.</p>
<b>OPERE IMPIANTI ELETTRICI</b>	<p>L'obiettivo della progettazione impiantistica elettrica è la messa a norma degli impianti elettrici delle parti comuni, utilizzando materiali che assicurino una maggiore durabilità.</p> <p>Per maggiori dettagli si rimanda ai documenti progettuali.</p>
<b>OPERE IMPIANTI MECCANICI</b>	<p>Il progetto prevede la trasformazione a gas metano dell'impianto di riscaldamento centralizzato, a servizio dell'edificio ad uso residenziale.</p> <p>Il generatore di calore esistente alimentato a gasolio verrà sostituito con una caldaia a condensazione modulante, a gas metano.</p> <p>La potenzialità del nuovo generatore di calore è stata determinata in funzione del carico termico dell'edificio, tenendo conto degli interventi di riqualificazione energetica dell'involucro.</p> <p>La rete di distribuzione principale a servizio dell'intero fabbricato non subirà variazione e verrà allacciata al nuovo generatore di calore, verranno modificate però le derivazioni alle singole unità ai vari piani per consentire l'installazione dei contabilizzatori di calore.</p> <p>È inoltre prevista la sostituzione dei termoconvettori ancora esistenti all'interno degli appartamenti, con radiatori tubolari in acciaio opportunamente dimensionati.</p> <p>L'impianto sarà inoltre dotato di termoregolazione ambiente mediante valvole termostatiche e di contabilizzazione del calore.</p>

	<p>Le tipologie impiantistiche, ed i relativi requisiti funzionali, sono state adottati sia nel rispetto delle normative vigenti, sia per garantire la massima funzionalità, affidabilità ed efficienza energetica.</p> <p>Gli impianti di cui alla progettazione sono:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) centrale termica;</li> <li>2) impianto adduzione gas;</li> <li>3) Adeguamento sistema di emissione;</li> <li>4) Adeguamento sistema di termoregolazione e contabilizzazione.</li> </ol> <p>Per maggiori dettagli si rimanda ai documenti progettuali.</p>
<b>OPERE STRUTTURALI</b>	<p>A seguito dell'indagine eseguite si è raggiunto un livello di conoscenza accurata, utile per la verifica sismica dell'immobile e la messa in sicurezza.</p> <p>Per la messa in sicurezza dell'edificio il progetto prevede la sostituzione della copertura esistente, che prevede molteplici fenomeni di collasso dei laterizi costituenti le parti portanti del manto.</p> <p>La nuova copertura sarà realizzata mediante struttura portante principale in acciaio, arcarecci in legno e a finire doppio tavolato incrociato di legno.</p> <p>A tamponamento perimetrale è previsto una cornice realizzata con blocchi di calcestruzzo aerato autoclavato.</p> <p>I materiali utilizzati rispetteranno, oltre alla sostenibilità dei prodotti riciclati, anche i criteri di durabilità e facilità di esecuzione dell'opera.</p> <p>Per maggiori dettagli si rimanda ai documenti progettuali.</p>

## 6. OBIETTIVI DELL'INTERVENTO

Natura delle opere	Elemento/ manufatto	Problematica manutentiva riscontrata	Obiettivo
<b>OPERE EDILI</b>	Parapetti delle logge e del vano scala e sportelli vani tecnici	Presenza di MCA a matrice compatta	Bonifica e sostituzione dei manufatti, per l'eliminazione dei rischi per la salute dei residenti e la messa a norma.
	Balconi/logge	Vetustà e infiltrazioni	Rifacimento e messa a norma dei manufatti.
	Facciate	Vetustà	Sensibile riduzione dei consumi e delle dispersioni in ambiente.
	Serramenti	Vetustà	
	Manto di copertura	Vetustà	Rifacimento e messa in sicurezza dei manufatti.
<b>OPERE IMPIANTI ELETTRICI</b>	Impianto elettrico parti comuni	Vetustà	Adeguamento impianto e corpi illuminanti. Risparmio energetico e messa in sicurezza
	Centrale termica	Vetustà	Sostituzione della CT con trasformazione da gasolio a gas, per

<b>OPERE IMPIANTI MECCANICI</b>			una sensibile riduzione dei consumi e dell'inquinamento atmosferico
	Adeguamento sistema di emissione	Vetustà	Funzionalità, affidabilità ed efficienza energetica
	Adeguamento sistema di termoregolazione e contabilizzazione	Non presente nell'esistente	Corretta ripartizione dei consumi e risparmio energetico
<b>OPERE STRUTTURALI</b>	Struttura di copertura	staticità del tetto	Eliminazione dello stato di pericolo. Miglioramento dell'accessibilità, della manutenzione e della durabilità


## RAPPORTO TECNICO DI PROVA

**EDIFICIO RESIDENZIALE ALER  
VIA BERTACCHI, 21/23/25 IN PRATA CAMPORTACCIO (SO)**

**Indagini Diagnostiche e Conoscitive**



**p.c.: INM & Partner srl**

<b>Documento</b> RdP-202-2024	<b>Data</b> Aprile 2024	<b>Pagine relazione</b> 21
<b>Commessa</b> 01_24_GA	<b>Revisione</b> -	<b>Allegati</b> 1. Piano delle indagini 2. Dettagli costruttivi 3. Rapporti di prova
<b>Redatto da</b> ing. Nicole Natali	<b>Revisionato da</b> ing. Giorgio Angioletti	<b>Il Responsabile</b> ing. Paolo Panzeri 

P&P LMC srl / via Pastrengo, 9 - 24068 Seriate (BG) tel. +39 035 32 357 [info@peplmc.it](mailto:info@peplmc.it) [www.peplmc.it](http://www.peplmc.it)

## INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSE E SCOPI .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>RILIEVO GEOMETRICO STRUTTURALE E DETTAGLI COSTRUTTIVI .....</b>	<b>4</b>
2.1	INDAGINI GEOMETRICHE E TIPOLOGICHE SU ELEMENTI IN C.A. ....	4
2.1.1	<i>Rilievo mediante scassi localizzati.....</i>	<i>4</i>
2.1.2	<i>Rilievo con pacometro .....</i>	<i>5</i>
<b>3</b>	<b>CARATTERIZZAZIONE DEL CALCESTRUZZO ARMATO.....</b>	<b>9</b>
3.1	PROPRIETÀ MECCANICHE DELL'ACCIAIO D'ARMATURA .....	9
3.1.1	<i>Prelievo di barre d'armatura e prove di trazione.....</i>	<i>9</i>
3.1.2	<i>Prove di durezza .....</i>	<i>10</i>
3.2	PROPRIETÀ MECCANICHE DEL CALCESTRUZZO .....	12
3.2.1	<i>Prelievo e prove di compressione su carote di calcestruzzo.....</i>	<i>12</i>
3.2.2	<i>Prove non distruttive su calcestruzzo con metodo Son.Reb.....</i>	<i>14</i>

## ALLEGATI

*Allegato 1: Tav.01-03 Piano delle indagini*  
*Allegato 2: Tav.01-02 Dettagli costruttivi*  
*Allegato 3: Rapporti di prova*

## 1 PREMESSE E SCOPI

La presente relazione riferisce in merito ai risultati delle indagini diagnostiche e conoscitive condotte presso l'edificio residenziale Aler in via Bertacchi, 21/23/25 nel comune di Prata Camportaccio (SO).

Gli esami e le analisi hanno riguardato gli elementi che costituiscono le strutture portanti del manufatto.

Le indagini sono state eseguite durante le giornate del 10 e del 11 aprile 2024 dai tecnici specializzati della P&P LMC di Seriate (BG) secondo quanto preventivamente concordato con la Committenza.

Nella tabella di seguito si elencano in sintesi le indagini effettuate e la relativa nomenclatura.

PIANO DELLE INDAGINI		
ID	Tipologia di indagine	Quantità
SC-P	Rilievo geometrico mediante scasso su pilastro	4
SC-T	Rilievo geometrico mediante scasso su trave	3
PAC	Rilievo geometrico mediante pacometro	5
CA	Prelievo di campioni di cls per prove di compressione in laboratorio	4
SRB	Indagini combinate Son.Reb	8
ARM	Prelievo di barre d'armatura per prove di trazione in laboratorio	2
CND	Prove con durometro	6

L'ubicazione delle indagini effettuate è riportata in specifico allegato alla presente relazione.

Nei successivi paragrafi vengono esposte le modalità di rilievo geometrico, le tecniche di prova, le modalità di analisi e si riportano i risultati ottenuti dalle indagini.

## **2 RILIEVO GEOMETRICO STRUTTURALE E DETTAGLI COSTRUTTIVI**

Nell'ambito della campagna di indagine sono stati effettuati rilievi geometrici dei principali elementi strutturali del fabbricato.

Le modalità di rilievo e le informazioni raccolte sono contenute nei paragrafi seguenti.

### **2.1 INDAGINI GEOMETRICHE E TIPOLOGICHE SU ELEMENTI IN C.A.**

Di seguito si descrivono le indagini effettuate per il rilievo geometrico strutturale degli elementi in c.a. del fabbricato.

#### **2.1.1 *Rilievo mediante scassi localizzati***

Nei punti indicati nel piano di indagine con la sigla "SC-P" è stato effettuato un rilievo geometrico sui pilastri mediante le seguenti operazioni:

- eliminazione del rivestimento architettonico del pilastro in esame (intonaco, mascherature);
- determinazione delle dimensioni dell'elemento;
- scarifica del copriferro determinandone lo spessore e mettendo a nudo le armature di taglio (staffe) e quelle verticali;
- determinazione della tipologia, diametro e passo delle armature verticali e delle staffe.

Nei punti indicati nel piano di indagine con la sigla "SC-T" è stato effettuato un rilievo geometrico sulle travi dal piano inferiore così come di seguito indicato:

- rilievo della trave a soffitto, eliminazione dell'eventuale controsoffitto portando al rustico l'intradosso della trave;
- scarifica del copriferro determinandone lo spessore e mettendo a nudo le armature di taglio (staffe) e quelle orizzontali correnti;
- determinazione della tipologia, diametro e passo delle staffe e delle armature orizzontali;
- rilievo della misura della base della trave stessa.

Gli scassi sono stati integrati ove ritenuto opportuno da indagini pacometriche.

Il rilievo dei ferri d'armatura è stato effettuato compatibilmente con l'effettiva possibilità di raggiungere le varie facce degli elementi in c.a..

Al termine delle indagini il copriferro rimosso è stato ricostruito mediante apposita malta per ripristini strutturali.

I risultati delle indagini eseguite in sito sono riportati nelle tavole dei dettagli costruttivi in allegato alla presente relazione.

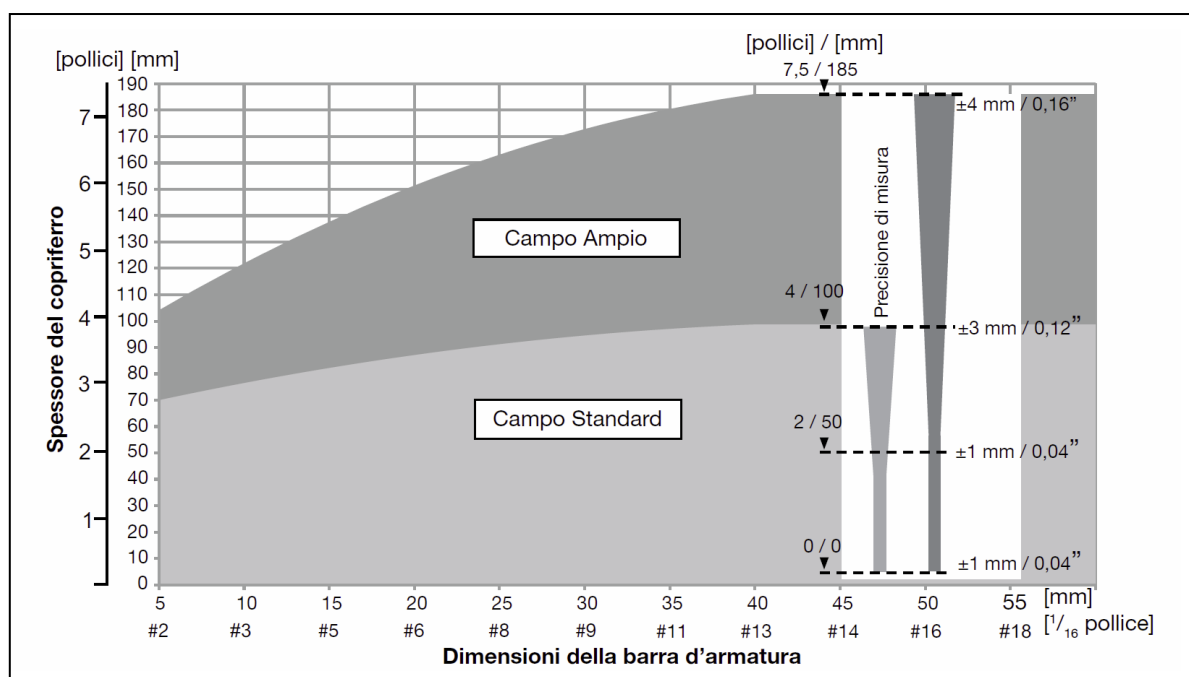


### 2.1.2 Rilievo con pacometro

I punti indagati con indagine pacometrica sono identificati nel piano delle indagini in allegato con la sigla "PAC" e i risultati delle indagini sono stati rappresentati nelle tavole dei dettagli costruttivi in allegato alla presente relazione.

Lo strumento per l'indagine pacometrica si basa sull'applicazione della tecnica induttiva, che sfrutta la variazione del flusso magnetico generato da un magnete posto sulla superficie del calcestruzzo perturbato dalla presenza delle barre metalliche incluse nel conglomerato. L'intensità del flusso magnetico dipende non solo della presenza delle barre ma anche dallo spessore del copriferro e dal diametro delle stesse barre. Ne deriva pertanto che l'intensità del segnale e conseguentemente la capacità di individuare barre d'armatura e l'incertezza di misura, risultano condizionate dall'eventuale presenza di altro materiale conduttore posto in vicinanza (ad esempio presenza di armature vicine a quelle in esame e poste a distanza indicativamente inferiore a 400 mm). Altri fattori che possono influenzare l'incertezza di misura sono la profondità del ricoprimento di calcestruzzo (ovvero il copriferro) e la stessa consistenza del calcestruzzo investigato.

Di seguito si fornisce un grafico che illustra indicativamente la capacità della strumentazione di individuare la presenza di barre d'armatura in funzione della profondità di copertura, indicando anche l'accuratezza attesa dalla misurazione. Si osserva che il grafico vale nell'ipotesi che non vi siano errori indotti dalla presenza di armature vicine. Pertanto, nel caso di presenza di armature entro il raggio d'influenza (circa 400 mm), la capacità dello strumento di individuare correttamente la presenza e il diametro delle armature e la relativa accuratezza di misurazione, può risultare ulteriormente condizionata.



*Campi di misura e precisione nella determinazione del copriferro*

Il rilievo nei punti indagati è stato eseguito mediante le seguenti modalità:

- eventuale eliminazione del rivestimento architettonico dell'elemento in esame (intonaco, mascherature, pavimentazioni etc.);
- determinazione delle dimensioni dell'elemento strutturale;
- determinazione della posizione, diametro e passo delle armature verticali e delle staffe (se presenti);
- misura del copriferro delle armature longitudinali e trasversali.

Il rilievo dei ferri d'armatura è stato effettuato compatibilmente con l'effettiva possibilità di raggiungere le varie facce dell'elemento in c.a..

Di seguito si raccolgono alcune foto esemplificative delle fasi di rilievo geometrico dei dettagli costruttivi.

RILIEVO DEI DETTAGLI COSTRUTTIVI	
SC-P-1	SC-P-2
	
SC-P-3	SC-P-4
	



<b>SC-T-1</b>	<b>SC-T-2</b>
	
<b>SC-T-3</b>	<b>PAC-1</b>
	
<b>PAC-2</b>	<b>PAC-3</b>
	



### 3 CARATTERIZZAZIONE DEL CALCESTRUZZO ARMATO

Per quanto concerne i materiali, sono state condotte prove sperimentali distruttive e non distruttive sugli elementi strutturali in calcestruzzo armato. Le tipologie di indagini condotte e i risultati ottenuti sono descritti nei successivi paragrafi.

#### 3.1 PROPRIETÀ MECCANICHE DELL'ACCIAIO D'ARMATURA

Per caratterizzare il tipo di acciaio utilizzato per le strutture in c. a. si sono effettuate prove non distruttive di durezza e prelievi di spezzoni di barre d'armatura per l'esecuzione delle prove di trazione in laboratorio.

##### 3.1.1 Prelievo di barre d'armatura e prove di trazione

Sono stati eseguiti n. 2 prelievi di barre d'armatura da un elemento in calcestruzzo armato. I punti di indagine sono segnalati nelle tavole tecniche in allegato con la sigla "ARM". I prelievi sono stati eseguiti secondo le prescrizioni della normativa UNI EN ISO 6892 assicurandosi una lunghezza utile per essere sottoposti a prova di trazione.

Le prove di trazione sui campioni prelevati sono state condotte presso il Laboratorio Ufficiale Min. LL.PP. Legge 1086/71 di P&P LMC.

Il rapporto di prova di trazione sulle barre d'armatura è riportato in allegato alla presente relazione.



Nella tabella seguente vengono raccolte le caratteristiche principali degli spezzoni estratti. Contestualmente si presentano in sintesi i risultati ottenuti dalle prove di laboratorio in termini di tensione di snervamento ( $f_y$ ), tensione a rottura ( $f_{st}$ ), allungamento percentuale ( $A_{gt}$ ).

PROVE DI TRAZIONE SU BARRE D'ARMATURA								
ID	Elemento strutturale	Livello	$\phi$ [mm]	Tipo*	L [mm]	$f_y$ [MPa]	$f_{st}$ [MPa]	$A_{gt}$ [%]
ARM-1	Pilastro	PS	16	AM (c)	390	386,2	578,9	10,9
ARM-2	Pilastro	PS	16	AM (c)	430	513,5	765,5	9,4
* Tondini aderenza migliorata (AM); correnti (c)								

Al termine delle indagini i punti di prelievo sono stati ripristinati mediante saldatura di spezzoni di barra sostitutivi e ricostruzione del copriferro mediante utilizzo di malta per ripristini strutturali.

Di seguito si riportano le immagini dei provini sottoposti a prova di trazione.



PRELIEVI DI BARRE D'ARMATURA	
ARM-1	ARM-2
	

### 3.1.2 Prove di durezza

L'acciaio delle strutture oggetto di verifica è stato indagato con prove non distruttive con durometro secondo normativa UNI EN ISO 16859. I punti di indagine sono indicati nel piano delle indagini in allegato con la sigla "CND".

La misura della durezza superficiale in sito dell'acciaio (resistenza che la superficie del materiale oppone alla sua penetrazione) consente di dedurre la classe di resistenza meccanica di rottura a trazione del materiale. Per l'esecuzione delle prove è stato utilizzato un durometro in grado di fornire direttamente a display la resistenza del materiale attraverso diverse scale di durezza.

Di seguito alcune caratteristiche tecniche della strumentazione:

- area di visualizzazione: da 0 fino a 999 HLD;
- precisione:  $\pm 6\text{HL}$  (prossimità 800 HLD);
- direzione di misura: possibile in tutte le direzioni;
- LCD: ampio, (128 x 64 dot) LCD retroilluminato;
- memoria dati: 500 gruppi di misura;
- i risultati di misura: HRC, HRB, HB, HV, HSD;
- energia di impatto: 11N;
- peso del corpo di rimbalzo: 5,5 g;
- diametro della punta del sensore: 3mm, carburo di tungsteno;
- durezza della punta del sensore:  $\geq 1600\text{ HV}$ ;
- temperatura operativa: da  $-10^{\circ}\text{C}$  fino a  $+60^{\circ}\text{C}$  e umidità: dal 5% fino al 95%.

Una prima fase di ricerca dei tondini d'armatura mediante l'impiego di un pacometro permette di individuare la maglia d'armatura nell'elemento strutturale. Si esegue a questo punto la messa a nudo di una barra mediante demolizione controllata del copriferro e successiva levigatura dell'acciaio impiegando una smerigliatrice angolare con disco abrasivo. Sulla superficie a lucido viene eseguita la prova durometrica con almeno cinque battiture.

Nella tabella che segue vengono sintetizzati i risultati delle prove con durometro forniti secondo la scala Rockwell B "HRB" e riportati come media di più battute di misura per ogni elemento esaminato. I valori medi vengono quindi correlati alla resistenza caratteristica a rottura ( $f_{st}$ ) dell'elemento metallico indagato tramite opportune tabelle di conversione.

PROVE DI DUREZZA SU BARRE D'ARMATURA									
ID	Elemento strutturale	Livello	Battute (scala HRB)					Media	$f_{st\_armature}$ [MPa]
			1	2	3	4	5		
CND-1	Pilastro	PS	81,1	84,2	92,2	87,8	83,4	85,8	550
CND-2	Pilastro	PS	91,1	93,3	89,1	87,5	91,5	90,5	620
CND-3	Trave	PS	86,0	83,1	80,0	88,7	83,3	84,2	540
CND-4	Pilastro	PS	83,5	92,7	86,6	83,8	93,2	88,0	575
CND-5	Pilastro	PS	104,1	99,1	90,6	94,9	96,8	97,1	750
CND-6	Trave	PS	83,5	85,6	92,5	81,2	77,8	84,1	540

Di seguito si riportano alcune immagini delle prove realizzate.



*Prove con durometro su barre d'armatura*



### 3.2 PROPRIETÀ MECCANICHE DEL CALCESTRUZZO

Per la caratterizzazione delle proprietà meccaniche del calcestruzzo sono state eseguite sia prove distruttive che non distruttive. Di seguito si riportano le modalità di indagine e i risultati ottenuti.

#### 3.2.1 *Prelievo e prove di compressione su carote di calcestruzzo*

Per caratterizzare la resistenza meccanica a compressione del calcestruzzo sono stati effettuati n. 4 prelievi costituiti da un provino cilindrico avente diametro nominale pari a 80 mm. L'ubicazione dei punti di indagine è indicata nel piano di indagine in allegato con la sigla "CA".

Il carotaggio è stato eseguito secondo le prescrizioni della norma UNI EN 12504-1 procedendo in profondità in modo da assicurare il prelievo di carota di lunghezza utile per l'esecuzione della prova di compressione con l'accortezza di non intercettare barre di armatura. Prima dell'esecuzione del carotaggio è stata, al proposito, eseguita la ricerca della posizione di eventuali ferri d'armatura tramite pacometro.

Sul provino appena estratto dalla struttura è stata eseguita (secondo norma UNI EN 14630) la prova di carbonatazione con il metodo del viraggio chimico, utilizzando come indicatore una soluzione acquosa di fenolftaleina all'1% in alcool etilico al 70%. Tale soluzione vira al rosso-violetto a contatto con materiali aventi un pH superiore a 9.2, mentre rimane incolore per valori di pH inferiori. In queste condizioni il ferro d'armatura perde la sua passività ed è quindi in grado di subire la corrosione.

La carota estratta, previo condizionamento con taglio (per eliminare la testa del campione) e successiva spianatura, è stata sottoposta a prova di resistenza a compressione presso il Laboratorio Ufficiale Min. LL.PP. Legge 1086/71 di P&P LMC.

Il rapporto di prova di compressione sulle carote è riportato in allegato alla presente relazione.

Di seguito alcune immagini delle operazioni di carotaggio in situ.







*Fasi di esecuzione dei carotaggi*

Nella tabella seguente vengono raccolte in sintesi le caratteristiche dei provini estratti e contestualmente si presentano i risultati ottenuti dalle prove di compressione e di carbonatazione.

PROVE DI COMPRESSIONE SU CAROTE IN CALCESTRUZZO										
ID	Elemento strutturale	Livello	L <sub>carota estratta</sub> [cm]	P <sub>carbonat.</sub> [cm]	Ø [mm]	H <sub>carota</sub> [mm]	Ø/H	Massa volumica [kg/m <sup>3</sup> ]	R <sub>c</sub> carota [Mpa]	Tipo rottura*
CA-1	Pilastro	PS	19	8,5	74	74	1/1	2150	12,5	S
CA-2	Pilastro	PS	18	4,5	74	74	1/1	2190	19,5	S
CA-3	Pilastro	PS	20	6,0	74	75	1/1	2140	15,6	S
CA-4	Pilastro	PS	18	2,0	74	74	1/1	2120	14,8	S

\*Tipo di rottura: S = soddisfacente (bitronco-conica); A÷K = non soddisfacente.

Di seguito si mostrano le immagini del campione estratto in sito su cui è stata eseguita la prova di carbonatazione.

PRELIEVI DI CAROTE IN CALCESTRUZZO	
CA-1	CA-2
	
CA-3	CA-4
	

### 3.2.2 Prove non distruttive su calcestruzzo con metodo Son.Reb

Le prove in campo hanno compreso l'esecuzione di prove sclerometriche ed indagini soniche eseguite in abbinamento sulle medesime porzioni di struttura utili per la valutazione della resistenza a compressione degli elementi strutturali in c.a. tramite l'applicazione del metodo non distruttivo SonReb. L'ubicazione dei punti di indagine è indicata nel piano di indagine in allegato con la sigla "SRB".

#### Prove sclerometriche

Il metodo dell'indice di rimbalzo utilizza lo sclerometro per misurare l'energia elastica assorbita dal calcestruzzo a seguito di un impatto. Il metodo consiste nel provocare l'impatto di una massa standardizzata contro la superficie del materiale sottoposto a prova e nel misurare l'altezza del rimbalzo, la misura è espressa in termini di percentuale dell'altezza di rimbalzo rispetto alla distanza percorsa della massa in movimento tra l'istante in cui è rilasciata e quando colpisce la superficie del calcestruzzo. Questa percentuale è detta indice di rimbalzo N. Dato che l'energia cinetica della massa battente è standardizzata, l'altezza di rimbalzo dipende dall'energia dissipata durante l'impatto, che a sua volta dipende dalla resistenza meccanica della superficie del calcestruzzo. Occorre ricordare che l'indice di rimbalzo è influenzato da fattori tra cui:

- le condizioni di umidità del calcestruzzo in superficie (una superficie umida conduce ad un indice di rimbalzo più basso);
- la presenza di uno strato superficiale carbonatato (aumenta l'indice di rimbalzo);
- la tessitura superficiale (una superficie ruvida fornisce generalmente un indice di rimbalzo più basso);
- l'orientazione dello strumento rispetto alla verticale (sono disponibili fattori di correzione approssimati);
- l'età del calcestruzzo;
- la dimensione e il tipo degli aggregati.

Poiché solo il calcestruzzo vicino al punto dell'impatto influenza sensibilmente il valore dell'indice di rimbalzo, la metodologia di prova è sensibile alle condizioni locali, quali la presenza di aggregati di grosso diametro in prossimità della superficie, presenza di barre d'armatura oppure di vuoti all'interno dell'elemento strutturale. Per mitigare gli effetti di alcune delle cause che alterano le misure nell'intorno di ogni punto di prova sono state eseguite più battute, adeguatamente distanziate fra di loro.

La taratura dello sclerometro è stata effettuata prima e dopo ogni giornata di lavoro o sequenze di prove utilizzando l'apposita incudine di taratura.

L'esecuzione delle prove si è svolta secondo le seguenti modalità:



- a) individuazione di una zona di misura che presenti le seguenti caratteristiche:
- assenza di ferri armature in prossimità della superficie;
  - superficie priva di evidenti vespai, forti porosità o rilevanti irregolarità superficiali, ecc.;
  - superficie non ricoperta da intonaco, o da vernice, ecc.;
  - superficie possibilmente asciutta;
- b) pulizia e lisciatura della superficie con pietra abrasiva;
- c) esecuzione di 12 battute sclerometriche all'interno della zona di misura, secondo una griglia preliminarmente definita, mantenendo lo sclerometro perpendicolare alla superficie di misura. Nel caso in cui tale orientamento non sia perpendicolare, l'angolo di inclinazione dello strumento rispetto alla superficie è stato annotato per le successive elaborazioni.
- d) calcolo della media dei valori degli indici di rimbalzo e verifica dell'accettabilità del risultato.

L'elaborazione delle misure sclerometriche consiste nelle seguenti fasi:

- a) correzione degli indici di rimbalzo rilevati in funzione dell'angolo d'azione dello strumento, utilizzando le correlazioni fornite in proposito dal fabbricante dello strumento;
- b) calcolo della media degli indici di rimbalzo rilevati per ciascuna zona. Il risultato relativo ad una zona corrisponde al valore medio delle misure arrotondate all'intero più prossimo.

La correlazione tra indice di rimbalzo N e resistenza a compressione  $R_c$  è del tipo rappresentato nel grafico seguente e definito dalla:

$$R_c = A \cdot N^B$$

In cui i coefficienti A e B sono opportunamente calibrati mediante prove distruttive su carote.

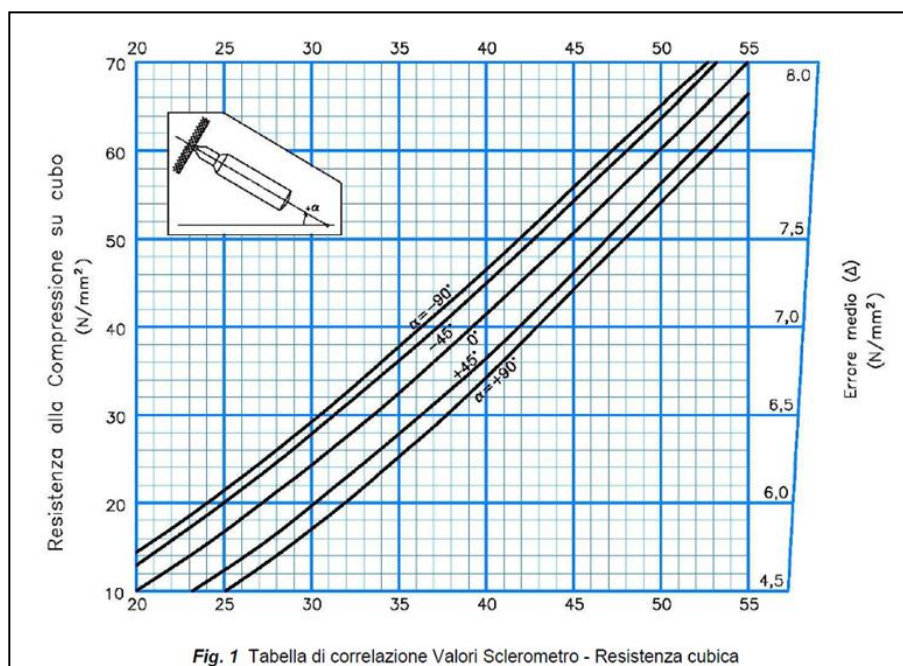
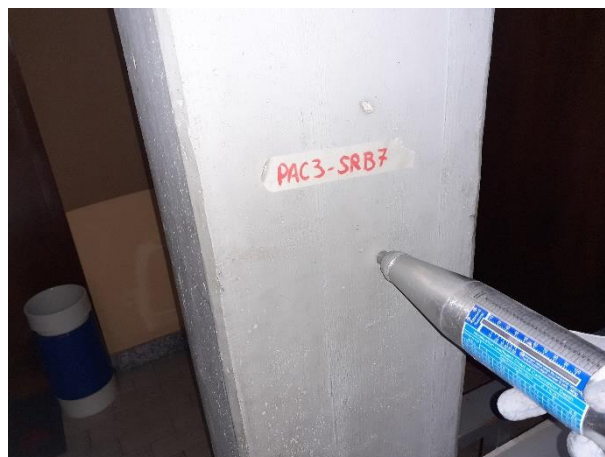


Fig. 1 Tabella di correlazione Valori Sclerometro - Resistenza cubica

Di seguito alcune fotografie esemplificative delle fasi di prova con relativa strumentazione.



*Prove con sclerometro*

Di seguito si raccolgono i risultati delle prove sclerometriche eseguite, indicando con MIR la media indice di rimbalzo depurata dei valori di lettura massimo e minimo.

PROVE SCLEROMETRICHE SU CLS																			
ID	Elemento strutturale	Livello	Dir.	Battute												min	max	MIR statistico	R <sub>c</sub> [MPa]
SRB-1	Pilastro	PS	0°	32	34	36	36	32	40	34	33	32	32	38	36	32	40	34	31
SRB-2	Pilastro	PS	0°	38	40	40	37	34	36	36	34	35	34	38	41	34	41	37	36
SRB-3	Trave	PS	0°	32	34	34	38	34	35	30	36	34	36	40	34	30	40	35	32
SRB-4	Pilastro	PS	0°	40	44	42	40	38	36	40	42	42	42	44	39	36	44	41	44
SRB-5	Pilastro	PS	0°	32	32	34	32	38	34	35	32	38	40	34	34	32	40	34	31
SRB-6	Trave	PS	0°	40	42	39	35	34	32	38	34	34	36	38	40	32	42	37	36
SRB-7	Pilastro	PR	0°	37	38	42	40	40	48	44	42	44	38	41	44	37	48	41	44
SRB-8	Pilastro	P1	0°	40	42	44	44	40	48	43	41	41	40	46	44	40	48	43	47

## Prove ultrasoniche

Il metodo basato sulla misura della velocità di propagazione di ultrasuoni consiste nello studio della propagazione di onde elastiche longitudinali all'interno del calcestruzzo, la cui velocità è anche funzione della sua rigidità media lungo il percorso.

La velocità di propagazione delle onde in un materiale omogeneo dipende dalla densità del materiale, dal modulo elastico e dal coefficiente di Poisson. La resistenza a compressione è stimata in base alla velocità di trasmissione degli ultrasuoni, ipotizzando la validità di una relazione di proporzionalità tra resistenza a compressione e modulo elastico, utilizzando le usuali correlazioni sperimentali. Si

deve tener presente che le onde elastiche subiscono all'interno dell'elemento esaminato, rifrazioni e riflessioni, dovute alla presenza degli aggregati, di fessure, di vuoti. Ciò comporta un'attenuazione del segnale per effetto dell'assorbimento d'energia. Inoltre, per effetto di vuoti o fessure, il percorso effettivamente compiuto dalle onde elastiche può risultare più lungo della distanza tra trasmettitore e ricevitore.

La prova misura la velocità di propagazione delle onde elastiche nel calcestruzzo, determinata come rapporto tra la distanza fra trasmettitore e ricevitore ed il tempo impiegato a percorrerla. La velocità così calcolata può differire dall'effettiva velocità di propagazione delle onde nel calcestruzzo in esame. Per questo motivo la velocità così calcolata è spesso denominata anche "velocità apparente".

La velocità di propagazione delle onde elastiche è influenzata da diversi fattori, tra cui il contenuto d'umidità, la composizione della miscela ed il grado di maturazione. La determinazione della velocità deve tener conto della possibile presenza d'armature metalliche e di eventuali difetti macroscopici.

Per ridurre il rischio che il fascio di ultrasuoni percorra armature metalliche, preliminarmente all'esecuzione della prova, le armature sono state localizzate mediante pacometro.

La taratura dello strumento è stata ripetuta nel corso della giornata di misure: all'inizio e al termine della giornata, ogni qualvolta sono cambiate le condizioni ambientali (per temperatura, insolazione, umidità, ecc.) e/o la configurazione dello strumento (cambio di cavi di connessione e/o di trasduttori, ecc.). La taratura dello strumento consiste nella misura del tempo  $T_t$  (in  $\mu s$ ) impiegato dalle onde elastiche a percorrere, secondo la sua altezza, il cilindro o il prisma metallico di taratura fornito a corredo dello strumento. Il tempo di percorrenza  $T_0$ , predeterminato dal fabbricante, costituisce il riferimento di taratura. Se il valore di  $T_t$  differisce per più di 2 o 3 unità ( $\mu s$ ) dal valore di  $T_0$  lo strumento sarà ricalibrato seguendo le istruzioni del fabbricante.

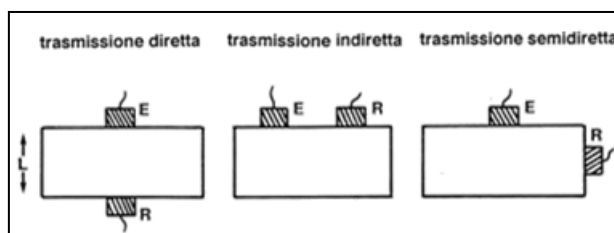
L'esecuzione delle prove si è svolta secondo le seguenti modalità:

- a) individuazione di una zona di misura idonea;
- b) pulizia della superficie ed eventuale lisciatura;
- c) posizionamento dei punti di misura;
- d) rilievo della distanza tra i punti estremi di ciascun percorso di misura. Nel caso della trasmissione diretta la distanza deve essere riportata con la precisione di  $\pm 1\%$ . Per le misure indirette si fa riferimento alla posizione del centro della faccia dei trasduttori;
- e) esecuzione delle misure nella zona individuata;
- f) al termine delle misure su ogni zona è stato eseguito un controllo delle misure eseguite verificando i valori medi della velocità di propagazione delle onde elastiche.

Come anticipato nel punto d, vi sono essenzialmente tre modalità diverse per condurre i rilievi dei tempi di propagazione degli impulsi di vibrazione:

- a) metodo di trasmissione diretta (per trasparenza): i trasduttori sono ubicati su due facce opposte dell'elemento da esaminare;
- b) metodo di trasmissione semidiretta (diagonale): consiste nel posizionare i trasduttori in punti appartenenti a due facce adiacenti dell'elemento soggetto ad indagine;
- c) metodo di trasmissione indiretta (superficiale – per rifrazione).

La figura, di seguito riportata, mostra l'ubicazione dei trasduttori nelle tre diverse possibili modalità di esecuzione della prova sonora.



In questo caso i rilievi sono stati condotti secondo trasmissione indiretta o diretta, operando in accordo alla norma UNI EN 12504-4.

L'elaborazione delle misure di velocità di propagazione di micro-impulsi consiste nelle seguenti fasi:

- a) calcolo delle velocità di propagazione  $V$  con la seguente relazione:

$$V = l / [T - (T_t - T_0)]$$

dove:

- $l$  è la lunghezza della base di misura;
- $T$  è il tempo di propagazione tra trasmettitore e ricevitore;
- $T_t$  è il tempo impiegato dalle onde elastiche a percorrere, secondo la sua altezza, il cilindro o il prisma metallico di taratura fornito a corredo dello strumento;
- $T_0$  è il tempo di percorrenza, predeterminato dal fabbricante, relativo al cilindro o del prisma di taratura.

- b) velocità di propagazione  $V$  si esprime in m/s arrotondando il valore ai più prossimi 10 m/s.

Si presentano di seguito alcune immagini delle fasi d'indagine.





### Indagini soniche

Di seguito si raccolgono i risultati delle prove soniche eseguite sugli elementi strutturali.

INDAGINI ULTRASONICHE SU CLS								
ID	Elemento strutturale	Livello	Metodo prova	d <sub>maglia</sub> o spessore [cm]	Velocità Sonica [m/s]			
					V1	V2	V3	V <sub>media</sub>
SRB-1	Pilastro	PS	Diretta	30	2751	2785	2727	<b>2754</b>
SRB-2	Pilastro	PS	Indiretta	20-40-60	2860	2748	2474	<b>2694</b>
SRB-3	Trave	PS	Indiretta	20-40-60	2932	2700	2320	<b>2651</b>
SRB-4	Pilastro	PS	Indiretta	20-40-60	2929	2644	2464	<b>2679</b>
SRB-5	Pilastro	PS	Indiretta	20-40-60	3389	3018	2760	<b>3056</b>
SRB-6	Trave	PS	Indiretta	20-40-60	3680	3116	2640	<b>3145</b>
SRB-7	Pilastro	PR	Diretta	25	2799	2818	2829	<b>2815</b>
SRB-8	Pilastro	P1	Diretta	25	2926	2951	2726	<b>2867</b>

### Metodo Son.Reb

Il metodo Son.Reb si basa sulla combinazione dei risultati ottenuti, nelle stesse zone di prova, con prove sclerometriche ed ultrasoniche, correlando l'indice di rimbalzo (REBound) con la velocità delle onde ultrasoniche (SONic), con la resistenza a compressione del calcestruzzo, attraverso una opportuna calibrazione della relazione che lega queste tre grandezze, effettuata mediante regressione statistica dei valori sperimentali. La validità del metodo Son.Reb deriva dalla compensazione delle imprecisioni dei due metodi non distruttivi utilizzati. Infatti, si è notato che il contenuto di umidità fa sottostimare l'indice sclerometrico e sovrastimare la velocità ultrasonica, e che, all'aumentare dell'età del calcestruzzo, l'indice sclerometrico aumenta mentre la velocità ultrasonica diminuisce.

Con il metodo SonReb, la resistenza del calcestruzzo  $R_c$  viene stimata sulla base della coppia dei valori della velocità di propagazione degli ultrasuoni  $V$  ed indice di rimbalzo sclerometrico  $S$ , mediante l'utilizzo di formule dedotte da correlazioni di tipo sperimentale, tra le quali si ricordano le più comunemente utilizzate in letteratura tecnica. La formula contenuta nelle Norme RILEM, la formula di Di Leo e Pascale (1994) e la formula di Gasparik (1992).

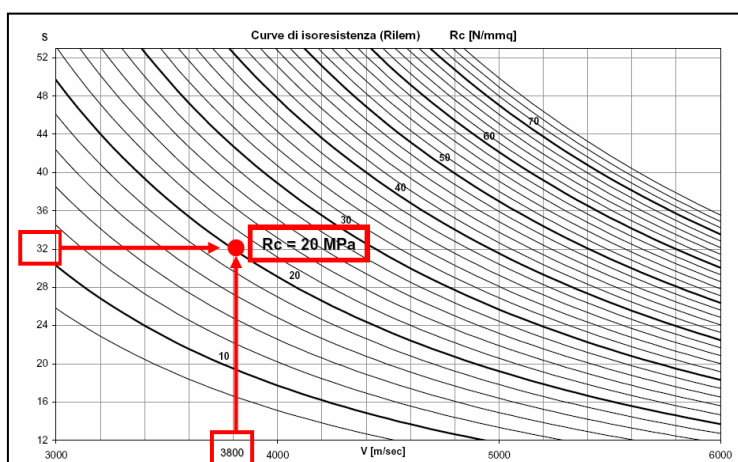
L'applicazione del metodo SonReb fornisce pertanto la resistenza del calcestruzzo  $R_c$  mediante espressioni del tipo:

$$R_c = a S^b V^c$$

Nello specifico:

- Norme RILEM:  $R_c = 9.27 \cdot 10^{-11} \cdot S^{1.4} \cdot V^{2.6}$
- Gasparik:  $R_c = 8.06 \cdot 10^{-8} \cdot S^{1.246} \cdot V^{1.85}$
- Di Leo - Pascale:  $R_c = 1.2 \cdot 10^{-9} \cdot S^{1.058} \cdot V^{2.446}$

In cui  $R_c$  è la resistenza cubica a compressione in  $[N/mm^2]$ ,  $S$  è l'indice sclerometrico e  $V$  è la velocità ultrasonica espressa in  $[m/s]$ . Nella figura presentata di seguito sono riportati a titolo esemplificativo i grafici derivabili dalle formule sopra richiamate in cui vengono utilizzate le curve basate sull'espressione fornita nelle norme RILEM.



Si osservi che tenuto conto della complessità della fenomenologia che correla i valori di “S” e “V” alle caratteristiche del calcestruzzo, appare evidente che le suddette espressioni non possono avere validità generale. Per quanto in letteratura tecnica non vengano dichiarate esplicitamente limitazioni di applicabilità, in generale le formulazioni proposte per il metodo SonReb sono da ritenersi maggiormente affidabili per calcestruzzi di qualità medio - alta, con tendenza invece a sovrastimare la qualità del materiale nel caso di calcestruzzi di qualità medio – bassa.

La tabella seguente riassume i risultati ottenuti nei punti d'indagine ove, disponendo di dati provenienti dalle prove soniche e sclerometriche, è stato possibile applicare il metodo SonReb. I risultati sono espressi in termini di resistenza cubica a compressione  $R_{cub}$   $[N/mm^2]$  ottenuta dalla media delle tre formulazioni adottate.

CORRELAZIONE MEDIANTE METODO SonReb								
ID	Elemento strutturale	Livello	MIR	V <sub>media</sub> [m/s]	Norme RILEM	Gasparik	Di Leo- Pascal	R <sub>cub_Sonreb</sub> [MPa]
SRB-1	Pilastro	PS	34	2754	11,4	15,1	13,0	<b>13,1</b>
SRB-2	Pilastro	PS	37	2694	12,1	16,1	13,5	<b>13,9</b>
SRB-3	Trave	PS	35	2651	10,7	14,6	12,2	<b>12,5</b>
SRB-4	Pilastro	PS	41	2679	13,7	18,1	14,8	<b>15,5</b>
SRB-5	Pilastro	PS	34	3056	14,9	18,3	16,7	<b>16,6</b>
SRB-6	Trave	PS	37	3145	18,1	21,4	19,7	<b>19,7</b>
SRB-7	Pilastro	PR	41	2815	15,6	19,8	16,7	<b>17,4</b>
SRB-8	Pilastro	P1	43	2867	17,5	21,8	18,4	<b>19,2</b>



Laboratori Materiali e Componenti

**EDIFICIO RESIDENZIALE ALER  
VIA BERTACCHI, 21/23/25 IN PRATA CAMPORTACCIO (SO)**

**Indagini diagnostiche conoscitive**

## **ALLEGATI**

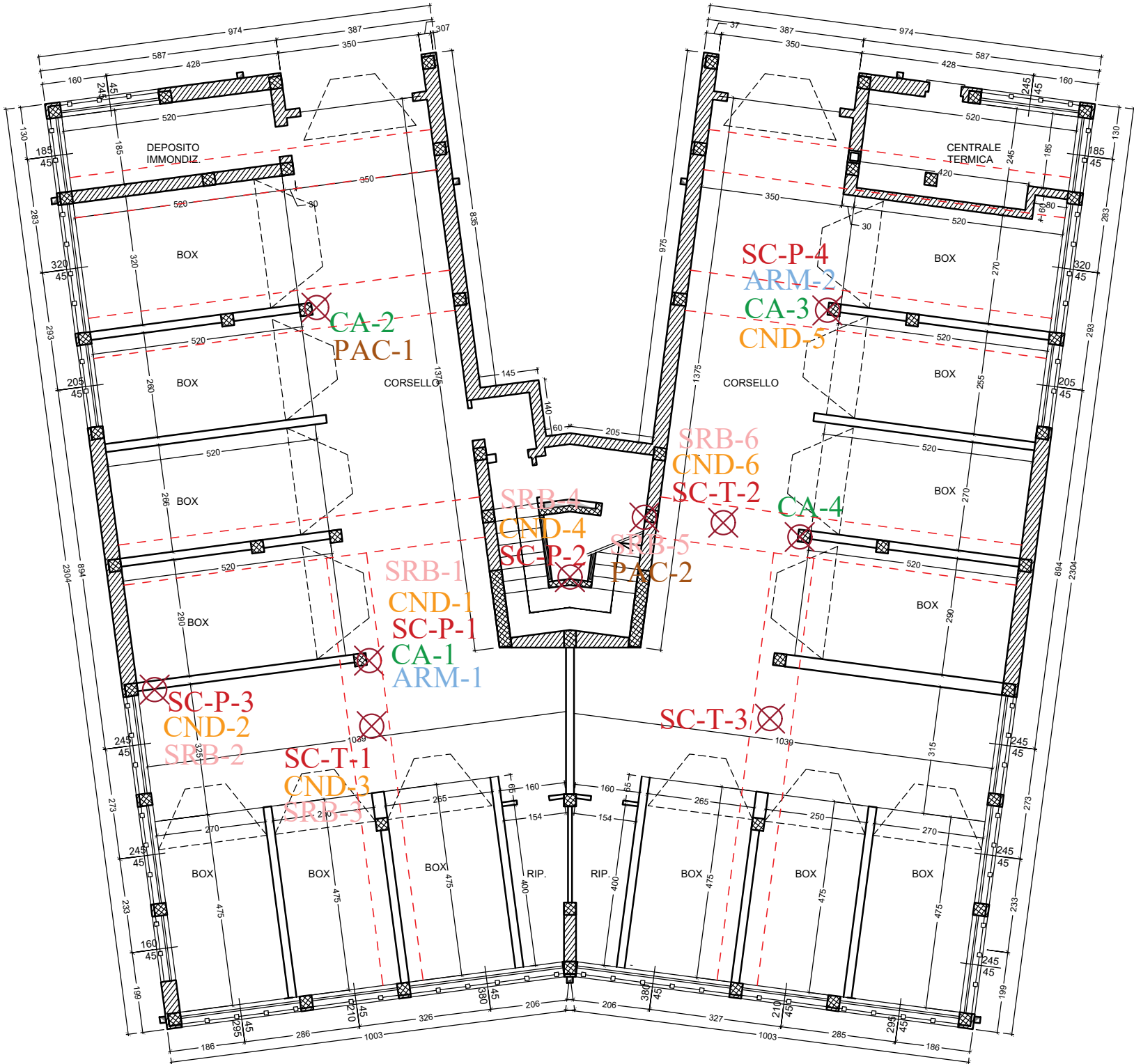
**1. PIANO DELLE INDAGINI**

**2. DETTAGLI COSTRUTTIVI**

**3. RAPPORTI DI PROVA**

**p.c.: INM & Partner srl**

PIANO DELLE INDAGINI



INDAGINI:

Prelievo carote cls Son.Reb su cls	CA SRB	Prelievo barre Durometro su barre	ARM CND	Rilievo mediante scasso su pilastro Rilievo mediante scasso su trave	SC-P SC-T	Rilievo mediante pacometro	PAC
---------------------------------------	-----------	--------------------------------------	------------	---	--------------	----------------------------	-----



**P&P LMC**  
via Pastrengo, 9 - 24068 - Seriate, Bergamo (Italia)  
+39 035 3235700 - fax +39 035 3235750  
e-mail: info@peplmc.it

COMMITTENTE:  
**INM & Partner srl**  
via Piazzetta Trevisan, 2  
30027 San Donà di Piave (VE)

OGGETTO:  
Indagini diagnostiche e conoscitive

LUOGO:  
**Edificio residenziale Aler**  
via Bertacchi, 21/23/25  
Prata Camporaccio (SO)

DENOMINAZIONE TAVOLA:  
**INDAGINI DIAGNOSTICHE E CONOSCITIVE**  
PIANO DELLE INDAGINI

LIVELLO:  
Pianta piano seminterrato

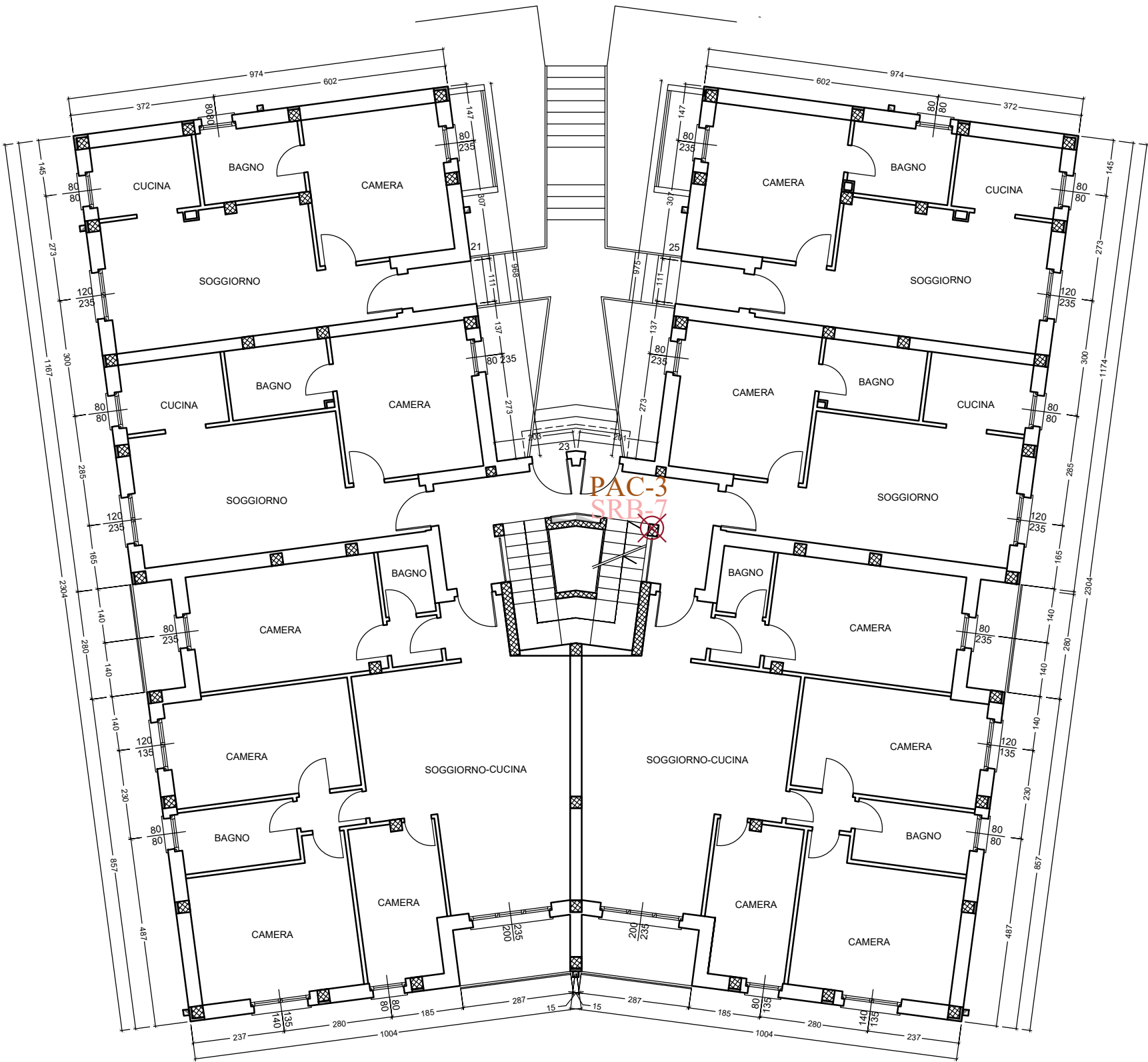
SCALA:  
-

COMMESSA:  
01\_24\_GA

DATA:  
aprile 2024  
REVISIONE:  
-

TAVOLA:

PIANO DELLE INDAGINI



INDAGINI:

Prelievo carote cls Son.Reb su cls	CA SRB	Prelievo barre Duometro su barre	ARM CND	Rilievo mediante scasso su pilastro Rilievo mediante scasso su trave	SC-P SC-T	Rilievo mediante pacometro	PAC
---------------------------------------	-----------	-------------------------------------	------------	---	--------------	----------------------------	-----



**P&P LMC**  
via Pastrengo, 9 - 24068 - Seriate, Bergamo (Italia)  
+39 035 3235700 - fax +39 035 3235750  
e-mail: info@peplmc.it

COMMITTENTE:  
**INM & Partner srl**  
via Piazzetta Trevisan, 2  
30027 San Donà di Piave (VE)

OGGETTO:  
Indagini diagnostiche e conoscitive

LUOGO:  
**Edificio residenziale Aler**  
via Bertacchi, 21/23/25  
Prata Camportaccio (SO)

DENOMINAZIONE TAVOLA:  
**INDAGINI DIAGNOSTICHE E CONOSCITIVE**  
PIANO DELLE INDAGINI

LIVELLO:  
Pianta piano rialzato

SCALA:  
-

COMMESSA:  
01\_24\_GA

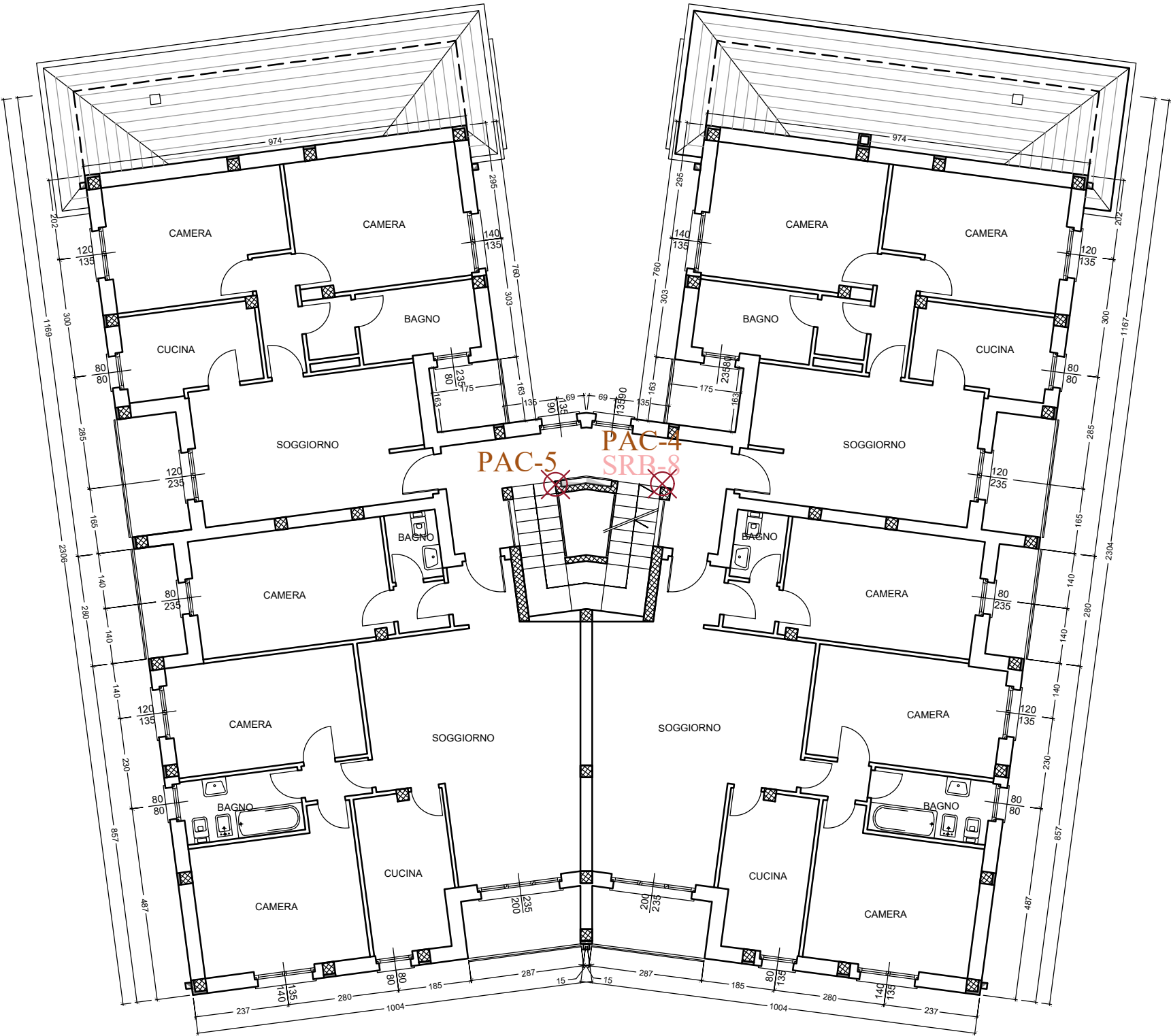
DATA:  
aprile 2024  
REVISIONE:  
-

TAVOLA:

02/03



PIANO DELLE INDAGINI



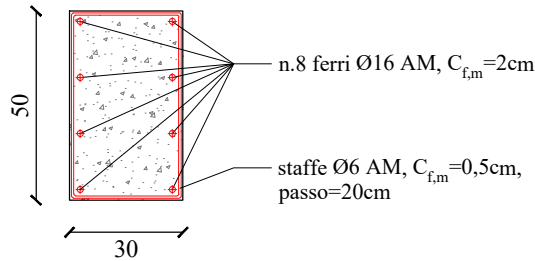
INDAGINI:

Prelievo carote cls Son.Reb su cls	CA SRB	Prelievo barre Duometro su barre	ARM CND	Rilievo mediante scasso su pilastro Rilievo mediante scasso su trave	SC-P SC-T	Rilievo mediante pacometro	PAC
---------------------------------------	-----------	-------------------------------------	------------	---	--------------	----------------------------	-----



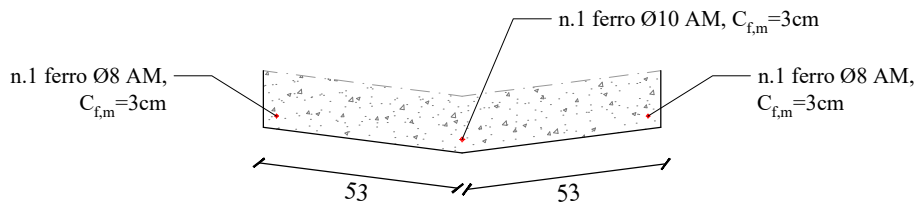
DETTAGLI COSTRUTTIVI

SC-P-1 | Elemento: PILASTRO | PIANO SEMINTERRATO  
Indagine e/o prova: RILIEVO, PACOMETRIA, SCASSO

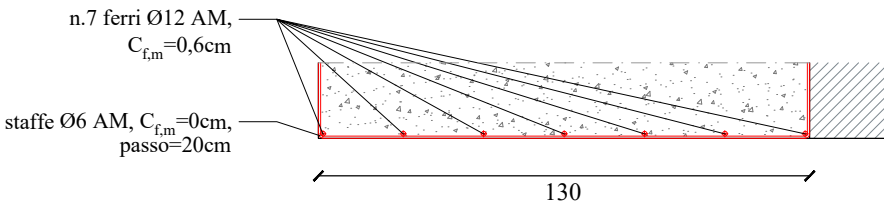


SC-P-2 | Elemento: PILASTRO | PIANO SEMINTERRATO  
Indagine e/o prova: RILIEVO, PACOMETRIA, SCASSO

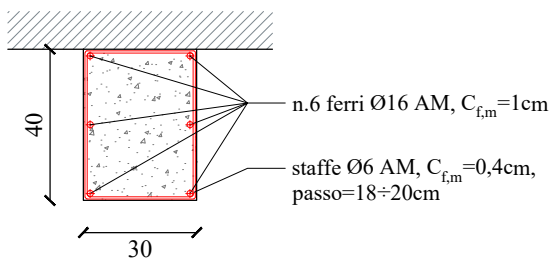
Non si rileva la presenza di staffe.



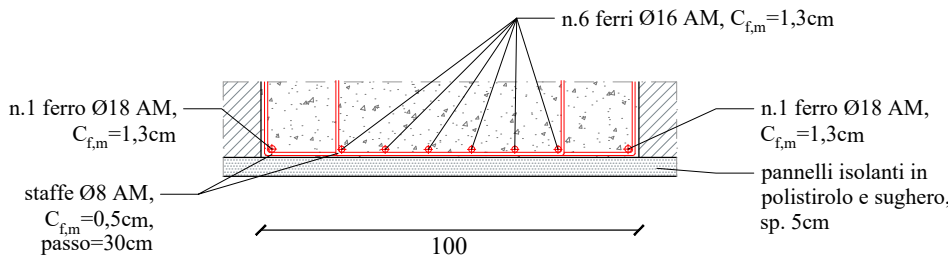
SC-P-3 | Elemento: PILASTRO | PIANO SEMINTERRATO  
Indagine e/o prova: RILIEVO, PACOMETRIA, SCASSO



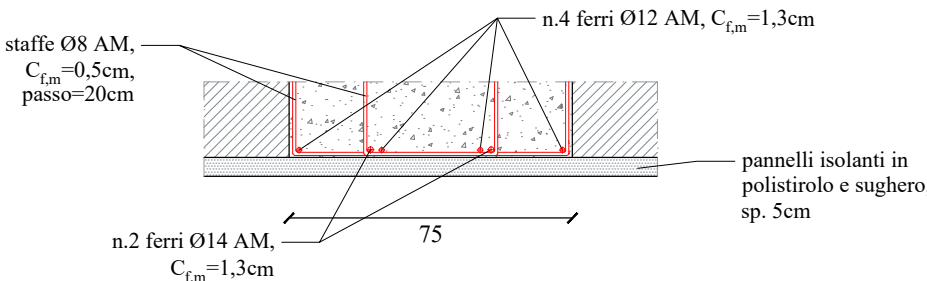
SC-P-4 | Elemento: PILASTRO | PIANO SEMINTERRATO  
Indagine e/o prova: RILIEVO, PACOMETRIA, SCASSO



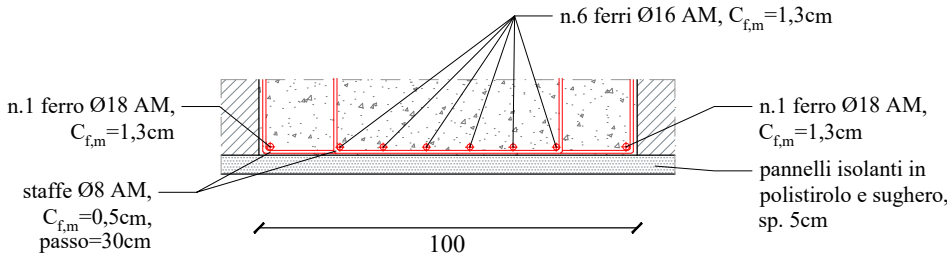
SC-T-1 | Elemento: TRAVE | PIANO SEMINTERRATO  
Indagine e/o prova: RILIEVO, PACOMETRIA, SCASSO



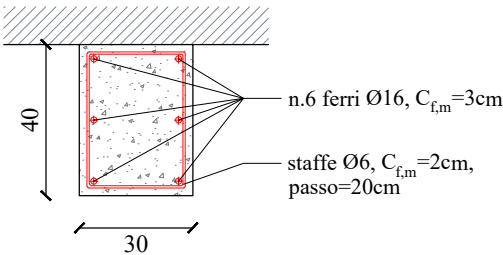
SC-T-2 | Elemento: TRAVE | PIANO SEMINTERRATO  
Indagine e/o prova: RILIEVO, PACOMETRIA, SCASSO



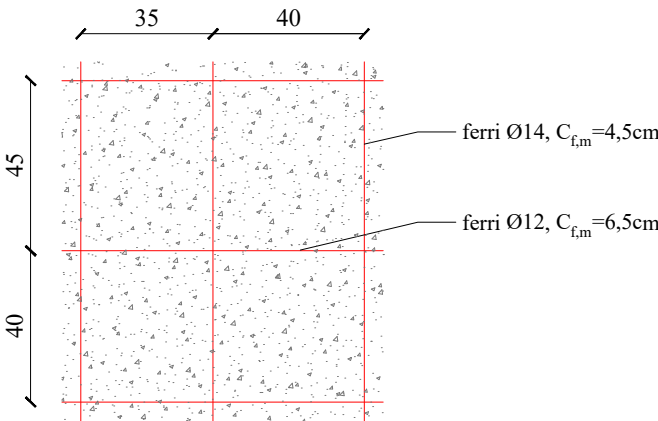
SC-T-3 | Elemento: TRAVE | PIANO SEMINTERRATO  
Indagine e/o prova: RILIEVO, PACOMETRIA, SCASSO



PAC-1 | Elemento: PILASTRO | PIANO SEMINTERRATO  
Indagine e/o prova: RILIEVO, PACOMETRIA

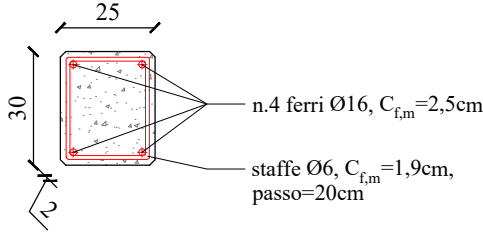


PAC-2 | Elemento: SETTO | PIANO SEMINTERRATO  
Indagine e/o prova: RILIEVO, PACOMETRIA

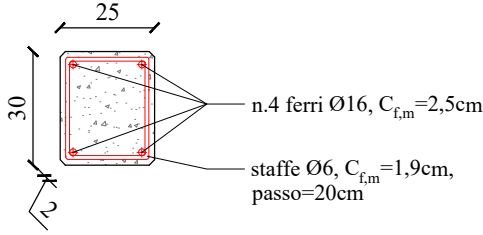


## DETTAGLI COSTRUTTIVI

PAC-3 | Elemento: PILASTRO | PIANO RIALZATO  
Indagine e/o prova: RILIEVO, PACOMETRIA

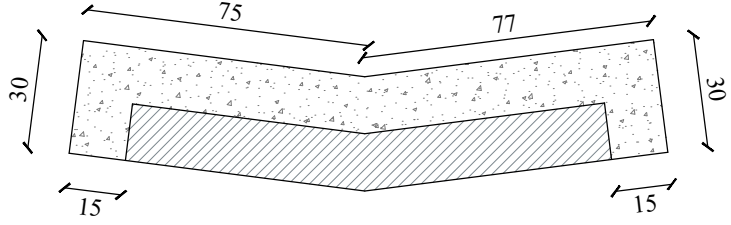


PAC-4 | Elemento: PILASTRO | PIANO PRIMO  
Indagine e/o prova: RILIEVO, PACOMETRIA



PAC-5 | Elemento: PILASTRO | PIANO PRIMO  
Indagine e/o prova: RILIEVO, PACOMETRIA

Mediante indagine con pacometro non si rileva la presenza di barre d'armatura, né di correnti né di staffe.



Laboratorio Prove Materiali

Pag. 1 di 1

Rapporto di Prova N.

RdP/24/0516/FE-01

Autorizzazione

Decreto Ministeriale n. 0000012

Art. 20 - Legge 5-11-71 n. 1086

Art. 59 - D.P.R. 06-06-01 n. 380

Il presente Rapporto di Prova non costituisce certificato utile ai fini della procedura prevista dalla legge 1086/71.

## PROVE DI TRAZIONE E PIEGAMENTO su barre d'armatura

Intestatario del Certificato:

INM &amp; PARTNER srl - VIA PIAZZETTA TREVISAN, 2 - 30027-SAN DONA' DI PIAVE (VE)

Richiesta: Lettera del 11/04/2024 Accettazione N.: 0516

Oggetto: N. 2 spezzoni di barre d'armatura per calcestruzzo armato Tipo di Acciaio: N.D.

Descr.	Ø (mm)	Tipo:	Sigla:	Data prelievo:	Ø (mm)	Tipo:	Sigla:	Data prelievo:
barre:	16	Nervato	ARM 1	-	-	-	-	-
	16	Nervato	ARM 2	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-

Luogo del prelievo:

EDIFICIO RESIDENZIALE SITO IN PRATA CAMPORTACCIO (SO) VIA BERTACCHI, 21/23/25

Commessa:

01\_24\_GA

Opera:

-

Committente dell'opera:

INM &amp; PARTNER srl - VIA PIAZZETTA TREVISAN, 2 - 30027 SAN DONA' DI PIAVE (VE)

Impresa Costruz.:

-

Denuncia C.A.:

-

Direttore Lavori:

- -

Richiesta prove firmata dal D.L.:

NO

Norme di riferimento:

NTC2018 - UNI EN 15630-1:2019

Data ricevimento provini: 15/04/2024

Data di Accettazione: 15/04/2024

Data di prova: 18/04/2024

Prelievo dei campioni in opera:

a cura di P&amp;P LMC srl

BARRA		PROVA DI TRAZIONE						PIEGAMENTO		Area Relativa di Nervatura [f <sub>i</sub> ]
Ø [mm]	Sigla Id.	Sezione Eff. [mm <sup>2</sup> ]	Massa Lineica [kg/m]	Tensione di Snervamento f <sub>y</sub> [MPa]	Tensione di Rottura f <sub>t</sub> [MPa]	f <sub>t</sub> /f <sub>y</sub>	Allung. Agt [%]	Ø mandrino [mm]	Esito	
16	ARM 1	205,71	1,615	386,2	578,9	1,50	10,9	-	-	-
16	ARM 2	203,29	1,596	513,5	765,5	1,49	9,4	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Note:

Seriate, li  
30/04/2024

Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio  
(Belotti Ing. Ivan)**P&P LMC**  
Aut. Min.  
L. 1086/71 Art. 20  
DPR 380/01 Art. 59  
**ORIGINALE**I risultati contenuti nel presente Rapporto si riferiscono esclusivamente all'oggetto provato.  
Il documento non può essere riprodotto parzialmente, salvo approvazione scritta del Laboratorio.

Laboratorio Prove Materiali

Pag. 1 di 1

Rapporto di Prova N.  
RdP/24/0516/CS-02

Autorizzazione

Decreto Ministeriale n. 0000012

Art. 20 - Legge 5-11-71 n. 1086

Art. 59 - D.P.R. 06-06-01 n. 380

Il presente Rapporto di Prova non costituisce certificato utile ai fini della procedura prevista dalla legge 1086/71.

PROVE DI COMPRESSIONE  
su provini di calcestruzzo

Intestatario del Certificato:

INM &amp; PARTNER srl - VIA PIAZZETTA TREVISAN, 2 - 30027 SAN DONA' DI PIAVE (VE)

Richiesta: Lettera del 11/04/2024 Accettazione N.: 0516

Oggetto: N. 4 carote di calcestruzzo Resistenza caratteristica dich., Rck [MPa]: N.D.

Luogo del prelievo: EDIFICIO RESIDENZIALE - VIA BERTACCHI, 21/23/25 - PRATA CAMPORTACCIO (SO)

Commessa: 01\_24\_GA

Opera: PILASTRI

Committente dell'opera: INM &amp; PARTNER srl - VIA PIAZZETTA TREVISAN, 2 - 30027 SAN DONA' DI PIAVE (VE)

Impresa Costruz.: -

Denuncia C.A.: -

Direttore Lavori: - - Richiesta prove firmata dal D.L.: NO

Norme di riferimento: NTC2018 - UNI EN 12390-1:2012 - UNI EN 12390-7:2019 - UNI EN 12390-3:2019 - UNI EN 12504-1:2019

Data ricevimento provini: 15/04/2024 Data di Accettazione: 15/04/2024 Data di prova: 18/04/2024

Consegna dei provini in Laboratorio: a cura di P&amp;P LMC srl

Prelievo dei campioni in opera: a cura di P&amp;P LMC srl

Provino N.	Contrassegno/Identificazione	Data Prelievo	Verbale di Prelievo	Opera / Parte d'opera	Spianatura Provini (*)	Dimensioni [mm]		Massa Volumica [kg/m³]	Resistenza a Compressione [MPa]	Tipo di rottura (**)
						Ø	h			
1	CA1	10/04/24	-	PILASTRI	SI	74	74	2150	12,5	S
2	CA2	10/04/24	-	PILASTRI	SI	74	74	2190	19,5	S
3	CA3	10/04/24	-	PILASTRI	SI	74	75	2140	15,6	S
4	CA4	10/04/24	-	PILASTRI	SI	74	74	2120	14,8	S
						-	-	-	-	
						-	-	-	-	
						-	-	-	-	
						-	-	-	-	

(\*) Spianatura Provini: SI = effettuata; NO = provino conforme alla norma di riferimento - (\*\*) Tipo di rottura: S = soddisfacente; A+K = non soddisfacente (UNI EN 12390-3, fig. 4)

## Rilievo di armature nei provini (se applicabile):

Prov. N.	-	Ø armatura (mm)	-	Direzione dell'armatura rispetto all'asse della carota:	-
Prov. N.	-	Ø armatura (mm)	-	Direzione dell'armatura rispetto all'asse della carota:	-
Prov. N.	-	Ø armatura (mm)	-	Direzione dell'armatura rispetto all'asse della carota:	-
Prov. N.	-	Ø armatura (mm)	-	Direzione dell'armatura rispetto all'asse della carota:	-

## Rilievo di fessure e nidi di ghiaia (se applicabile):

Prov. N.	-	Nidi di ghiaia/segregazione:	-	Fessure:	-
Prov. N.	-	Nidi di ghiaia/segregazione:	-	Fessure:	-
Prov. N.	-	Nidi di ghiaia/segregazione:	-	Fessure:	-
Prov. N.	-	Nidi di ghiaia/segregazione:	-	Fessure:	-

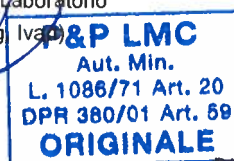
Note:

Seriate, li  
19/04/2024

Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio

(Belotti Ing. Ivano)

I risultati contenuti nel presente Rapporto si riferiscono esclusivamente all'oggetto provato.  
Il documento non può essere riprodotto parzialmente, salvo approvazione scritta del Laboratorio.