

## PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA MISSIONE 4: ISTRUZIONE E RICERCA

Componente 1 – Potenziamento dell'offerta dei servizi di istruzione: dagli asili nido alle Università -  
Investimento 1.1 “Piano per asili nido e scuole dell'infanzia e servizi di educazione e cura per la prima  
infanzia”



## ***PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA***

*Messa in sicurezza e Riqualificazione mediante intervento di sostituzione edilizia del Plesso Infanzia dell'I.C. 80° Berlinguer - (Cod. Ares 0630491412)*

Responsabile del Procedimento:

**Arch. Alfonso Ghezzi**

Progettisti:

**Ing. Marianna Vanacore  
Arch. Laura Bellino**

TAVOLA:

**A1.0A**

Descrizione elaborato:

*Allegato A\_Fase2\_RCM\_01 Relazione sulla caratterizzazione dei materiali; Fase2\_RRI01 Relazione dei risultati delle indagini; Fase2\_RRI02 Ubicazione indagini eseguite al I Impalcato; \_Fase2\_RRI03 Ubicazione indagini eseguite al II Impalcato; \_Fase2\_RRI04 Ubicazione indagini eseguite al III Impalcato;*

Scala:

Data:

**MARZO 2022**



**COMUNE DI NAPOLI**

Procedura aperta per l'affidamento di servizi professionali finalizzati alle verifiche di vulnerabilità sismica di n. 333 edifici scolastici di proprietà comunale ubicati nel territorio delle dieci municipalità

VII Municipalità

Lotto 7

CIG: B65117000050001

CUP: 7882655CAD



**RELAZIONE SULLA CARATTERIZZAZIONE DEI MATERIALI**

► CODICE: 7.20.191    ► ELABORATO: FASE 2\_RCM\_01    ► DATA: 03/12/21    ► REV: [0]  
► OGGETTO: RELAZIONE SULLA CARATTERIZZAZIONE DEI MATERIALI

► **RTP**

**Capogruppo e coordinatore scientifico:**

Ing. Fabio Neri (PROGEN srl)

**Professionisti responsabili strutturali e della  
calcolazione delle strutture:**

Ing. Marco Muratore (TECHNOSIDE srl)  
Ing. Placido Impollonia (PLANIR srl)

**Professionista responsabile delle attività di  
predisposizione della relazione geologica:**

Geol. Sergio Dolfin

**Professionisti collaboratori tecnici:**

Ing. Filippo Di Mauro (TECHNOSIDE srl)  
Ing. Antonio Principato Trosso (PROGEN srl)

**Professionisti responsabili della fase  
dell'esecuzione delle indagini strutturali:**

Ing. Andrea De Maio  
Ing. Pierluca Lombardo (TECHNOSIDE srl)

**Esecuzione indagini strutturali geognostiche:**

Ing. Massimiliano Rinaldi (PROGEN srl)  
Ing. Salvatore Ognibene (L&R srl)  
Dott. Filippo Furia (Consorzio LR Laboratori Riuniti)  
Ing. Salvatore Caruso (L&R srl)  
Geol. Sergio Dolfin

**Professionista responsabile dell'attuazione degli  
interventi sugli edifici sottoposti a tutela:**

Arch. Mario La Guzza (PROGEN srl)

**Indagini per analisi storico-critica su edifici  
(inclusi quelli sottoposti a tutela):**

Arch. Concetta Borgia (PLANIR srl)

**Gestione informativa del servizio:**

Arch. Annamaria Ciabatta (PLANIR srl)

► **STAZIONE APPALTANTE**

**D.E.C.**

Ing. Marianna Vanacore

**R.U.P.**

Arch. Alfonso Ghezzi

**I.C. 80 C.D. BERLINGUER**  
**Plesso Materna**  
**Traversa quarta Cassano n.28, Secondigliano**

**FASE II**  
**RELAZIONE SULLA CARATTERIZZAZIONE DEI MATERIALI**

**SOMMARIO**

<b>1. PREMESSA .....</b>	<b>1</b>
<b>2. INTRODUZIONE .....</b>	<b>1</b>
<b>3. ANALISI STORICO CRITICA.....</b>	<b>2</b>
3.1. DOCUMENTAZIONE DISPONIBILE .....	2
3.2. DOCUMENTAZIONE DA ACQUISIRE .....	2
3.3. FASI COSTRUTTIVE.....	2
3.3.1. <i>Interventi strutturali eseguiti sulla struttura</i> .....	2
<b>4. RILIEVO GEOMETRICO-STRUTTURALE.....</b>	<b>3</b>
4.1. DESCRIZIONE ARCHITETTONICA E FUNZIONALE DELL'OPERA.....	3
4.2. DEFINIZIONE DEI DATI DIMENSIONALI E DELLO SCHEMA PLANO-ALTIMETRICO DELL'EDIFICIO .....	5
4.3. CARATTERIZZAZIONE GEOMORFOLOGICA DEL SITO .....	6
4.4. DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA, RILIEVO METRICO E DEI PARTICOLARI COSTRUTTIVI VISIBILI.....	6
4.4.1. <i>Giunti fra i corpi</i> .....	8
4.5. SINTESI DELLE VULNERABILITÀ RISCONTRATE E/O POSSIBILI .....	8
4.5.1. <i>Elementi strutturali</i> .....	8
4.5.2. <i>Elementi non strutturali</i> .....	8
<b>5. OBIETTIVI E CRITERI DEL PIANO DELLE INDAGINI .....</b>	<b>9</b>
5.1. OBIETTIVI DEL PIANO DI INDAGINE .....	9
5.2. INDICAZIONI DI NORMATIVA .....	9
5.2.1. <i>Geometria</i> .....	9
5.2.2. <i>Dettagli costruttivi</i> .....	10
5.2.3. <i>Proprietà dei materiali</i> .....	10
<b>6. RISULTATI DEL PIANO DELLE INDAGINI .....</b>	<b>13</b>
6.1. DETTAGLI COSTRUTTIVI .....	13
6.2. DETTAGLI ESECUTIVI A BASE DI CALCOLO .....	15
6.2.1. <i>Pilastrì</i> .....	15
6.2.2. <i>Travi</i> .....	15
6.2.3. <i>Armature nei modelli strutturali</i> .....	15
6.3. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI.....	17
6.3.1. <i>Carote</i> .....	17
6.3.2. <i>Profondità di carbonatazione del cls</i> .....	24
6.3.3. <i>Estrazione barre d'armatura</i> .....	26
6.3.4. <i>Materiali a base di calcolo</i> .....	26

<b>7. INDICE DELLE FIGURE.....</b>	<b>29</b>
<b>8. INDICE DELLE TABELLE .....</b>	<b>29</b>



## 1. PREMESSA

Lo scopo del servizio è la valutazione della sicurezza degli edifici scolastici di proprietà del Comune di Napoli che ricadono nella VII Municipalità, ritenuti di “interesse strategico” o “rilevanti” ai sensi dell'OPCM 3274/2003, art. 2, comma 3, nonché l'acquisizione di tutti gli elementi necessari per la redazione di un eventuale progetto di adeguamento strutturale per evitare, ove possibile, ulteriori campagne di indagine.

L'appalto consiste dunque nel Servizio di ingegneria per la valutazione in parola, comprese tutte le attività necessarie al raggiungimento dello scopo stesso, ponendo l'attenzione all'acquisizione anche degli elementi necessari alla progettazione degli interventi di adeguamento. Si specifica che la progettazione degli interventi di adeguamento non è compresa nel presente servizio.

## 2. INTRODUZIONE

La presente relazione descrive i parametri dei materiali in base alle risultanze delle indagini eseguite in sito ed al livello di conoscenza acquisito, con la finalità di stabilire il livello di sicurezza sismica dell'edificio ai sensi dell'OPCM 3274/2003 e ss. mm. e ii. nei confronti delle azioni di progetto previste dalle norme tecniche vigenti (D.M. 17.01.2018) e indicare le soluzioni progettuali per il miglioramento o adeguamento sismico delle strutture; a tal fine la Circolare del 17 gennaio 2019 n.7 fornisce gli strumenti e le regole applicative.

L'edificio in esame, costituito da un unico corpo di fabbrica, è ubicato a Napoli, con ingresso da traversa Quarta Cassano 28, nel quartiere di Secondigliano. (Figura 1).



Figura 1 – Inquadramento dell'edificio oggetto di indagine e verifica sismica

### 3. ANALISI STORICO CRITICA

#### 3.1. Documentazione disponibile

Piante piano interrato, terra e piano primo fornite dalla Stazione Appaltante.

#### 3.2. Documentazione da acquisire

La ricerca del progetto originario non ha detto alcun esito. Si è inoltrata richiesta al Genio Civile di Napoli per l'accesso a documenti che potrebbero includere il plesso in esame.

#### 3.3. Fasi costruttive

L'edificio scolastico che ospita l'I.C. 80 C.D. BERLINGUER è composto da un unico corpo di fabbrica in cemento armato. Dall'esame dell'edificio e delle sue caratteristiche costruttive, si rileva un'unica fase costruttiva dell'intero complesso costituito da aule per lo svolgimento dell'attività didattica. Sono presenti dei corpi scala per l'esodo in caso incendio o eventi eccezionali realizzati in carpenteria metallica e le cui caratteristiche li rendono sovraresistenti rispetto all'evento eccezionale previsto dalle norme tecniche vigenti; per tale motivo tali strutture sono escluse dalle verifiche dei livelli di sicurezza sismica.

Secondo i dati dell'anagrafe scolastica (codice rilevazione 0630490342) l'edificio è stato costruito tra il 1961 e il 1975 ed è stato adibito fin dall'inizio ad uso scolastico.

##### 3.3.1. Interventi strutturali eseguiti sulla struttura

Dalla rilevazione anagrafica (codice 630490338) risulta che l'edificio ha subito un intervento di manutenzione straordinaria nell'anno 2001. I grafici del relativo progetto non sono disponibili. Nella rilevazione anagrafica il progetto è comunque classificato come non conforme alle indicazioni della allora vigente legislazione in materia di protezione sismica.



Figura 2 – Vista assonometrica dell'edificio

#### 4. RILIEVO GEOMETRICO-STRUTTURALE

Nella prima fase di rilievo sono state effettuate delle rilevazioni metriche e fotografiche per ricostruire:

- L'esatta geometria del manufatto
- Lo spessore e la tipologia dei muri con funzione strutturale
- Le sezioni di elementi in calcestruzzo (travi e solai)
- Le orditure dei solai
- Le varie tipologie di aperture
- Eventuali interferenze tra opere impiantistiche e strutturali

I rilievi sono stati condotti mediante ricognizione visiva, metrica e con ausilio di strumentazione specifica (termocamere/pacometro). Tramite ciò è stato possibile rilevare le tipologie delle chiusure verticali, dei solai e delle coperture, nonché dettagli costruttivi tramite osservazioni visive, rilievi magnetometrici, osservazioni mediante termocamera ad infrarossi, battiture superficiali.

I dettagli costruttivi mancanti, così come la caratterizzazione meccanica dei materiali, saranno determinati dalla campagna di indagini oggetto della presente relazione.

##### 4.1. Descrizione architettonica e funzionale dell'opera

L'edificio scolastico oggetto di studio sorge in un lotto di terreno pianeggiante di forma pressoché rettangolare, il lato più lungo del fabbricato misura 57 m circa mentre il lato corto ha uno sviluppo in pianta di circa 15 m. (Figura 3).

L'edificio scolastico oggetto di studio appartiene ad un lotto di terreno ove si ha la presenza di altri due plessi scolastici destinati a scopi didattici di ordine superiore. L'ingresso all'edificio, sia pedonale che carrabile, avviene dalla citata Traversa quarta Cassano.



Figura 3 – Inquadramento del lotto





*Figura 4– Prospetto sud-ovest (ingresso)*



*Figura 5 – Prospetto nord-est*



#### 4.2. Definizione dei dati dimensionali e dello schema plano-altimetrico dell'edificio

Si riportano di seguito i dati metrici delle superfici dei diversi piani, le relative altezze e volumetrie.

7.20.191 BERLIGNUER - Infanzia				
PLESSO	PIANO	SUPERFICIE [m <sup>2</sup> ]	ALTEZZA [m]	VOLUME [m <sup>3</sup> ]
INFANZIA	LG1	820,0	1,80	1476,0
	GF	820,0	3,30	2706,0
	F1	765,0	3,30	2524,5
<b>TOTALE</b>		<b>2460</b>		<b>6707</b>

Figura 6 – Tabella valori dimensionali

Il fabbricato consta di un edificio di n.3 piani fuori terra, con altezza media netta di piano di 3.0 metri e superficie media di piano di circa 800 mq. Il corpo di fabbrica   realizzato con struttura resistente in calcestruzzo armato. Si riportano di seguito le carpenterie schematiche di piano della struttura:

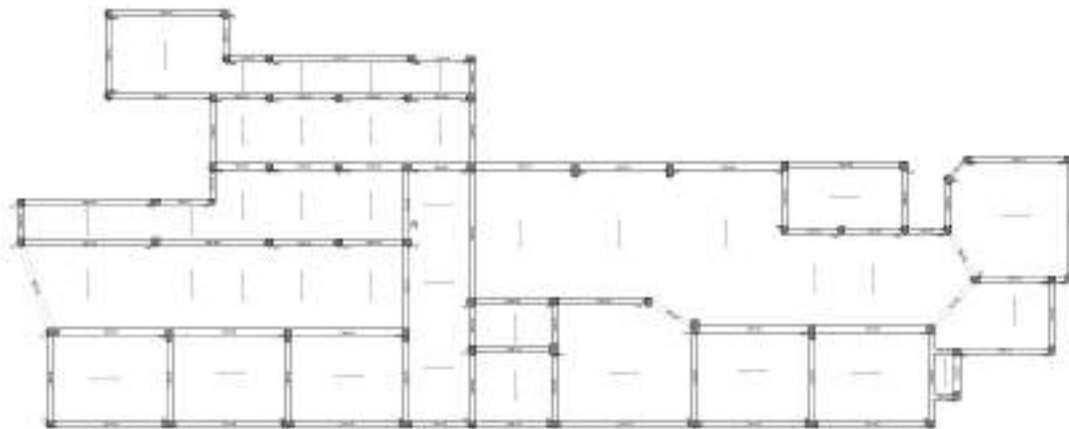


Figura 7– Schema carpenteria I impalcato

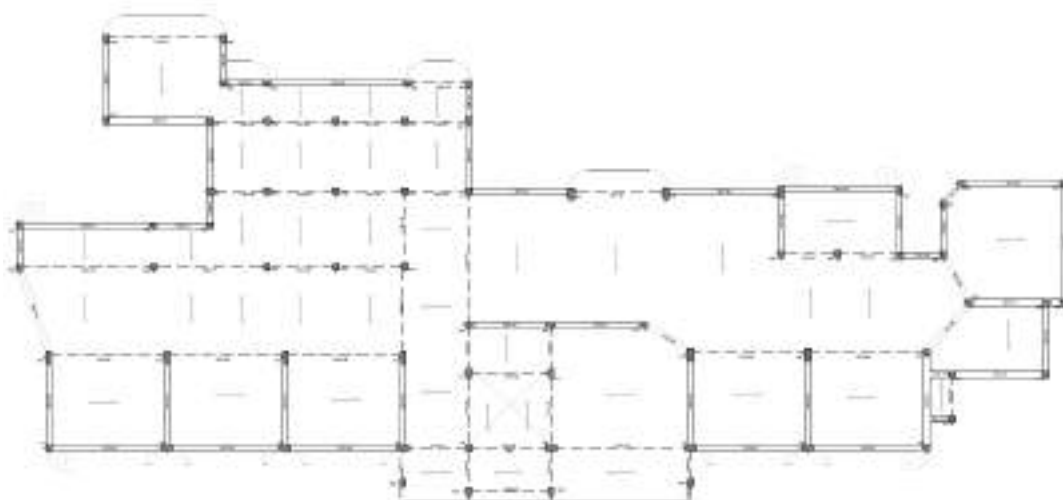


Figura 8– Schema carpenteria II impalcato

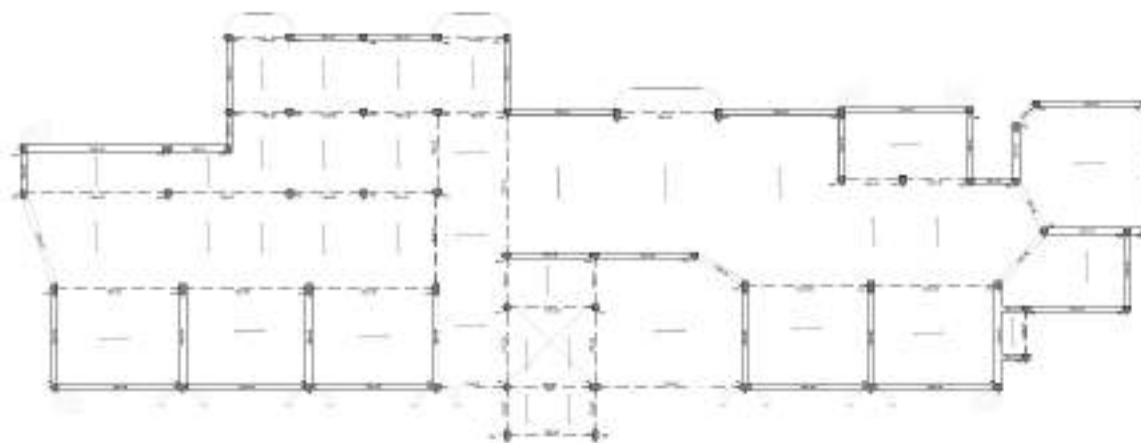


Figura 9 – Schema carpenteria III impalcato

**Il volume complessivo dell'edificio oggetto del servizio è pari a 6707 mc.**

#### **4.3. Caratterizzazione geomorfologica del sito**

Il plesso sorge su terreno pianeggiante.

#### **4.4. Descrizione della struttura, rilievo metrico e dei particolari costruttivi visibili**

La struttura resistente del fabbricato utilizzato per attività scolastica è in calcestruzzo armato e si sviluppa su tre elevazioni. Al piano interrato è stata rilevata una muratura in tufo avente spessore di circa 40 cm, estesa lungo tutto il perimetro del fabbricato con funzione paraterra oltre che di tamponamento per la modesta porzione del piano fuoriterra.

Le strutture in elevazione costituite da telai in c.a., sono caratterizzate da una rastremazione della sezione dei pilastri ai piani superiori mentre le travi sono tutte di tipo emergente nel primo impalcato (piano interrato) e di tipo emergente e a spessore negli impalcati superiori.

I telai sono orientati lungo le due direzioni principali e si rilevano alcune travi oblique. Le campate hanno luci molto irregolari con lunghezze variabili comprese fra 7 metri e 2 metri determinando una elevata irregolarità strutturale.

Dai report delle indagini eseguite, emerge inoltre un modesto quantitativo di armatura nei pilastri rispetto all'armatura rilevata nelle travi, comprovando la progettazione non sismoresistente del fabbricato (edificio progettato per soli carichi verticali); ne consegue il probabile comportamento a mensola delle strutture con prematuro collasso dei pilastri in presenza di azioni orizzontali.

La tipologia costruttiva dei solai è del tipo laterocementizio con travetti precompressi e altezza complessiva pari a 34 cm (30+4), pertanto la presenza di una caldana di spessore non inferiore a 4 cm, definisce diaframmi rigidi nel proprio piano.

La copertura piana del fabbricato è anche costituita dalla tipologia di solai sovraccata. Le tamponature sono distribuite irregolarmente in pianta e presentano estremità arrotondate con collegamenti non a squadra e sono prive di presidi antiribaltamento.

Si riportano di seguito, a titolo esemplificativo, alcune delle sezioni riscontrate in fase di rilievo.

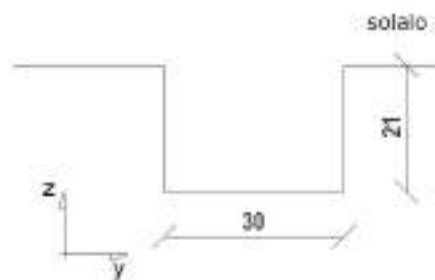


Figura 10 – Rilievo trave P11-12 – piano interrato

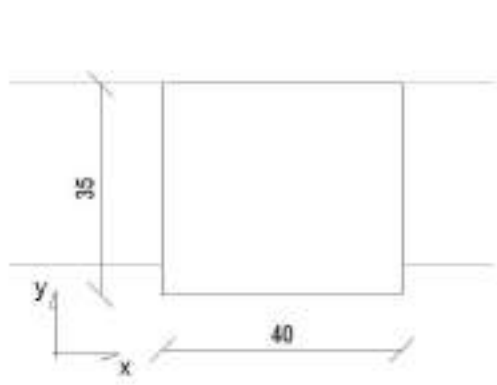


Figura 11 – Rilievo pilastro P 43 – piano interrato

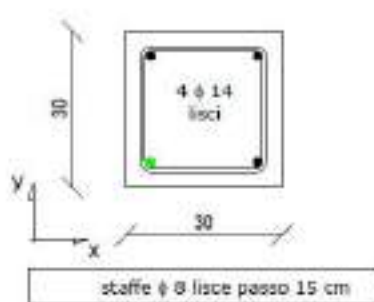


Figura 12 – Saggio pilastro P 39 – piano interrato





Figura 13 Saggio trave P 8-9 – piano interrato

#### 4.4.1. Giunti fra i corpi

Essendo la struttura costituita da un unico corpo di fabbrica non sono presenti giunti tecnici.

### 4.5. Sintesi delle vulnerabilità riscontrate e/o possibili

#### 4.5.1. Elementi strutturali

Dai primi sopralluoghi effettuati non si riscontrano segni che possano prefigurare collassi incipienti, difetti costruttivi palesi, dissesto marcati in atto o pregressi.

#### 4.5.2. Elementi non strutturali

La vulnerabilità degli elementi non strutturali quali i tamponamenti è stata vagliata preliminarmente; come riportato nella scheda di censimento dell'immobile le tamponature sono distribuite in modo irregolare sull'altezza dell'edificio e sono inoltre prive di misure a contrasto di collasso fragile ed espulsione in direzione perpendicolare ai pannelli.

## 5. OBIETTIVI E CRITERI DEL PIANO DELLE INDAGINI

### 5.1. Obiettivi del piano di indagine

Il progetto delle indagini mira al conseguimento di un **livello di conoscenza LC2** attraverso una campagna di prove in sito ed in laboratorio sia di tipo distruttivo sia di tipo semi-distruttivo o non distruttivo. L'acquisizione della documentazione disponibile, i rilievi eseguiti sull'immobile nonché le indagini predisposte assicurano un adeguato livello di approfondimento della conoscenza dell'organismo strutturale in termini di identificazione:

- della geometria;
- dei dettagli costruttivi;
- delle proprietà materiali.

L'acquisizione dei dati necessari all'identificazione è stata disposta secondo quanto previsto al paragrafo 11.3 dell'O.P.C.M. 3431/2005 e al capitolo 8 della Circ. 7/2019.

Il livello di conoscenza acquisito determina il metodo di analisi e i fattori di confidenza da applicare alle proprietà dei materiali.

Nel caso dell'edificio in esame, il livello LC2 si intende raggiunto quando siano stati effettuati

- l'analisi storico-critica commisurata al livello considerato, come descritta al § C8.5.1;
- un controllo della documentazione acquisita ed eseguendo, ove questa sia carente, il rilievo geometrico ex novo di porzioni di interesse;
- indagini estese sulle armature ed in generale sui dettagli costruttivi, come descritto al § C8.5.2,
- prove estese in situ per la determinazione delle caratteristiche dei materiali (qualora non fosse possibile l'acquisizione della documentazione del progetto originario), come indicato al § C8.5.3.

Il corrispondente fattore di confidenza è **FC=1.2**.

### 5.2. Indicazioni di normativa

#### 5.2.1. Geometria

La geometria della struttura è nota in base al rilievo eseguito durante i sopralluoghi e dai disegni disponibili. I dati raccolti sulle dimensioni degli elementi strutturali, insieme a quelli riguardanti i dettagli strutturali, saranno tali da consentire la messa a punto di un modello strutturale idoneo ad un'analisi lineare o non lineare.

Per gli elementi aventi funzione strutturale la geometria sarà descritta in maniera la più completa possibile, allo scopo di ottenere un modello di calcolo affidabile, mentre i dettagli, spesso occultati alla vista, possono essere rilevati a campione, estendendo poi le valutazioni agli altri elementi operando per analogia, anche in forza delle tecniche costruttive dell'epoca della costruzione.

Il rilievo di manufatti che non hanno funzione strutturale (tamponamenti, pareti divisorie, controsoffitti, impianti) è effettuato con l'obiettivo principale di identificare eventuali rischi per la sicurezza degli abitanti, connessi a problemi di stabilità dei manufatti stessi o delle strutture.

Il rilievo geometrico degli elementi deve permettere:

- L'identificazione dell'organizzazione strutturale;
- L'individuazione della posizione e delle dimensioni di setti, pilastri, travi e scale;
- L'identificazione dei solai e della loro tipologia, orditura, sezione verticale;
- L'individuazione di tipologia e dimensioni degli elementi non strutturali quali tamponamenti, tramezzature, etc.

### 5.2.2. *Dettagli costruttivi*

Nel definire il comportamento della costruzione in presenza di sisma sono di particolare importanza i dettagli costruttivi; le informazioni su di essi possono essere desunte dai disegni originali, da un progetto simulato o da indagini in situ.

Sia che si reperiscano i disegni strutturali originali, sia che si sia prodotto un progetto simulato, per verificarne la rispondenza alla realtà del costruito in termini di particolari costruttivi si effettuano rilievi in situ.

Nei rilievi si possono individuare tre livelli di indagine, in relazione al loro grado di approfondimento.

Indagini limitate: consentono di valutare, mediante saggi a campione, la corrispondenza tra le caratteristiche dei collegamenti riportate negli elaborati progettuali originali o ottenute attraverso il simulato, quelle effettivamente presenti.

Indagini estese: si effettuano quando non sono disponibili gli elaborati progettuali originali, o come alternativa al progetto simulato seguito da indagini limitate, oppure quando gli elaborati progettuali originali risultano incompleti.

Indagini esaustive: si effettuano quando si desidera un livello di conoscenza accurata e non sono disponibili gli elaborati progettuali originali.

Le indagini in-situ basate su saggi sono effettuate su una congrua percentuale degli elementi strutturali, privilegiando, tra le tipologie di elementi strutturali (travi, pilastri, pareti), quelle che rivestono un ruolo di primaria importanza nella struttura.

Il quantitativo di indagini in-situ basate su saggi dipende dal livello di conoscenza desiderato in relazione al grado di sicurezza attuale e deve essere accuratamente valutato, anche in vista delle notevoli conseguenze che comporta sulla progettazione degli interventi.

Il rilievo dei dettagli costruttivi per le costruzioni in calcestruzzo armato è finalizzato a conseguire le seguenti informazioni:

- Quantità di armatura longitudinale in travi, pilastri, pareti e sua disposizione;
- Quantità di barre di armatura piegate che contribuiscono alla resistenza a taglio, presenti nelle travi;
- Quantità e dettagli di armatura trasversale nelle zone critiche e nei nodi trave-pilastro;
- Quantità di armatura longitudinale che contribuisce al momento negativo di travi a T, presente nei solai;
- Lunghezze di appoggio e condizioni di vincolo degli elementi orizzontali;
- Spessore dei copriferri;

### 5.2.3. *Proprietà dei materiali*

Per il caso in esame dovranno essere note da estese verifiche in situ (vista la remota possibilità di rintracciare i disegni esecutivi originari) mediante prove di tipo distruttivo:

#### Metodi di prova distruttivi

- *Calcestruzzo:* la misura delle caratteristiche meccaniche si ottiene mediante estrazione di campioni ed esecuzione di prove di compressione fino a rottura.
- *Acciaio:* la misura delle caratteristiche meccaniche si ottiene mediante estrazione di campioni ed esecuzione di prove a trazione fino a rottura con determinazione della resistenza a snervamento e della resistenza a deformazione ultima.



Le prove sui materiali, in analogia a quanto definito per le indagini sui dettagli costruttivi, possono essere eseguite su un numero di elementi diverso, a seconda del livello di conoscenza che si vuole raggiungere.

Nella redazione del piano delle indagini, non disponendo dei disegni costruttivi e delle specifiche originali di progetto, sono stati definiti i livelli di approfondimento delle verifiche e delle prove da eseguire in sito sulla scorta della tabella C8.5.IV della Circolare Cons. Sup. LL.PP. 7 del 21 gennaio 2019.

In particolare la conoscenza dei dettagli costruttivi richiede acquisizione delle informazioni mediante **indagini estese in situ**, la conoscenza delle proprietà dei materiali richiede **prove estese in situ**.

Si riassumono nelle successive tabelle i requisiti necessari contenuti nel piano di indagine al fine di soddisfare il Livello di conoscenza prestabilita LC2.

Si riportano di seguito le tabelle con le indicazioni sugli elementi indagati.

<b>7.20.191 BERLIGNUER - Infanzia</b>		
<b>PIANO INTERRATO - S = 820 mq</b>		
<b>Indagine</b>	<b>Numero complessivo</b>	<b>Fase 1</b>
carote pilastri	4	4
carote travi	4	4
prelievi barre pilastri	1	1
prelievi barre travi	1	1
pacometrie pilastri	9	9
pacometrie travi	5	5
ispezioni solai	2	2
ispezioni tamponature	1	1
ispezione fondazione	1	1
rilievo porzione edificio	5	5

Tabella 1-elementi indagati al piano interrato

<b>7.20.191 BERLIGNUER - Infanzia</b>		
<b>PIANO TERRA - S = 820 mq</b>		
<b>Indagine</b>	<b>Numero complessivo</b>	<b>Fase 1</b>
carote pilastri	4	4
carote travi	4	4
prelievi barre pilastri	1	1
prelievi barre travi	1	1
pacometrie pilastri	6	6
pacometrie travi	9	9
ispezioni solai	0	0
ispezioni tamponature	1	1
rilievo porzione edificio	1	1

*Tabella 2-elementi indagati al piano terra*

<b>7.20.191 BERLIGNUER - Infanzia</b>		
<b>PIANO PRIMO - S = 765 mq</b>		
<b>Indagine</b>	<b>Numero complessivo</b>	<b>Fase 1</b>
carote pilastri	3	3
carote travi	3	3
prelievi barre pilastri	1	1
prelievi barre travi	1	1
pacometrie pilastri	3	3
pacometrie travi	5	5
ispezioni solai	1	1
ispezioni tamponature	0	0
rilievo porzione edificio	0	0

*Tabella 3-elementi indagati al piano primo*

## 6. RISULTATI DEL PIANO DELLE INDAGINI

Vengono riportati nel seguito una breve sintesi delle indagini effettuate nel fabbricato oggetto di studio e la caratterizzazione dei dettagli costruttivi e dei materiali utilizzati per le verifiche di vulnerabilità sismica. Per la visione della totalità delle prove svolte, si rimanda al report delle indagini allegato.

Si anticipa che, dall'analisi dei report delle prove eseguite, non sono emersi risultati fortemente disomogenei, pertanto le prove eseguite sono state limitate alla Fase 1 come già indicato nel piano delle indagini.

### 6.1. Dettagli costruttivi

Sono state eseguite indagini pacometriche e saggi che in alcuni casi hanno consentito di verificare i diametri rilevati dalle indagini strumentali.

Sono state effettuate in totale n.37 pacometrie. Nello specifico al piano interrato sono stati indagati 9 pilastri e 5 travi, al piano terra 6 pilastri e 9 travi e al primo piano 3 pilastri e 5 travi.

Si riportano di seguito alcuni report esemplificativi delle indagini eseguite per il rilievo dei quantitativi di armatura nei pilastri e nelle travi. Per la visione della totalità delle prove svolte, si rimanda al report delle indagini allegato.



Figura 14 - Saggio pilastro 47 – I impalcato

Dalla indagine eseguita è stata individuata una sezione del pilastro di 35x70 cm, armata con 10 $\phi$ 16 lisci, di cui 4 ferri di spigolo, 1+1 ferri sui lati corti e 2+2 ferri sui lunghi. Le staffe sono  $\phi$ 8 passo 15 cm.

Dal report fotografico l'armatura appare leggermente ossidata, il copriferro è integro.





*Figura 15 – Pacometria Trave P 8-20 – II impalcato*

Dalla indagine eseguita è stata individuata una sezione della trave di 30x75 cm, armata con 5 $\phi$ 22 lisci inferiori in mezzeria. Le staffe sono  $\phi$ 8 passo 30 cm.

Dal report fotografico l'armatura appare leggermente ossidata, il copriferro è integro.



*Figura 16 – Pacometria Trave P 25-36 – III impalcato*

Dalla indagine eseguita è stata individuata una sezione della trave di 40x35 cm, armata con 2 $\phi$ 14 di spigolo e 2 $\phi$ 16 lisci inferiori in mezzeria. Le staffe sono  $\phi$ 8 passo 30 cm circa.

## 6.2. Dettagli esecutivi a base di calcolo

### 6.2.1. Pilastri

Le armature dei pilastri sono state desunte dalle indagini eseguite; tenuto conto della ripetitivit  degli elementi strutturali indagati in termini di geometria, posizione e carico agente in condizione statica, sono state determinate le armature di ogni pilastro.

### 6.2.2. Travi

Le armature delle travi sono state ottenute mediante progetto simulato tarato sui risultati delle indagini eseguite.

### 6.2.3. Armature nei modelli strutturali

Si riportano di seguito le mappe di colore delle armature inserite nei singoli elementi strutturali. Le mappe sono distinte in base ad armatura superiore, armatura inferiore, armatura di parete e staffe.

LEGENDA TABELLA SOFTWARE	TRAVI	PILASTRI
ARMATURA SUPERIORE	Armatura superiore trave	Armatura lato 1 pilastro
ARMATURA INFERIORE	Armatura inferiore trave	Armatura lato 1 pilastro
ARMATURA LATO	Armatura di parete pi� due ferri di spigolo	Armatura lato 2 pilastro
STAFFE	Armatura staffe travi (cmq/m)	Armatura staffe pilastri (cmq/m)

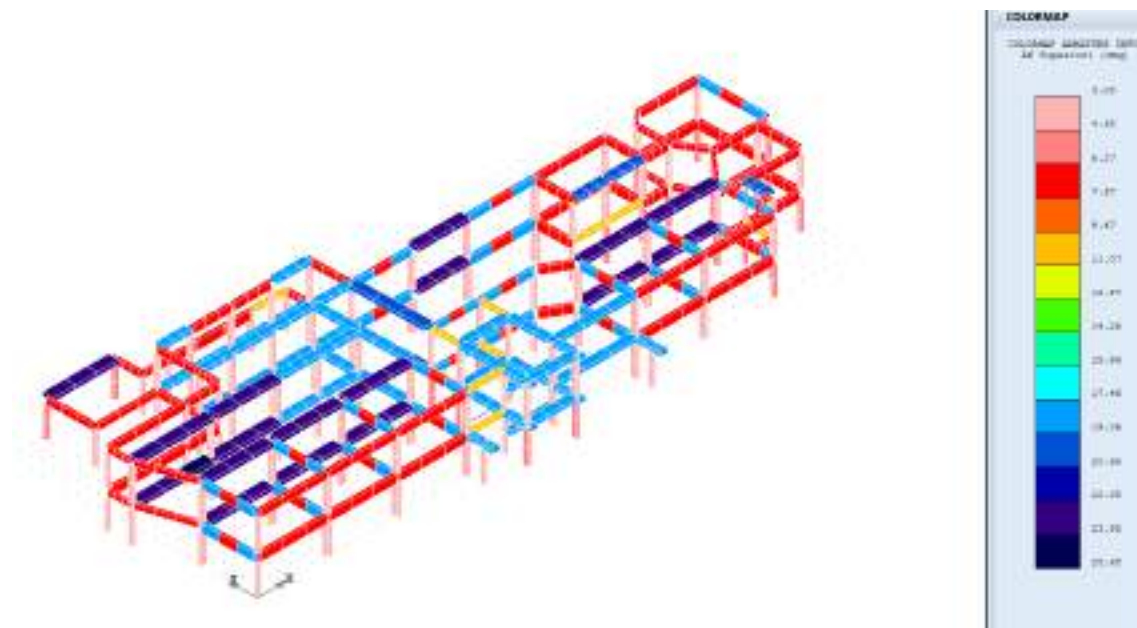


Figura 17 – mappe di colore per l'armatura superiore

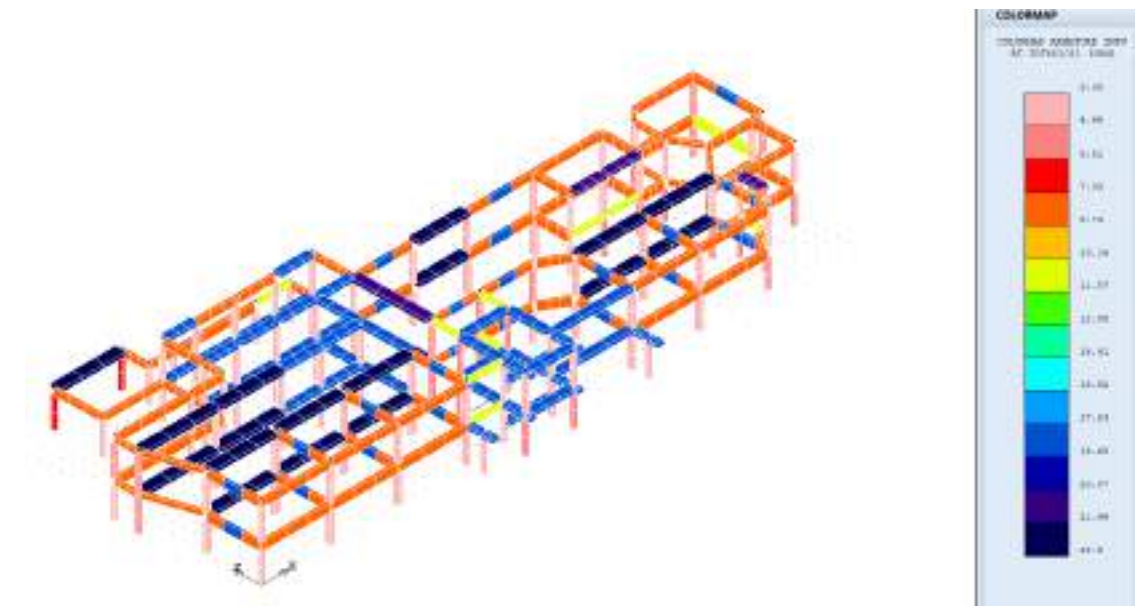


Figura 18 – mappe di colore per l'armatura inferiore

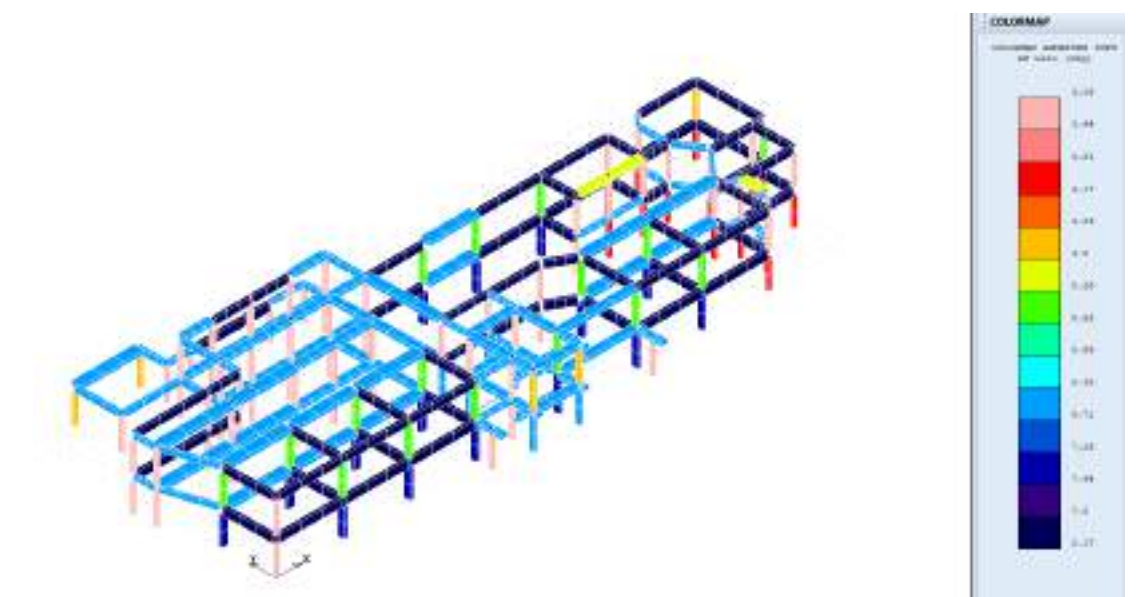


Figura 19 – mappe di colore per armatura lato

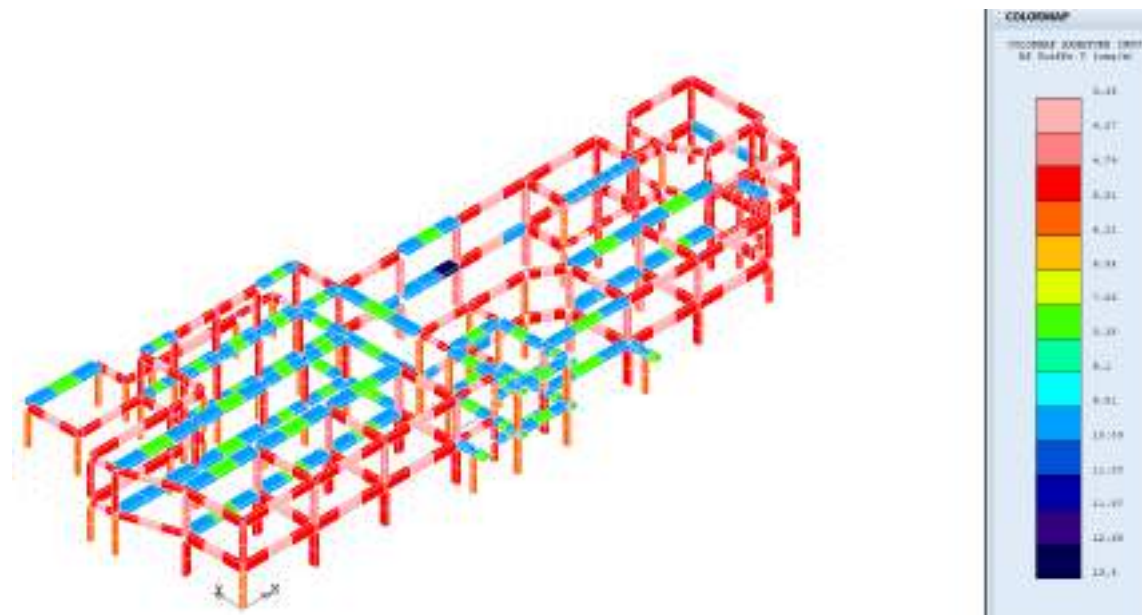


Figura 20– mappe di colore per le staffe

### 6.3. Caratteristiche dei materiali

Non conoscendo le specifiche dei materiali prescritti nel progetto originario, ai fini della valutazione delle loro proprietà meccaniche, sia per i pilastri che per le travi e impalcati, sono state effettuate “prove estese in situ” con esecuzione di prove distruttive e non distruttive ovvero prelievo di carote e di barre misura.

#### 6.3.1. Carote

Nel presente paragrafo sono esaminate le risultanze delle prove eseguite tramite carotaggio e sono indicate espressioni per valutare quantitativamente i principali fattori che influiscono sulla resistenza delle carote ed una procedura per stimare la resistenza del calcestruzzo in situ mediante prove distruttive.

Le norme prevedono che la misura delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo si ottenga mediante estrazione di campioni ed esecuzione di prove di compressione fino a rottura.

Nella tabella seguente vengono riportati i risultati di tali prove di compressione così come riportati sul report delle indagini.

SIGLA CAMPIONE	UBICAZIONE	DIAMETRO PROVINO (mm)	ALTEZZA PROVINO (mm)	MASSA VOLUMICA (Kg/m <sup>3</sup> )	RESIST. A COMPR. (N/mm <sup>2</sup> )
CP 17 INT	Pilastro 17 Piano interrato	94	94	2232	26.9
CP 31 INT	Pilastro 31 Piano interrato	94	94	2227	18.5
CP 47 INT	Pilastro 47 Piano interrato	94	94	2140	16.2
CP 24 INT	Pilastro 24 Piano interrato	94	94	2163	20.1
CT 17-18 INT	Trave 17-18 Piano interrato	94	94	2350	39.3
CT 46-47 INT	Trave 46-47 Piano interrato	94	94	2212	24.8
CT 8-20 INT	Trave 8-20 Piano interrato	94	94	2201	23.9
CT 7-8 INT	Trave 7-8 Piano interrato	94	94	2267	28.5
CP 33 PT	Pilastro 33 Piano terra	94	94	2266	26.9

CP 39 PT	Pilastro 39 Piano terra	94	94	2158	22.3
CT 45-46 PT	Pilastro 45-46 Piano terra	94	94	2350	39.8
CT 59-60 PT	Trave 59-60 Piano terra	94	94	2235	29.8
CT 2-3 PT	Trave 2-3 Piano terra	94	94	2332	34.8
CT 8-20 PT	Trave 8-20 Piano terra	94	94	2131	26.1
CP 8 PT	Pilastro 8 Piano terra	94	94	2160	22.1
CP 20 PT	Pilastro 20 Piano terra	94	94	2206	22.4
CT 27-51 1°P	Trave 27-51 Piano primo	94	94	2232	23.2
CT 4-18 1°P	Trave 4-18 Piano primo	94	94	2099	23.1
CT 48-49 1°P <sup>1)</sup>	Trave 48-49 Piano primo	94	94	2158	28.6
CP 36 1°P	Pilastro 36 Piano primo	94	94	2309	22.1
CP 12 1°P	Pilastro 12 Piano primo	94	94	2250	26.1
CP 29 1°P	Pilastro 29 Piano primo	94	94	2223	21.4

<sup>1)</sup> IL CAROTAGGIO E' STATO ERROREMANANTE DENOMINATO CT68-69 ANCHE NEL CERTIFICATO DI LABORATORIO, LA CORRETTA DENOMINAZIONE E' CT 48-49

Tabella 4 – Risultati prove di compressione

La valutazione della resistenza del calcestruzzo è stata distinta fra il piano interrato e i piani fuori terra. Al piano interrato la presenza di muratura in tufo con spessore di circa 40 cm, estesa lungo tutto il perimetro del fabbricato, rende tale porzione dell'edificio sensibilmente più rigida e resistente rispetto alle elevazioni fuoriterra. Sono pertanto impediti collassi prematuri in corrispondenza della parte interrata del fabbricato che sarà esclusa dalla modellazione strutturale ai fini della verifica di vulnerabilità sismica.

La resistenza misurata sulle carote risente di numerosi fattori che la differenziano da quella che si misurerebbe su un equivalente provino standard.



Tali fattori sono in genere dipendenti da:

- 1) diverse modalità di preparazione e stagionatura;
- 2) differente età di stagionatura tra carota e provino standard;
- 3) posizione del prelievo nell'ambito dell'elemento strutturale (ad es. al piede o alla testa di un pilastro, parallelamente o ortogonalmente alla direzione di getto);
- 4) disturbo che inevitabilmente consegue alle operazioni di prelievo;
- 5) dimensioni delle carote (ad es. nel caso di micro-carote o con H/D diverso da 2);
- 6) presenza di armature incluse.

L'effetto dei fattori sopra elencati tende in generale a far sottostimare la resistenza rispetto a quella degli analoghi provini standard. Per correggere ciò si può fare ricorso a coefficienti correttivi di cui si dirà successivamente, opportunamente calibrati ed inseriti all'interno di formule di correlazione che legano la resistenza "attuale" (quella reale in situ dei calcestruzzi) con quella misurata sui campioni cilindrici (carote) estratte dagli stessi elementi strutturali.

La valutazione della resistenza in situ viene eseguita utilizzando la formula proposta da Holos. Tale formula permette di tener conto con coefficienti di natura empirica degli effetti del carotaggio.

Per convertire le N resistenze ottenute dalle prove di compressione sulle carote  $f_{car}$  nelle corrispondenti resistenze in-situ  $R_{c, is}$ , viene adottata la relazione proposta da Holos:

$$R_{c, is} = f_{car} \times F_{h/d} \times F_{fe} \times F_{tor} \times F_{dir} \times F_t \times F_T$$

dove:

$F_{h/d}$  è il parametro dipendente dal rapporto tra l'altezza e il diametro della carota. Il valore è unitario se  $H/D=1$ .

$F_{fe}$  è il parametro che tiene conto della presenza di barre d'armatura nella carota. Assume valore unitario in assenza di barre.

$F_{tor}$  è il parametro che tiene conto del tormento della carota per la presenza di microlesioni dovute agli effetti torsionali del carotiere durante la fase di estrazione. Il coefficiente correttivo è tabellato in funzione della resistenza registrata in laboratorio ed assume valori compresi tra 1 e 1.15.

$F_{dir}$  è il coefficiente correttivo che tiene conto della direzione del carotaggio rispetto a quella di posa in opera del conglomerato. Per direzione ortogonale il parametro varia tra 1.05 e 1.10.

$F_t$  è il coefficiente correttivo che tiene conto dell'età del calcestruzzo. Assume valore unitario per carote sottoposte a compressione ad età maggiori di 28 giorni.

$F_T$  è il coefficiente correttivo che tiene conto della temperatura in funzione dell'età del calcestruzzo. Assume valore unitario se la temperatura media ponderale è compresa tra 18°C e 27°.

Nel seguito, della relazione vengo riassunti i parametri correttivi delle singole carote ed i conseguenti valori di resistenza risultanti considerando un rapporto D/H pari a 1.

Il metodo è applicato a ciascuna carota sottoposta a prova di compressione fornendo i valori delle resistenze meccaniche del calcestruzzo a base di calcolo. Nelle tabelle seguenti, si riportano i risultati delle prove di compressione sulle carote estratte elaborati con il metodo L. Holos.

Valutazione della Resistenza Cubica di sito calcolata mediante "Holos Method" - Piano -1															
Id	Elemento	d[mm]	h[mm]	R <sub>c</sub> [MPa]	h/d	F <sub>N/d</sub>	F <sub>dia</sub>	F <sub>fe</sub>	F <sub>mc</sub>	F <sub>tor</sub>	F <sub>dir</sub>	C <sub>tot</sub>	R <sub>c sito</sub>	f <sub>cm</sub>	f <sub>ctm</sub>
CP 17 INT	Piastro 17	94,0	94,0	26,90	1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,07	1,05	1,12	30,22	25,08	2,57
CP 31 INT	Piastro 31	94,0	94,0	19,50	1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,12	1,05	1,18	22,93	19,03	2,14
CP 47 INT	Piastro 17	94,0	94,0	18,20	1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,12	1,05	1,18	21,40	17,76	2,04
CP 24 INT	Piastro 24	94,0	94,0	20,10	1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,12	1,05	1,18	23,64	19,62	2,18
CT 17-18 INT	Trave 17-18	94,0	94,0	39,30	1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,02	1,05	1,07	42,09	34,93	3,21
CT 46-47 INT	Trave 46-47	94,0	94,0	24,80	1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,10	1,05	1,16	28,64	23,77	2,48
CT 8-20 INT	Trave 8-20	94,0	94,0	23,90	1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,10	1,05	1,16	27,60	22,91	2,42
CT 7-8 INT	Trave 7-8	94,0	94,0	28,50	1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,07	1,05	1,12	32,02	26,58	2,67
													28,57	23,71	2,46

Tabella 5- Resoconto carotaggi – piano -1

Valutazione della Resistenza Cubica di sito calcolata mediante "Holos Method" - Piano Terra e piano primo															
Id	Elemento	d[mm]	h[mm]	R <sub>c</sub> [MPa]	h/d	F <sub>N/d</sub>	F <sub>dia</sub>	F <sub>fe</sub>	F <sub>mc</sub>	F <sub>tor</sub>	F <sub>dir</sub>	C <sub>tot</sub>	R <sub>c sito</sub>	f <sub>cm</sub>	f <sub>ctm</sub>
CP 33 PT	Piastro 33	94,0	94,0	26,90	1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,07	1,05	1,12	30,22	25,08	2,57
CP 39 PT	Piastro 39	94,0	94,0	22,30	1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,10	1,05	1,16	25,76	21,38	2,31
CT 45-46 PT	Trave 45-46	94,0	94,0	39,80	1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,02	1,05	1,07	42,63	35,38	3,23
CT 59-60 PT	Trave 59-60	94,0	94,0	29,80	1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,07	1,05	1,12	33,48	27,79	2,75
CT 2-3 PT	Trave 2-3	94,0	94,0	34,80	1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,05	1,05	1,10	38,37	31,84	3,01
CT 8-20 PT	Trave 8-20	94,0	94,0	26,10	1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,07	1,05	1,12	29,32	24,34	2,52
CP 8 PT	Piastro 8	94,0	94,0	22,10	1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,10	1,05	1,16	25,53	21,19	2,30
CP 20 PT	Piastro 20	94,0	94,0	22,40	1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,10	1,05	1,16	25,87	21,47	2,32
CT 27-51 1P	Trave 27-51	94,0	94,0	23,20	1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,10	1,05	1,16	26,80	22,24	2,37
CT 4-18 1P	Trave 4-18	94,0	94,0	23,10	1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,10	1,05	1,16	26,68	22,14	2,37
CT 48-49 1P	Trave 48-49	94,0	94,0	28,60	1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,07	1,05	1,12	32,13	26,67	2,68
CP 36 1P	Piastro 36	94,0	94,0	22,10	1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,10	1,05	1,16	25,53	21,19	2,30
CP 12 1P	Piastro 12	94,0	94,0	26,10	1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,07	1,05	1,12	29,32	24,34	2,52
CP 29 1P	Piastro 29	94,0	94,0	21,40	1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,10	1,05	1,16	24,72	20,52	2,25
													29,74	24,68	2,54

Tabella 6- Resoconto carotaggi – piano terra e piano primo

E' stato effettuato uno studio statistico per valutare la dispersione dei risultati e l'omogeneità dei dati ottenuti; in particolare sono state calcolate le seguenti espressioni statistiche:

- **media aritmetica:** somma dei valori numerici ottenuti nei singoli provini divisa per il numero totale dei provini;

$$\bar{q} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

- **scarto quadratico medio:** indicatore di dispersione di una distribuzione di valori; si definisce esplicitamente come:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{q})^2}{n}}$$

- **varianza:** indicatore della dispersione dei valori di una distribuzione rispetto ad un indicatore preso come riferimento; si definisce esplicitamente come:

$$\sigma^2 = \left( \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{q})^2}{n}} \right)^2$$

Dato un insieme di n unità statistiche, dove min e max sono i valori minimi e massimi tra le unità, il massimo valore che può assumere la varianza è pari a :

$$\sigma_{\max}^2 = \frac{(\max - \min)^2}{4}$$

E' prassi scartare dei valori delle grandezze di partenza qualora la varianza si oltre il suo valore massimo.

Si è altresì ricavato il coefficiente di variazione che rappresenta un indice di dispersione adimensionale e fornisce il grado di precisione di una misura; tale indice viene calcolato come il rapporto tra lo scarto quadratico medio e la media aritmetica

$$CV = \frac{\sigma}{\bar{q}}$$

Per il caso in esame, si è posto come limite di accettabilità un valore di CV pari a 0.10

Risultati Carote Piano Interrato		
Sigla prova	N. provini	f <sub>cm</sub> [Mpa]
CP 17 INT	1	25,08
CP 31 INT	2	19,03
CP 47 INT	3	17,76
CP 24 INT	4	19,62
CT 17-18 INT	5	34,93
CT 46-47 INT	6	23,77
CT 8-20 INT	7	22,91
CT 7-8 INT	8	26,58
<b>Media <math>\bar{q}</math></b>		23,71
<b>Varianza <math>\sigma^2</math></b>		26,34
<b>Scarto quadratico medio <math>\sigma</math></b>		5,13
<b>Coefficiente di variazione</b>		0,22
<b><math>\sigma^2_{\max}</math></b>		73,70

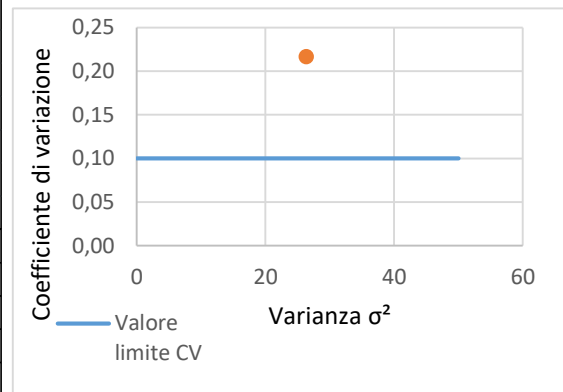


Figura 21 – Risultati carote piano interrato

Risultati Carote Piano Terra e Piano Primo		
Sigla prova	N. provini	f <sub>cm</sub> [Mpa]
CT 45-46 PT	1	35,38
CT 2-3 PT	2	31,84
CP 33 PT	3	25,08
CP 39 PT	4	21,38
CT 59-60 PT	5	27,79
CT 8-20 PT	6	24,34
CP 8 PT	7	21,19
CP 20 PT	8	21,47
CT 27-51 1P	9	22,24
CT 4-18 1P	10	22,14
CT 48-49 1P	11	26,67
CP 36 1P	12	21,19
CP 12 1P	13	24,34
CP 29 1P	14	20,52
<b>Media <math>\bar{f}</math></b>		24,68
<b>Varianza <math>\sigma^2</math></b>		18,22
<b>Scarto quadratico medio <math>\sigma</math></b>		4,27
<b>Coefficiente di variazione</b>		0,17
<b><math>\sigma^2_{max}</math></b>		55,24

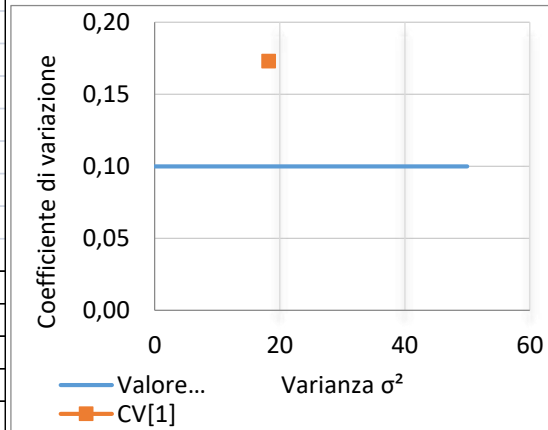


Figura 22 – Risultati carote piano terra e piano primo

Analizzando la tabella e il grafico sopra riportati, il valore del coefficiente di variazione risulta essere pari a 0.17, circa il 58% in più rispetto al valore limite fissato di 0.10.

Si è scelto quindi di effettuare il calcolo a ritroso secondo il seguente iter:

- valutazione dello scarto quadratico medio limite, calcolato a partire dal valore della media aritmetica e dal valore fissato del coefficiente di variazione (CV=0.10)
- scelta dell'intervallo all'interno del quale i valori possono essere ritenuti accettabili; tale intervallo è definito dai seguenti valori limite  $\bar{f} + 2\sigma$  e  $\bar{f} - 2\sigma$

<b>CV limite</b>	0,10
<b>Media <math>\bar{f}</math></b>	23,71
<b><math>\sigma</math> limite</b>	2,37
<b><math>\bar{f} + 2\sigma</math></b>	28,45
<b><math>\bar{f} - 2\sigma</math></b>	18,97

Tabella 7 – intervallo valori accettabili (piano interrato)

<b>CV limite</b>	0,10
<b>Media <math>\bar{f}</math></b>	24,68
<b><math>\sigma</math> limite</b>	2,47
<b><math>\bar{f} + 2\sigma</math></b>	29,62
<b><math>\bar{f} - 2\sigma</math></b>	19,75

Tabella 8 – intervallo valori accettabili (piano terra e primo)

- individuazione dei valori ritenuti accettabili e di quelli da scartare nel calcolo del valore medio finale.

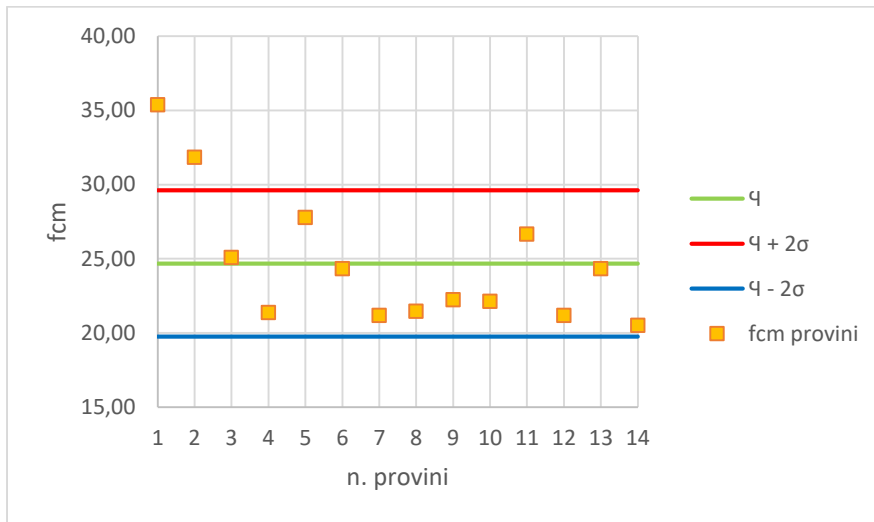


Figura 23 – Individuazione dei valori da scartare – piano terra e piano primo

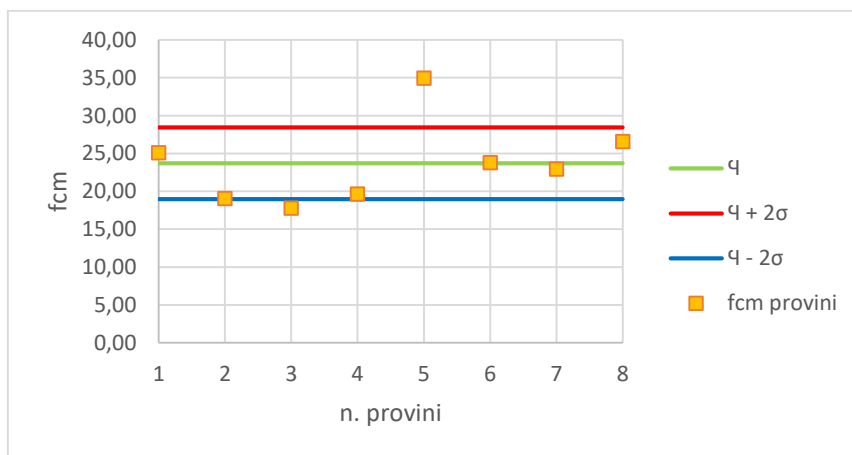


Figura 24 - Individuazione dei valori da scartare – piano interrato

I valori dei provini oltre la linea rossa del grafico sopraportato, presentano dei valori di fcm esterni rispetto l'intervallo limite e pertanto saranno esclusi dal calcolo finale. Si ricalcolano di seguito i risultati delle grandezze escludendo i campioni scartati.



Risultati Carote Piano interrato		
Sigla prova	N. provini	f <sub>cm</sub> [Mpa]
CP 17 INT	1	25,08
CP 31 INT	2	19,03
CP 24 INT	3	19,62
CT 46-47 INT	4	23,77
CT 8-20 INT	5	22,91
CT 7-8 INT	6	26,58
<b>Media <math>\bar{q}</math></b>		22,83
<b>Varianza <math>\sigma^2</math></b>		7,46
<b>Scarto quadratico medio <math>\sigma</math></b>		2,73
<b>Coefficiente di variazione</b>		0,12
<b><math>\sigma^2_{max}</math></b>		14,22

Tabella 9- tabella riepilogativa piano interrato

Risultati Carote Piano terra e piano primo		
Sigla prova	N. provini	f <sub>cm</sub> [Mpa]
CP 33 PT	1	25,08
CP 39 PT	2	21,38
CT 59-60 PT	3	27,79
CT 8-20 PT	4	24,34
CP 8 PT	5	21,19
CP 20 PT	6	21,47
CT 27-51 1P	7	22,24
CT 4-18 1P	8	22,14
CT 48-49 1P	9	26,67
CP 36 1P	10	21,19
CP 12 1P	11	24,34
CP 29 1P	12	20,52
<b>Media <math>\bar{q}</math></b>		23,20
<b>Varianza <math>\sigma^2</math></b>		5,24
<b>Scarto quadratico medio <math>\sigma</math></b>		2,29
<b>Coefficiente di variazione</b>		0,10
<b><math>\sigma^2_{max}</math></b>		13,23

Tabella 10 - tabella riepilogativa piano interrato

### 6.3.2. Profondità di carbonatazione del cls

E' stata eseguita anche la misurazione del livello di carbonatazione sui campioni appena estratti dalla struttura secondo le prescrizioni della UNI 9944/92 e con il metodo del viraggio chimico mediante la classica soluzione acquosa di fenolftaleina all'1% e al 70% di alcool etilico.

La profondità della carbonatazione spesso è superiore al copriferro e raggiunge in alcune carote la profondità di 16 cm, come riportato in dettaglio nella tabella seguente.

SIGLA CAMPIONE	DATA PRELIEVO	UBICAZIONE	LUNGHEZZA DELLA CAROTA (mm)	DIAMETRO CAROTA (mm)	LUNGHEZZA DI CARBONATAZIONE (cm)
CP 17 INT	17/9/2021	Pilastro 17 Piano interrato	200	100	7.0
CP 31 INT	17/9/2021	Pilastro 31 Piano interrato	180	100	6.5
CP 47 INT	17/9/2021	Pilastro 47 Piano interrato	180	100	8.5
CP 24 INT	17/9/2021	Pilastro 24 Piano interrato	200	100	16.0
CT 17-18 INT	17/9/2021	Trave 17-18 Piano interrato	200	100	5.0
CT 46-47 INT	17/09/2021	Trave 46-47 Piano interrato	210	100	12.0
CT 8-20 INT	17/09/2021	Trave 8-20 Piano interrato	150	100	11.0
CT 7-8 INT	17/09/2021	Trave 7-8 Piano interrato	180	100	6.0
CP 33 PT	16/9/2021	Pilastro 33 Piano terra	200	100	4.0
CP 39 PT	16/9/2021	Pilastro 39 Piano terra	220	100	4.0
CT 45-46 PT	16/9/2021	Pilastro 45-46 Piano terra	190	100	3.0
CT 59-60 PT	16/9/2021	Trave 59-60 Piano terra	180	100	5.0
CT 2-3 PT	16/9/2021	Trave 2-3 Piano terra	190	100	0.0
CT 8-20 PT	16/9/2021	Trave 8-20 Piano terra	150	100	2.0
CP 8 PT	16/9/2021	Pilastro 8 Piano terra	180	100	7.0
CP 20 PT	16/9/2021	Pilastro 20 Piano terra	170	100	5.0
CT 27-51 1°P	17/09/21	Trave 27-51 Piano primo	180	100	4.0
CT 4-18 1°P	17/09/21	Trave 4-18 Piano primo	160	100	0.0
CT 48-49 1°P 11	17/09/21	Trave 48-49 Piano primo	180	100	5.0
CP 36 1°P	17/09/21	Pilastro 36 Piano primo	190	100	2.5
CP 12 1°P	17/09/21	Pilastro 12 Piano primo	190	100	3.0
CP 29 1°P	17/09/21	Pilastro 29 Piano primo	200	100	1.0

Tabella 11 - indicazione delle profondità di carbonatazione misurate

### 6.3.3. Estrazione barre d'armatura

I campioni prelevati sono stati sottoposti a misurazione geometrica, pesati e rettificati presso il laboratorio autorizzato all'esecuzione delle prove sui materiali da costruzione.

BARRE D'ARMATURA				
Campione	Piano	Diametro [mm]	Tensione snervamento [MPa]	Tensione rottura [MPa]
BP 34 INT	-1	14	351,00	492,43
BT 20-21 INT	-1	20	471,30	580,54
BP 22 PT	T	14	400,20	565,33
BT 59-60 PT	T	18	363,90	526,23
BP 36 1P	1	14	383,20	541,93
BT 48-49 1P	1	20	381,60	508,83

Tabella 12 – Estrazione barra d'armatura

### 6.3.4. Materiali a base di calcolo

Le caratteristiche meccaniche del calcestruzzo strutturale da porre a base di calcolo sono state determinate mediando i risultati delle prove di compressione.

RESOCONTO CAROTE PIANO -1				
Sigla prova	Piano	Elemento	R <sub>cm</sub>	f <sub>cm</sub>
CP 17 INT	-1	Pilastro 17	30,22	25,08
CP 31 INT	-1	Pilastro 31	22,93	19,03
CP 47 INT	-1	Pilastro 17	21,40	17,76
CP 24 INT	-1	Pilastro 24	23,64	19,62
CT 17-18 INT	-1	Trave 17-18	42,09	34,93
CT 46-47 INT	-1	Trave 46-47	28,64	23,77
CT 8-20 INT	-1	Trave 8-20	27,60	22,91
CT 7-8 INT	-1	Trave 7-8	32,02	26,58
<b>Media</b>			28,08	23,30
<b>Scarto quadratico medio</b>			6,46	5,36

Tabella 13- Resoconto carote (piano interrato)

RESOCONTO CAROTE (PIANO TERRA E PIANO PRIMO)				
Sigla prova	Piano	Elemento	R <sub>cm</sub>	f <sub>cm</sub>
CT 45-46 PT	T	Trave 45-46	42,63	35,38
CT 2-3 PT	T	Trave 2-3	38,37	31,84
CP 33 PT	T	Pilastro 33	30,22	25,08
CP 39 PT	T	Pilastro 39	25,76	21,38
CT 59-60 PT	T	Trave 59-60	33,48	27,79
CT 8-20 PT	T	Trave 8-20	29,32	24,34
CP 8 PT	T	Pilastro 8	25,53	21,19
CP 20 PT	T	Pilastro 20	25,87	21,47
CT 27-51 1P	1	Trave 27-51	26,80	22,24
CT 4-18 1P	1	Trave 4-18	26,68	22,14
CT 48-49 1P	1	Trave 48-49	32,13	26,67
CP 36 1P	1	Pilastro 36	25,53	21,19
CP 12 1P	1	Pilastro 12	29,32	24,34
CP 29 1P	1	Pilastro 29	24,72	20,52
<b>Media</b>			27,95	23,20
<b>Scarto quadratico medio</b>			2,76	2,29

Tabella 14 – Resoconto carote (piano terra e piano interrato)

Per definire le resistenze dei materiali da utilizzare nelle formule di capacità degli elementi duttili e fragili, le resistenze medie in situ vengono divise per i fattori di confidenza e per i coefficienti parziali di sicurezza.

$$f_d = \frac{f_m}{FC \times \gamma_m}$$

Resistenza di calcolo del calcestruzzo:

Meccanismi Duttili (Flessione):

$$f_{cd} = \frac{f_{cm}}{FC \times \gamma_m} = \frac{23.20}{1.2 \times 1.0} = 19.33 \text{ N/mm}^2$$

Meccanismi Fragili (Taglio):

$$f_{cd} = \frac{f_{cm}}{FC \times \gamma_m} = \frac{23.20}{1.2 \times 1.5} = 12.89 \text{ N/mm}^2$$

Le caratteristiche meccaniche delle barre di acciaio da porre a base di calcolo sono state determinate sulla base dei risultati ottenuti dalla prove descritte nei precedenti paragrafi.

MATERIALE	
f <sub>y</sub> [MPa]=	391,87
f <sub>t</sub> [MPa]=	541,29

Per definire le resistenze dei materiali da utilizzare nelle formule di capacità degli elementi duttili e fragili, le resistenze medie in situ vengono divise per i fattori di confidenza e per i coefficienti parziali di sicurezza.

$$f_d = \frac{f_m}{FC \times \gamma_m}$$

Resistenza di calcolo dell'acciaio:

Meccanismi Duttile (Flessione):

$$f_{yd} = \frac{f_{ym}}{FC \times \gamma_m} = \frac{391.87}{1.2 \times 1.0} = 326.55 \text{ N/mm}^2$$

Meccanismi Fragili (Taglio):

$$f_{cd} = \frac{f_{cm}}{FC \times \gamma_m} = \frac{391.87}{1.2 \times 1.15} = 283.96 \text{ N/mm}^2$$



## 7. INDICE DELLE FIGURE

Figura 1 – Inquadramento dell'edificio oggetto di indagine e verifica sismica.....	1
Figura 2 – Vista assonometrica dell'edificio.....	2
Figura 3 – Inquadramento del lotto.....	3
Figura 4– Prospetto sud-ovest (ingresso).....	4
Figura 5 – Prospetto nord-est.....	4
Figura 6 – Tabella valori dimensionali.....	5
Figura 7– Schema carpenteria I impalcato.....	5
Figura 8– Schema carpenteria II impalcato.....	5
Figura 9 – Schema carpenteria III impalcato.....	6
Figura 10 – Rilievo trave P11-12 – piano interrato.....	7
Figura 11 – Rilievo pilastro P 43 – piano interrato.....	7
Figura 12 – Saggio pilastro P 39 – piano interrato.....	7
Figura 13 Saggio trave P 8-9 – piano interrato.....	8
Figura 14 - Saggio pilastro 47 – I impalcato.....	13
Figura 15 – Pacometria Trave P 8-20 – II impalcato.....	14
Figura 16 – Pacometria Trave P 25-36 – III impalcato.....	14
Figura 17 – mappe di colore per l'armatura superiore.....	15
Figura 18 – mappe di colore per l'armatura inferiore.....	16
Figura 19 – mappe di colore per armatura lato.....	16
Figura 20– mappe di colore per le staffe.....	17
Figura 21 – Risultati carote piano interrato.....	21
Figura 22 – Risultati carote piano terra e piano primo.....	22
Figura 23 – Individuazione dei valori da scartare – piano terra e piano primo.....	23
Figura 24 - Individuazione dei valori da scartare – piano interrato.....	23

## 8. INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1-elementi indagati al piano interrato.....	11
Tabella 2-elementi indagati al piano terra.....	12
Tabella 3-elementi indagati al piano primo.....	12
Tabella 4 – Risultati prove di compressione.....	18
Tabella 5- Resoconto carotaggi – piano -1.....	20
Tabella 6- Resoconto carotaggi – piano terra e piano primo.....	20
Tabella 7 – intervallo valori accettabili (piano interrato).....	22
Tabella 8 – intervallo valori accettabili (piano terra e primo).....	22
Tabella 9- tabella riepilogativa piano interrato.....	24
Tabella 10 - tabella riepilogativa piano interrato.....	24
Tabella 11 - indicazione delle profondità di carbonatazione misurate.....	25
Tabella 12 – Estrazione barra d'armatura.....	26
Tabella 13- Resoconto carote (piano interrato).....	26
Tabella 14 – Resoconto carote (piano terra e piano interrato).....	27



COMUNE DI NAPOLI

## COMUNE DI NAPOLI

Procedura aperta per l'affidamento di servizi professionali finalizzati alle verifiche di vulnerabilità sismica di n. 333 edifici scolastici di proprietà comunale ubicati nel territorio delle dieci municipalità

VII Municipalità

Lotto 7

CIG: B65117000050001

CUP: 7882655CAD



I.C.80 C.D. BERLINGUER

Plesso Materna

Traversa quarta Cassano n.28, Secondigliano

Codice scheda: 7.20.191

### RELAZIONE DEI RISULTATI DELLE INDAGINI

▶ ELABORATO: FASE2\_RRI01

▶ OGGETTO: RELAZIONE DEI RISULTATI DELLE INDAGINI

▶ SCALA: /

▶ DATA: 23/11/21

▶ REV: [0]

## ▶ RTP

### Capogruppo e coordinatore scientifico:

Ing. Fabio Neri (PROGEN srl)

### Professionisti responsabili strutturali e della calcolazione delle strutture:

Ing. Marco Muratore (TECHNOSIDE srl)

Ing. Placido Impollonia (PLANIR srl)

### Professionista responsabile delle attività di predisposizione della relazione geologica:

Geol. Sergio Dolfin

### Professionisti collaboratori tecnici:

Ing. Filippo Di Mauro (TECHNOSIDE srl)

Ing. Antonio Principato Trosso (PROGEN srl)

### Professionisti responsabili della fase dell'esecuzione delle indagini strutturali:

Ing. Andrea De Maio

Ing. Pierluca Lombardo (TECHNOSIDE srl)

### Esecuzione indagini strutturali\_geognostiche:

Ing. Massimiliano Rinaldi (PROGEN srl)

Ing. Salvatore Ognibene (L&R srl)

Dott. Filippo Furia (Consorzio LR Laboratori Riuniti)

Ing. Salvatore Caruso (L&R srl)

Geol. Sergio Dolfin

### Professionista responsabile dell'attuazione degli interventi sugli edifici sottoposti a tutela:

Arch. Mario La Guzza (PROGEN srl)

### Indagini per analisi storico-critica su edifici (inclusi quelli sottoposti a tutela):

Arch. Concetta Borgia (PLANIR srl)

### Gestione informativa del servizio:

Arch. Annamaria Ciabatta (PLANIR srl)

## ▶ STAZIONE APPALTANTE

### D.E.C.

Ing. Marianna Vanacore

### R.U.P.

Arch. Alfonso Ghezzi

**I.C.80 C.D. BERLINGUER**  
**Plesso Materna**  
**Traversa quarta Cassano n.28, Secondigliano**

RELAZIONE TECNICA  
INDAGINI STRUTTURALI

**SOMMARIO**

<b>1</b>	<b>INTRODUZIONE .....</b>	<b>2</b>
1.1	TIPOLOGIA E CONSISTENZA DEGLI ACCERTAMENTI ESEGUITI .....	3
1.2	ALLEGATI .....	3
<b>2</b>	<b>INDAGINI PACOMETRICHE .....</b>	<b>4</b>
2.1	GENERALITÀ .....	4
2.2	RISULTATI DELLE PROVE .....	6
2.2.1	<i>Dettaglio delle indagini pacometriche eseguite al piano interrato .....</i>	<i>7</i>
2.2.2	<i>Dettaglio delle indagini pacometriche eseguite al piano terra .....</i>	<i>15</i>
2.2.3	<i>Dettaglio delle indagini pacometriche eseguite al piano primo .....</i>	<i>24</i>
<b>3</b>	<b>SAGGI SUI SOLAI.....</b>	<b>28</b>
3.1	GENERALITÀ .....	28
3.2	RISULTATI DELLE PROVE .....	29
3.2.1	<i>Dettaglio dei saggi sui solai eseguite al piano interrato .....</i>	<i>29</i>
3.2.2	<i>Dettaglio dei saggi sui solai eseguite al piano primo.....</i>	<i>30</i>
<b>4</b>	<b>PROVE SU CALCESTRUZZO.....</b>	<b>31</b>
4.1	GENERALITÀ .....	31
4.2	PRELIEVO DI CAMPIONI E PROVE DI CARBONATAZIONE.....	31
4.2.1	<i>Dettagli dei carotaggi e delle prove di carbonatazione eseguiti al piano interrato.....</i>	<i>34</i>
4.2.2	<i>Dettagli dei carotaggi e delle prove di carbonatazione eseguiti al piano terra.....</i>	<i>38</i>
4.2.3	<i>Dettagli dei carotaggi e delle prove di carbonatazione eseguiti al primo piano .....</i>	<i>42</i>
4.3	PROVE DI COMPRESIONE IN LABORATORIO .....	45
<b>5</b>	<b>ESTRAZIONE DI BARRE D'ARMATURA .....</b>	<b>47</b>
5.1	GENERALITÀ .....	47
5.1.1	<i>Dettagli dei prelievi di barra eseguiti al piano interrato .....</i>	<i>48</i>
5.1.2	<i>Dettagli dei prelievi di barra eseguiti al piano terra .....</i>	<i>49</i>
5.1.3	<i>Dettagli dei prelievi di barra eseguiti al piano primo.....</i>	<i>50</i>
5.2	RISULTATI DI LABORATORIO.....	51
<b>6</b>	<b>ULTERIORI INDAGINI .....</b>	<b>51</b>
6.1	GENERALITÀ .....	51
6.2	RISULTATI DELLE PROVE .....	52
6.2.1	<i>Piano Interrato.....</i>	<i>52</i>
6.2.2	<i>Piano terra .....</i>	<i>56</i>

## 1 INTRODUZIONE

Il presente Rapporto di Prova ha per oggetto le indagini strutturali eseguite sull'edificio scolastico ubicato a Napoli, in Traversa quarta Cassano n.28, nel quartiere di Secondigliano (Figura 1).



**Figura 1: inquadramento edificio oggetto delle indagini**

L'edificio scolastico che ospita l'I.C. 80 C.D. BERLINGUER è composto da un unico corpo di fabbrica in cemento armato. Sono presenti dei corpi scala per l'esodo in caso incendio o eventi eccezionali realizzati in carpenteria metallica e le cui caratteristiche li rendono sovraresistenti rispetto all'evento eccezionale previsto dalle norme tecniche vigenti; per tale motivo tali strutture sono escluse dalle verifiche dei livelli di sicurezza sismica.

L'ingresso all'edificio, sia pedonale che carrabile, avviene dalla citata Traversa quarta Cassano.

Il fabbricato consta di un edificio di n.3 piani fuori terra, con altezza media netta di piano di 3.0 metri e superficie media di piano di circa 800 mq. Il corpo di fabbrica è realizzato con struttura resistente in calcestruzzo armato.

Gli accertamenti strutturali di che trattasi, sono stati affidati alla scrivente L&R Laboratori e Ricerche s.r.l. con sede in via Pablo Picasso 2 – San Giovanni La Punta (CT), in qualità di impresa facente parte del gruppo aggiudicatario della gara e sono stati

eseguiti in cantiere dal 15 al 19 settembre 2021 dai tecnici L&R sotto la supervisione dell'Ing. Claudia Maccarrone

### **1.1 TIPOLOGIA E CONSISTENZA DEGLI ACCERTAMENTI ESEGUITI**

Sono state eseguite indagini magnetotermiche con pacometro, saggi sui solai, carotaggi su calcestruzzo, prelievi di armatura e saggi visivi su muratura di cui si rimanda ai dettagli nei paragrafi successivi.

### **1.2 ALLEGATI**

Formano parte integrante della presente relazione le tavole allegate che riportano le ubicazioni delle indagini eseguite, di cui di seguito in elenco:

- Fase\_2 - RRI02 Ubicazione delle indagini 1° impalcato;
- Fase\_2 - RRI03 Ubicazione delle indagini 2° impalcato;
- Fase\_2 - RRI04 Ubicazione delle indagini 3° impalcato;
- Certificati di laboratorio n.1137/21 –e “prova di resistenza a compressione cls”
- Certificati di laboratorio n.1137/21 –f “prova di resistenza a trazione acciaio”



## 2 INDAGINI PACOMETRICHE

### 2.1 GENERALITÀ

Per approfondire la conoscenza di alcuni elementi strutturali sono state eseguite delle indagini pacometriche approfondite in alcuni casi dai saggi visivi.

Complessivamente sono state eseguite 37 pacometrie saggi come di seguito dettagliato:

- |                        |  |
|------------------------|--|
| 1. P <sub>5</sub>      | Pacometria Pilastro 5 Piano Interrato  |
| 2. P <sub>17</sub>     | Pacometria Pilastro 17 Piano Interrato |
| 3. P <sub>24</sub>     | Pacometria Pilastro 24 Piano Interrato |
| 4. P <sub>25</sub>     | Pacometria Pilastro 25 Piano Interrato |
| 5. P <sub>31</sub>     | Pacometria Pilastro 31 Piano Interrato |
| 6. P <sub>34</sub>     | Pacometria Pilastro 34 Piano Interrato |
| 7. P <sub>38</sub>     | Pacometria Pilastro 38 Piano Interrato |
| 8. P <sub>39</sub>     | Pacometria Pilastro 39 Piano Interrato |
| 9. P <sub>47</sub>     | Pacometria Pilastro 47 Piano Interrato |
| 10. P <sub>8-20</sub>  | Pacometria Trave 8-20 Piano Interrato  |
| 11. P <sub>8-9</sub>   | Pacometria Trave 8-9 Piano Interrato   |
| 12. P <sub>17-18</sub> | Pacometria Trave 17-18 Piano Interrato |
| 13. P <sub>25-36</sub> | Pacometria Trave 25-26 Piano Interrato |
| 14. P <sub>46-47</sub> | Pacometria Trave 46-47 Piano Interrato |
| 15. P <sub>8</sub>     | Pacometria Pilastro 8 Piano terra      |
| 16. P <sub>9</sub>     | Pacometria Pilastro 9 Piano terra      |
| 17. P <sub>20</sub>    | Pacometria Pilastro 20 Piano terra     |
| 18. P <sub>22</sub>    | Pacometria Pilastro 22 Piano terra     |
| 19. P <sub>29</sub>    | Pacometria Pilastro 29 Piano terra     |
| 20. P <sub>33</sub>    | Pacometria Pilastro 33 Piano terra     |
| 21. P <sub>8-SB</sub>  | Pacometria Parete 8-SB Piano terra     |
| 22. P <sub>2-3</sub>   | Pacometria Trave 2-3 Piano terra       |
| 23. P <sub>8-20</sub>  | Pacometria Trave 8-20 Piano terra      |
| 24. P <sub>22-45</sub> | Pacometria Trave 22-45 Piano terra     |
| 25. P <sub>30-31</sub> | Pacometria Trave 30-31 Piano terra     |
| 26. P <sub>42-43</sub> | Pacometria Trave 42-43 Piano terra     |
| 27. P <sub>45-46</sub> | Pacometria Trave 45-46 Piano terra     |
| 28. P <sub>46-47</sub> | Pacometria Trave 46-47 Piano terra     |
| 29. P <sub>59-60</sub> | Pacometria Trave 59-60 Piano terra     |
| 30. P <sub>12</sub>    | Pacometria Pilastro 12 Piano primo     |
| 31. P <sub>29</sub>    | Pacometria Pilastro 29 Piano primo     |
| 32. P <sub>36</sub>    | Pacometria Pilastro 36 Piano primo     |
| 33. P <sub>4-18</sub>  | Pacometria Trave 4-18 Piano primo      |
| 34. P <sub>25-36</sub> | Pacometria Trave 25-36 Piano primo     |
| 35. P <sub>27-51</sub> | Pacometria Trave 27-51 Piano primo     |
| 36. P <sub>46-47</sub> | Pacometria Trave 46-47 Piano primo     |

37. P<sub>48-49</sub> Pacometria Trave 48-49 Piano primo

Le pacometrie sono state eseguite mediante l'impiego di:

- Pacometro COVERMASTER ELCOMETER P331-H

I saggi di armatura e i rilievi geometrici sono stati eseguiti mediante l'impiego di:

- Martello demolitore HILTI mod. TE50;
- Calibro centesimale.
- Trapano

## 2.2 RISULTATI DELLE PROVE

Nelle tabelle seguenti sono riportati i risultati delle indagini pacometriche e dei saggi strutturali eseguiti sui vari elementi. Nelle schede i vari elementi sono riportati in sezione trasversale dove sono indicate le barre di armatura individuate nell'indagine. Per quanto riguarda la simbologia adottata si faccia riferimento a quanto segue:

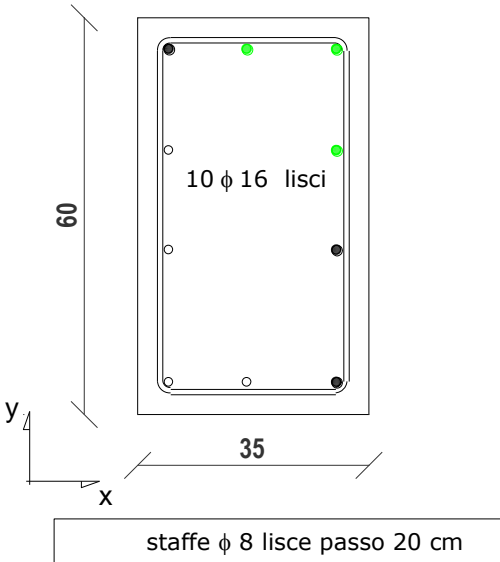

LEGENDA INDAGINI PACOMETRICHE	
●	BARRA DI ARMATURA RILEVATA DALL'INDAGINE STRUMENTALE
○	BARRA DI ARMATURA CON PRESENZA IPOTIZZATA
●	BARRA DI ARMATURA RISCONTRATA DA SAGGIO VISIVO
●	BARRA DI ARMATURA PRELEVATA PER INDAGINE DI LABORATORIO

**Tabella 1. Legenda indagini pacometriche**

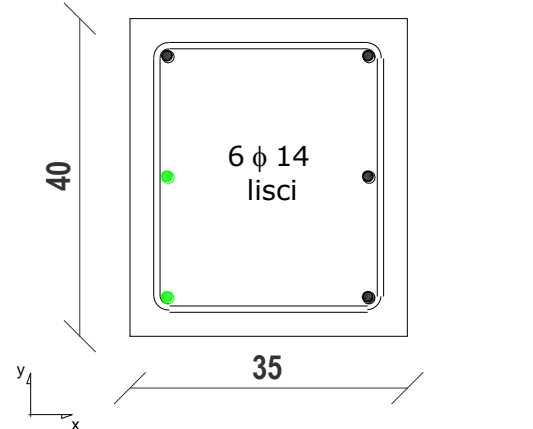

Il passo delle staffe è riportato come valore medio su almeno 5 staffe

### 2.2.1 DETTAGLIO DELLE INDAGINI PACOMETRICHE ESEGUITE AL PIANO INTERRATO

codice	P 5	Piano/livello	Interrato
			

codice	P 17	Piano/livello	Interrato
 <p>ULTERIORI PROVE ESEGUITE SULLO STESSO ELEMENTO: CP 17</p>			

codice	P 24	Piano/livello	Interrato
 <p>4<math>\phi</math>18+4<math>\phi</math>14 lisci<sub>4</sub></p> <p>18 14 18</p> <p>40</p> <p>35</p> <p>staffe <math>\phi</math> 8 lisce passo 20 cm</p> <p>ULTERIORI PROVE ESEGUITE SULLO STESSO ELEMENTO: CP 24</p>			
			

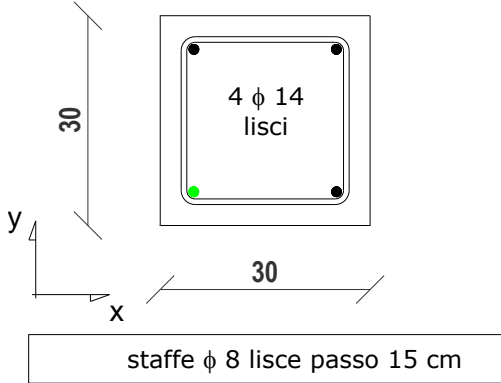

codice	P 25	Piano/livello	Interrato
 <p>40</p> <p>35</p> <p>6 <math>\phi</math> 14 lisci</p> <p>staffe <math>\phi</math> 8 lisce passo 15 cm</p>			
			

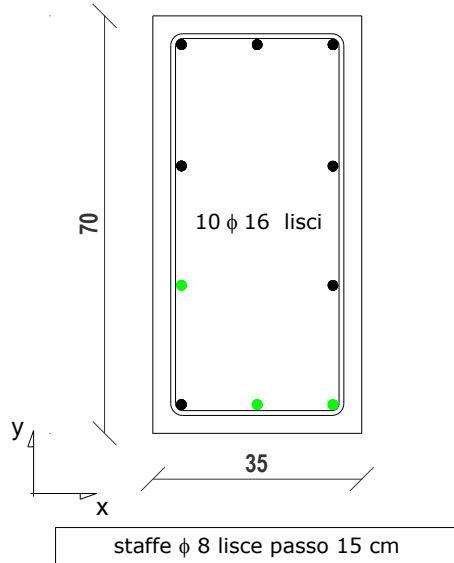

codice	P 31	Piano/livello	Interrato
 <p>ULTERIORI PROVE ESEGUITE SULLO STESSO ELEMENTO: CP 31</p>			
			



codice	P 34	Piano/livello	Interrato
<p>40</p> <p>30</p> <p>8φ14 lisci</p> <p>staffe <math>\phi</math> 8 lisce passo 15 cm</p> <p>ULTERIORI PROVE ESEGUITE SULLO STESSO ELEMENTO: BP 34</p>			

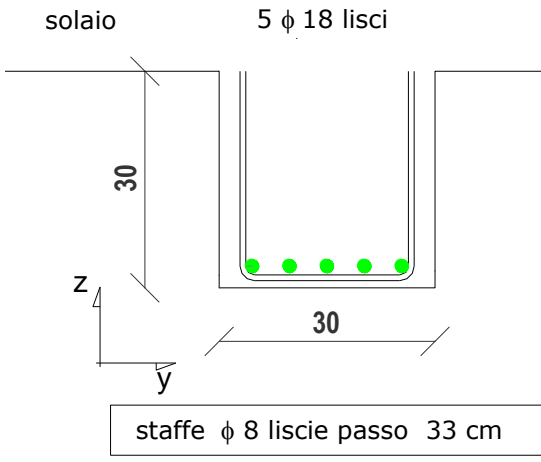

codice	P 38	Piano/livello	Interrato
<p>35</p> <p>45</p> <p>6 <math>\phi</math> 16+2 <math>\phi</math> 14 lisci</p> <p>staffe <math>\phi</math> 8 lisce passo 15 cm</p>			

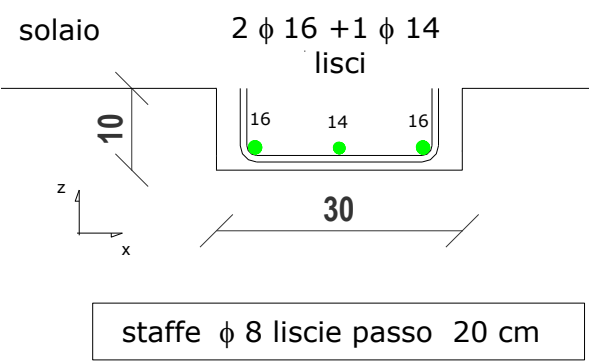

codice	P 39	Piano/livello	Interrato
 <p>Diagram of a square column cross-section with side length 30 cm. It contains 4 <math>\phi 14</math> bars and stirrups of <math>\phi 8</math> with a spacing of 15 cm. A coordinate system (x, y) is shown at the bottom left.</p>		 <p>Photograph of a square column on the ground floor. A white marker with the number '27' is visible on the column. A person in a blue shirt and orange safety vest is working on the column.</p>	

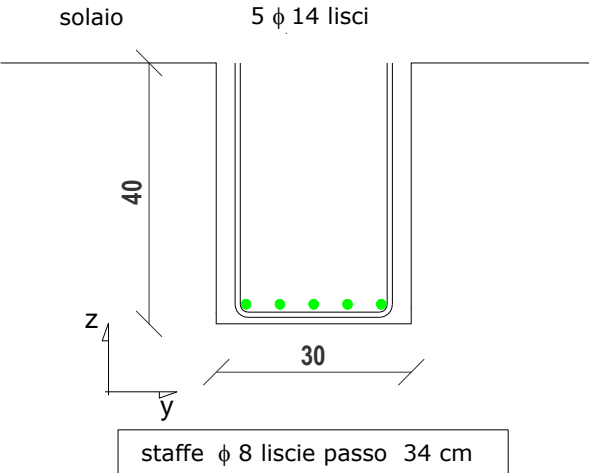

codice	P 47	Piano/livello	Interrato
 <p>Diagram of a rectangular column cross-section with height 70 cm and width 35 cm. It contains 10 <math>\phi 16</math> bars and stirrups of <math>\phi 8</math> with a spacing of 15 cm. A coordinate system (x, y) is shown at the bottom left.</p>		 <p>Photograph of a rectangular column on the ground floor. A person's hand is pointing at the column. The column has some markings on it.</p>	
<p>ULTERIORI PROVE ESEGUITE SULLO STESSO ELEMENTO: CP47</p>			

codice	P 8-9	Piano/livello	Interrato

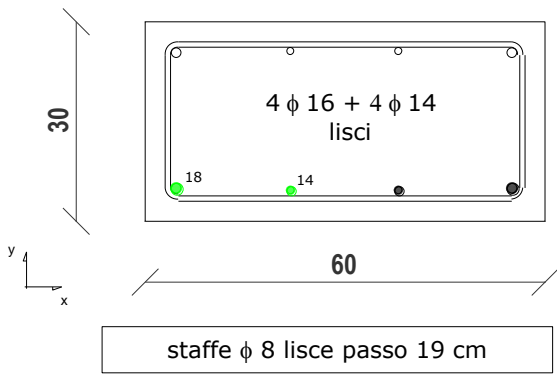



codice	P 8-20	Piano/livello	Interrato
<p>ULTERIORI PROVE ESEGUITE SULLO STESSO ELEMENTO: CT 8-20</p>			

codice	P 17-18	Piano/livello	Interrato
<p>solaio</p> <p>5 <math>\phi</math> 18 lisci</p>  <p>30</p> <p>z</p> <p>y</p> <p>30</p> <p>staffe <math>\phi</math> 8 liscie passo 33 cm</p> <p>ULTERIORI PROVE ESEGUITE SULLO STESSO ELEMENTO: CT 17-18</p>			



codice	P 25-36	Piano/livello	Interrato
<p>solaio</p> <p>2 <math>\phi</math> 16 + 1 <math>\phi</math> 14 lisci</p>  <p>10</p> <p>z</p> <p>x</p> <p>30</p> <p>16 14 16</p> <p>staffe <math>\phi</math> 8 liscie passo 20 cm</p>			

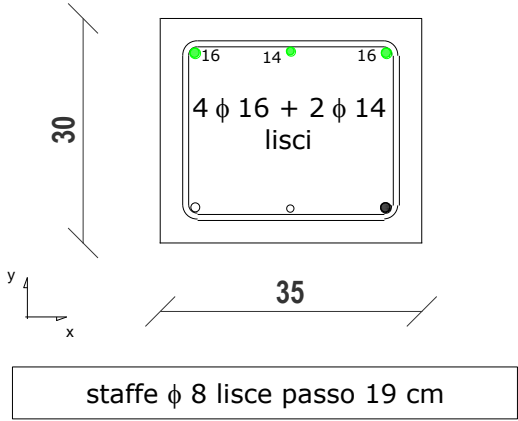

codice	P 46-47	Piano/livello	Interrato
<p>solaio 5 <math>\phi</math> 14 lisci</p>  <p>staffe <math>\phi</math> 8 liscie passo 34 cm</p> <p>ULTERIORI PROVE ESEGUITE SULLO STESSO ELEMENTO: CT 46-47</p>			

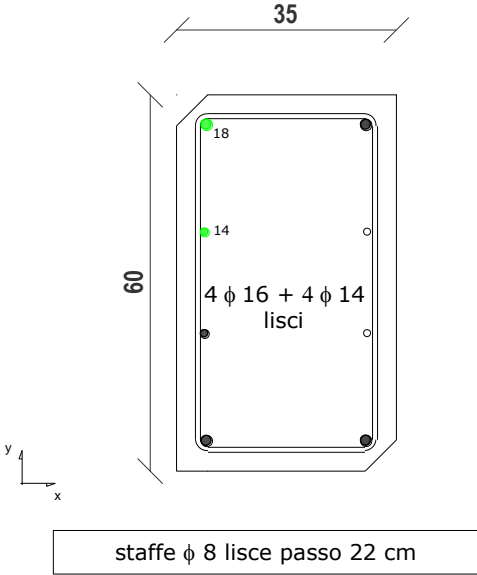



### 2.2.2 DETTAGLIO DELLE INDAGINI PACOMETRICHE ESEGUITE AL PIANO TERRA

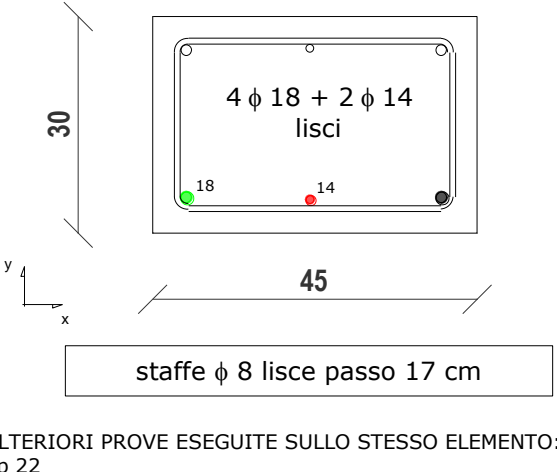

codice	P 8	Piano/livello	terra
	 <p>ULTERIORI PROVE ESEGUITE SULLO STESSO ELEMENTO: Cp 8</p>		
			

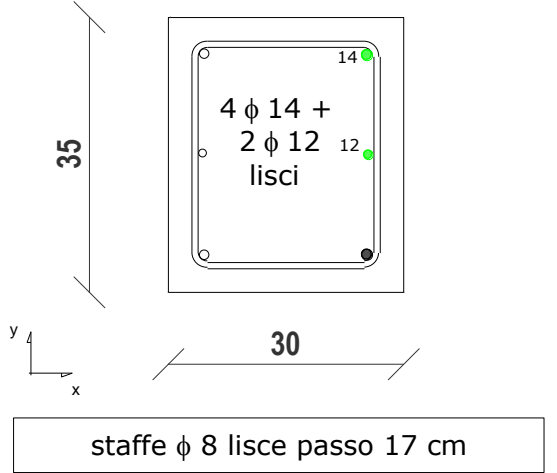



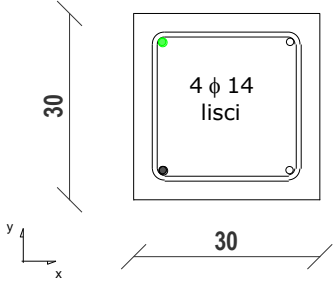

codice	P 8-SB	Piano/livello	terra
			
<p><b>NOTA</b> è stata eseguita prima un'indagine pacometrica sulla parete 8-sb, che non ha rilevato presenza di armatura ed un successivo saggio visivo che evidenzia presenza di muratura realizzata con blocchi di tufo</p>			

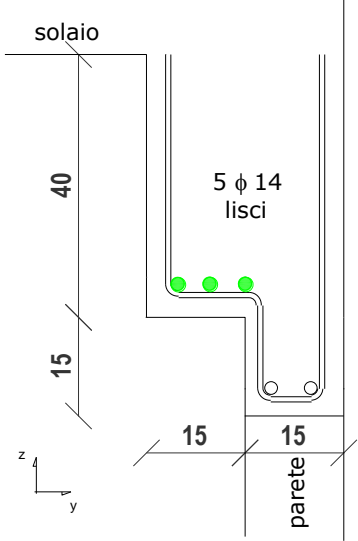

codice	P 9	Piano/livello	terra
			
<p><b>NOTA</b> L'indagine pacometrica è stata erroneamente denominata P65. La corretta denominazione è P9.</p>			

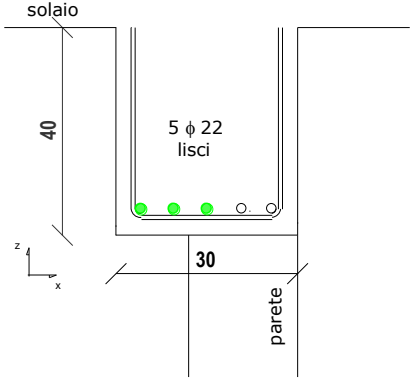

codice	P 20	Piano/livello	terra
 <p>35</p> <p>60</p> <p>18</p> <p>14</p> <p>4 <math>\phi</math> 16 + 4 <math>\phi</math> 14 lisce</p> <p>y</p> <p>x</p> <p>staffe <math>\phi</math> 8 lisce passo 22 cm</p> <p>ULTERIORI PROVE ESEGUITE SULLO STESSO ELEMENTO: Cp 20</p>			
			
<p><b>NOTA</b> il pilastro presenta una forma geometrica non regolare</p>			

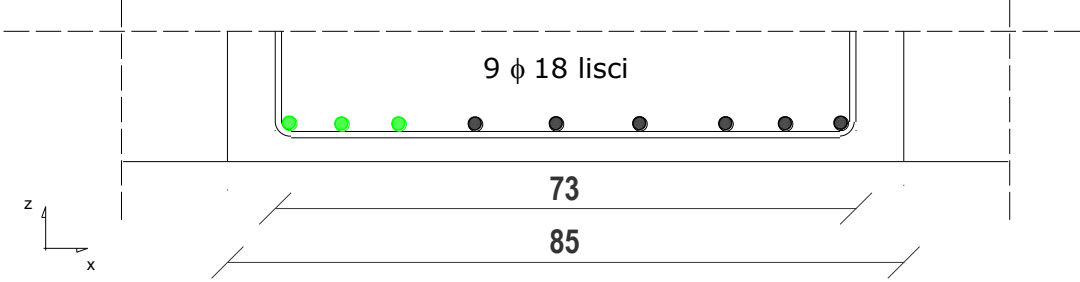
codice	P 22	Piano/livello	terra
	 <p>4 <math>\phi</math> 18 + 2 <math>\phi</math> 14 lisci</p> <p>30</p> <p>45</p> <p>staffe <math>\phi</math> 8 lisce passo 17 cm</p> <p>ULTERIORI PROVE ESEGUITE SULLO STESSO ELEMENTO: Bp 22</p>		

codice	P 29	Piano/livello	terra
	 <p>4 <math>\phi</math> 14 + 2 <math>\phi</math> 12 lisci</p> <p>35</p> <p>30</p> <p>staffe <math>\phi</math> 8 lisce passo 17 cm</p>		

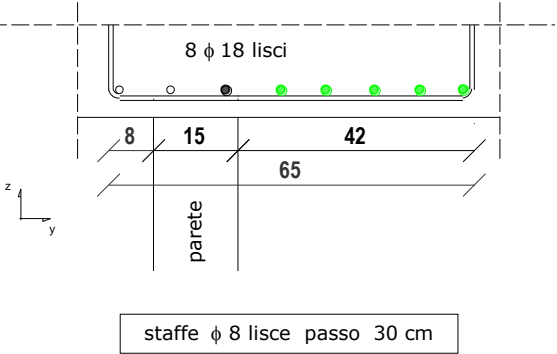

codice	P 33	Piano/livello	terra
 <p data-bbox="231 683 654 728">staffe <math>\phi</math> 8 lisce passo 18 cm</p> <p data-bbox="183 750 694 806">ULTERIORI PROVE ESEGUITE SULLO STESSO ELEMENTO: Cp 33</p>			

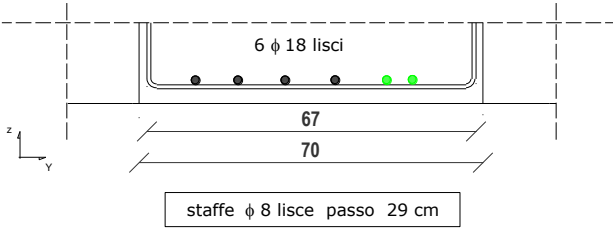

codice	P 2-3	Piano/livello	terra
 <p data-bbox="255 1556 646 1601">staffe <math>\phi</math> 8 lisce passo 30 cm</p> <p data-bbox="175 1624 710 1680">ULTERIORI PROVE ESEGUITE SULLO STESSO ELEMENTO: Ct 2-3</p>			

codice	P 8-20	Piano/livello	terra
 <p data-bbox="331 750 606 779">staffe <math>\phi</math> 8 lisce passo 31 cm</p> <p data-bbox="252 801 670 840">ULTERIORI PROVE ESEGUITE SULLO STESSO ELEMENTO: Ct 8-20</p>			

codice	P 22-45	Piano/livello	terra
 <p data-bbox="558 1344 1037 1384">staffe <math>\phi</math> 8 lisce passo 31 cm</p>			

	
---	--

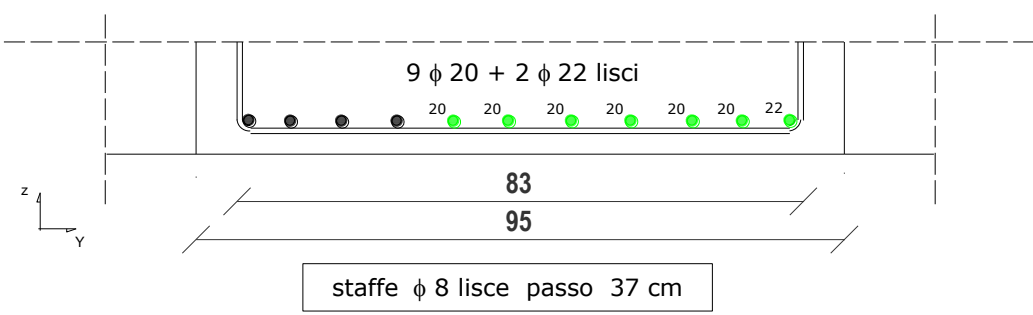


codice	P 30-31	Piano/livello	terra
			

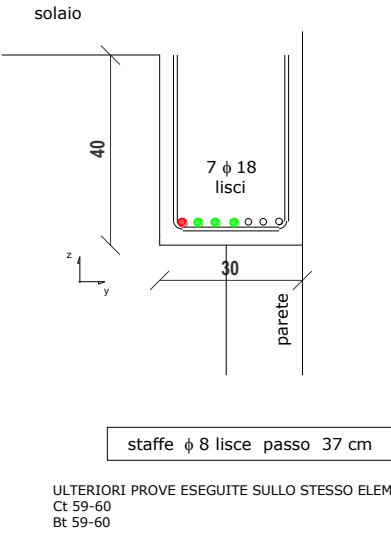



codice	P 42-43	Piano/livello	terra
			

**NOTA** le barre longitudinali presentano un passo irregolare





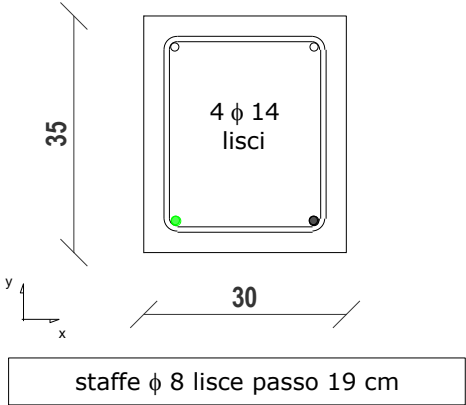

codice	P 45-46	Piano/livello	terra
			

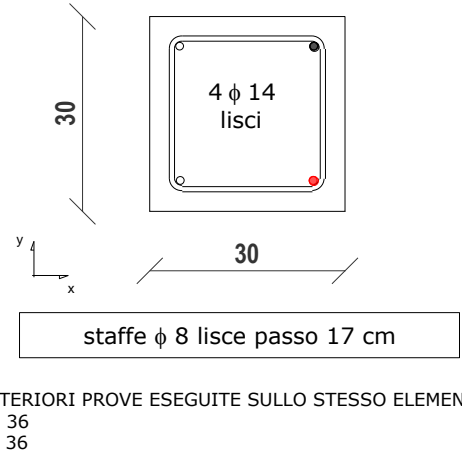

codice	P 46-47	Piano/livello	terra
			
			

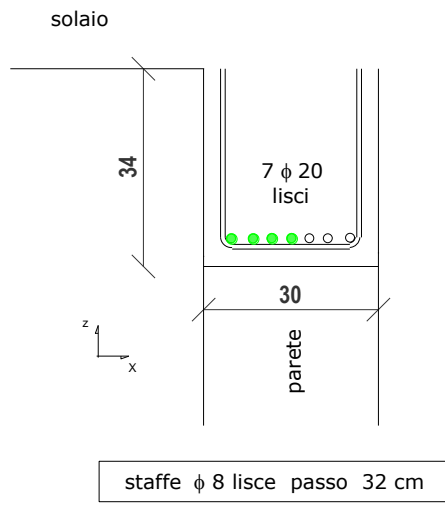

codice	P 59-60	Piano/livello	terra
 <p>staffe <math>\phi</math> 8 lisce passo 37 cm</p> <p>ULTERIORI PROVE ESEGUITE SULLO STESSO ELEMENTO: Ct 59-60 Bt 59-60</p>			
			

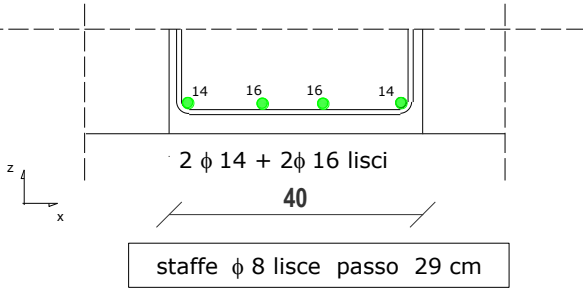

**2.2.3 DETTAGLIO DELLE INDAGINI PACOMETRICHE ESEGUITE AL PIANO PRIMO**

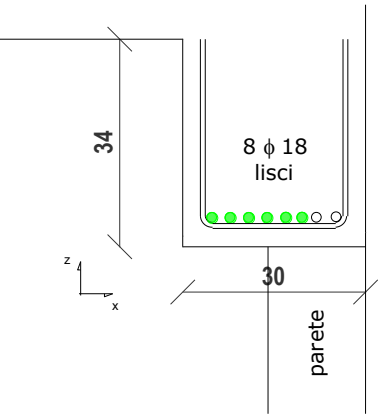

codice	P 12	Piano/livello	primo
	 <p>35</p> <p>6 <math>\phi</math> 14 lisci</p> <p>30</p> <p>staffe <math>\phi</math> 8 lisce passo 17 cm</p> <p>ULTERIORI PROVE ESEGUITE SULLO STESSO ELEMENTO: Cp 12</p>		

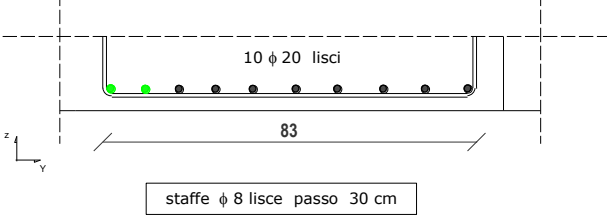

codice	P 29	Piano/livello	primo
	 <p>35</p> <p>4 <math>\phi</math> 14 lisci</p> <p>30</p> <p>staffe <math>\phi</math> 8 lisce passo 19 cm</p> <p>ULTERIORI PROVE ESEGUITE SULLO STESSO ELEMENTO: Cp 29</p>		

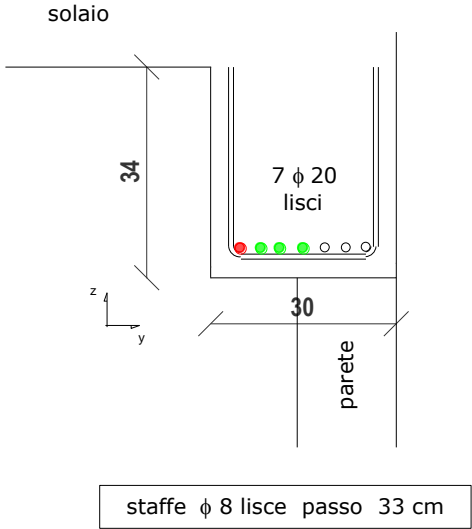

codice	P 36	Piano/livello	primo
 <p>ULTERIORI PROVE ESEGUITE SULLO STESSO ELEMENTO: Cp 36 Bp 36</p>			

codice	P 4-18	Piano/livello	primo
 <p>ULTERIORI PROVE ESEGUITE SULLO STESSO ELEMENTO: Ct 4-18</p>			

odice	P 25-36	Piano/livello	primo
 <p>2 <math>\phi</math> 14 + 2 <math>\phi</math> 16 lisci 40 staffe <math>\phi</math> 8 liscie passo 29 cm</p>			

codice	P 27-51	Piano/livello	primo
 <p>solaio 34 30 parete 8 <math>\phi</math> 18 lisci staffe <math>\phi</math> 8 liscie passo 33 cm</p> <p>ULTERIORI PROVE ESEGUITE SULLO STESSO ELEMENTO: Ct 27-51</p>			

codice	P 46-47	Piano/livello	primo
 <p>10 <math>\phi</math> 20 lisci</p> <p>83</p> <p>staffe <math>\phi</math> 8 lisce passo 30 cm</p>			

codice	P 48-49	Piano/livello	primo
 <p>solaio</p> <p>34</p> <p>30</p> <p>parete</p> <p>7 <math>\phi</math> 20 lisci</p> <p>staffe <math>\phi</math> 8 lisce passo 33 cm</p> <p>ULTERIORI PROVE ESEGUITE SULLO STESSO ELEMENTO: Ct 48-49 Bt 48-69</p>			

**NOTA** l'indagine pacometrica è stata erroneamente denominata P 68-69, la corretta denominazione è P 48-49



### **3 SAGGI SUI SOLAI**

#### **3.1 GENERALITÀ**

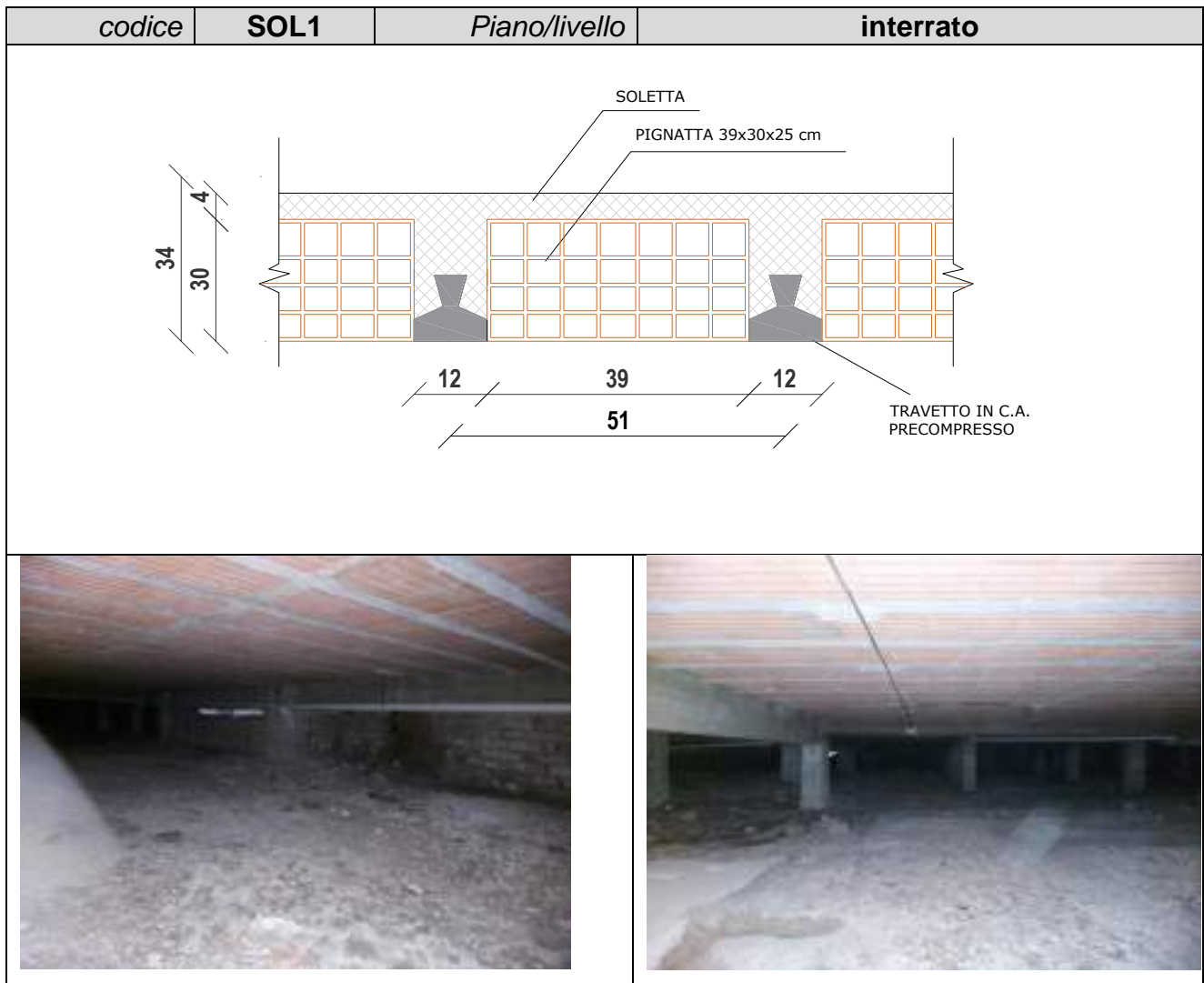
Sono stati eseguiti saggi diretti sui solai mediante l'impiego di tecniche distruttive e non al fine di individuarne la tipologia strutturale e ricostruirne una sezione trasversale. In alcuni casi sono stati eseguiti fori con trapano o carotatrice accompagnati da indagini endoscopiche. Complessivamente sono stati eseguiti 2 saggi come di seguito dettagliato:

1. SOL1 Saggio su solaio di piano al piano interrato
2. SOL3 Saggio su solaio di piano al piano primo

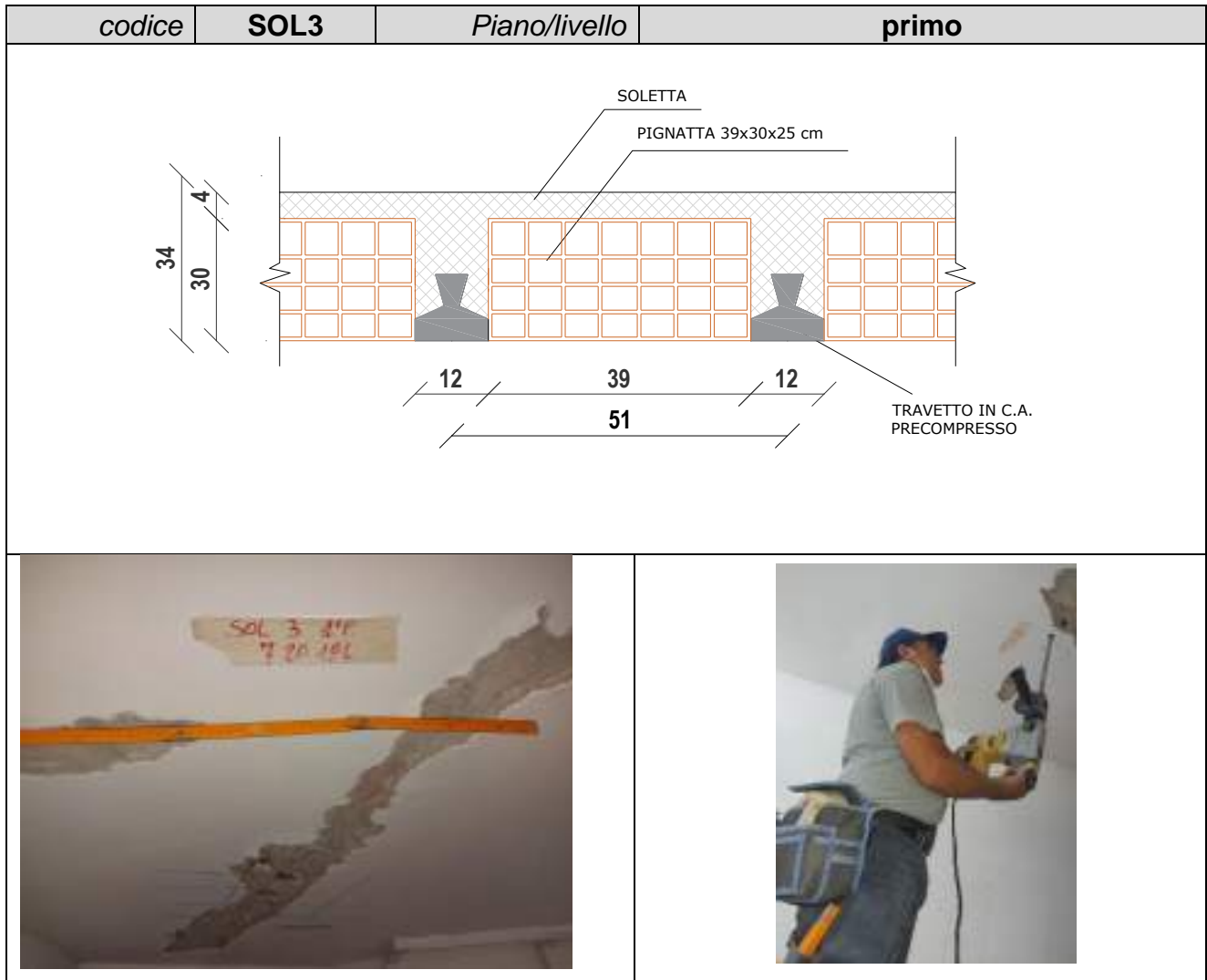
### 3.2 RISULTATI DELLE PROVE

Di seguito si riportano, in schede monografiche i risultati conseguiti dalle indagini. Per la simbologia adottata per le armature si faccia riferimento a quanto indicato nella **Errore**. L'origine riferimento non è stata trovata..

#### 3.2.1 DETTAGLIO DEI SAGGI SUI SOLAI ESEGUITE AL PIANO INTERRATO



### 3.2.2 DETTAGLIO DEI SAGGI SUI SOLAI ESEGUITE AL PIANO PRIMO



## **4 PROVE SU CALCESTRUZZO**

### **4.1 GENERALITÀ**

Per la valutazione dello stato di conservazione e delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo sono stati effettuati, tramite carotaggio, prelievi di campioni dai vari elementi strutturali (travi e pilastri).

Complessivamente sono state eseguiti n°22 carotaggi con corona di diametro pari a 100 mm sugli elementi strutturali indicati nelle planimetrie, prelevando da ciascuno di essi una carota su cui sono state effettuate le successive indagini per la valutazione dello stato di conservazione (prove di carbonatazione) e della resistenza meccanica allo schiacciamento (prove di compressione in laboratorio).

Effettuato il prelievo, a completamento delle indagini, tutti i fori sono stati ripristinati con malta tissotropica premiscelata antiritiro per il ripristino del cls e finitura superficiale con intonaco pronto.

con intonaco pronto.

### **4.2 PRELIEVO DI CAMPIONI E PROVE DI CARBONATAZIONE**

Le prove di carbonatazione vengono eseguite per la determinazione dello spessore carbonatato di sezioni in calcestruzzo, direttamente in situ oppure su campioni estratti. Si tratta di una prova colorimetrica eseguibile ricoprendo la superficie con una soluzione chimica, detta *fenolftaleina*. La soluzione di fenolftaleina subisce un cambiamento di colore, passando dal bianco trasparente al rosso violetto quando la superficie risulta non carbonatata (materiali il cui pH è maggiore di circa 9,2); contrariamente nella superficie carbonatata la soluzione non varia, mantenendo il colore trasparente (valori di pH minori di 9,2).

La verifica della presenza di uno spessore carbonatato su campioni estratti dalle strutture è stata eseguita secondo le prescrizioni fornite dalla norma UNI 9944/92, con l'utilizzazione come indicatore chimico di una soluzione acquosa di fenolftaleina all'1% in alcool etilico.

La soluzione è stata applicata direttamente su tutti i campioni di cls prelevati, secondo i piani normali alla superficie esposta all'aria.

Di seguito si riporta una tabella riepilogativa dei campioni di cls prelevati con l'indicazione della profondità di carbonatazione misurate.

<b>SIGLA CAMPIONE</b>	<b>DATA PRELIEVO</b>	<b>UBICAZIONE</b>	<b>LUNGHEZZA DELLA CAROTA (mm)</b>	<b>DIAMETRO CAROTA (mm)</b>	<b>LUNGHEZZA DI CARBONATAZIONE (cm)</b>
<b>CP 17 INT</b>	17/9/2021	Pilastro 17 Piano Interrato	200	100	7.0
<b>CP 31 INT</b>	17/9/2021	Pilastro 31 Piano Interrato	180	100	6.5
<b>CP 47 INT</b>	17/9/2021	Pilastro 47 Piano Interrato	180	100	8.5
<b>CP 24 INT</b>	17/9/2021	Pilastro 24 Piano Interrato	200	100	16.0
<b>CT 17-18 INT</b>	17/9/2021	Trave 17-18 Piano Interrato	200	100	5.0
<b>CT 46-47 INT</b>	17/09/2021	Trave 46-47 Piano Interrato	210	100	12.0
<b>CT 8-20 INT</b>	17/09/2021	Trave 8-20 Piano Interrato	160	100	11.0
<b>CT 7-8 INT</b>	17/09/2021	Trave 7-8 Piano Interrato	180	100	6.0
<b>CP 33 PT</b>	15/9/2021	Pilastro 33 Piano terra	200	100	4.0
<b>CP 39 PT</b>	15/9/2021	Pilastro 39 Piano terra	220	100	4.0
<b>CT 45-46 PT</b>	15/9/2021	Pilastro 45-46 Piano terra	180	100	3.0
<b>CT 59-60 PT</b>	15/9/2021	Trave 59-60 Piano terra	180	100	5.0
<b>CT 2-3 PT</b>	16/9/2021	Trave 2-3 Piano terra	190	100	0.0
<b>CT 8-20 PT</b>	16/9/2021	Trave 8-20 Piano terra	160	100	2.0
<b>CP 8 PT</b>	16/9/2021	Pilastro 8 Piano terra	180	100	7.0
<b>CP 20 PT</b>	16/9/2021	Pilastro 20 Piano terra	170	100	5.0
<b>CT 27-51 1°P</b>	17/09/21	Trave 27-51 Piano primo	180	100	4.0
<b>CT 4-18 1°P</b>	17/09/21	Trave 4-18 Piano primo	160	100	0.0
<b>CT 48-49 1°P *1</b>	17/09/21	Trave 48-49 Piano primo	180	100	5.0

Procedura aperta per l'affidamento di servizi professionali finalizzati alle verifiche di vulnerabilità sismica di n. 333 edifici scolastici di proprietà comunale ubicati nel territorio delle 10 municipalità.

VII Municipalità

7.20.191 - I.C. 80 C.D.BERLINGUER - Plesso Materna



Pagina 33

<b>CP 36 1°P</b>	17/09/21	Pilastro 36 Piano primo	190	100	2.5
<b>CP 12 1°P</b>	17/09/21	Pilastro 12 Piano primo	190	100	3.0
<b>CP 29 1°P</b>	17/09/21	Pilastro 29 Piano primo	200	100	1.0



\*IL CAROTAGGIO E' STATO ERRONEMANTE DENOMINTAO CT68-69 ANCHE NEL CERTIFICATO DI LABORATORIO, LA CORRETTA DENOMINAZIONE E' CT 48-49





**4.2.1 DETTAGLI DEI CAROTAGGI E DELLE PROVE DI CARBONATAZIONE ESEGUITI AL PIANO INTERRATO**

<i>codice</i>	<b>CP 17</b>	<i>Piano/livello</i>	<b>Interrato</b>
			
	<i>carbonatazione</i>		<b>7.0 cm</b>

<i>codice</i>	<b>CP 24</b>	<i>Piano/livello</i>	<b>Interrato</b>
			
	<i>carbonatazione</i>		<b>16.0 cm</b>



<i>codice</i>	<b>CP 31</b>	<i>Piano/livello</i>	<b>Interrato</b>
			
	<i>carbonatazione</i>		<b>6.5 cm</b>



<i>codice</i>	<b>CP 47</b>	<i>Piano/livello</i>	<b>Interrato</b>
			
	<i>carbonatazione</i>		<b>8.5 cm</b>

<i>codice</i>	<b>CT 7-8</b>	<i>Piano/livello</i>	<b>Interrato</b>
			
	<i>carbonatazione</i>		<b>6.0 cm</b>



<i>codice</i>	<b>CT 8-20</b>	<i>Piano/livello</i>	<b>Interrato</b>
			
	<i>carbonatazione</i>		<b>11.0 cm</b>





<i>codice</i>	<b>CT 17-18</b>	<i>Piano/livello</i>	<b>Interrato</b>
			
	<i>carbonatazione</i>		<b>12.0 cm</b>



<i>codice</i>	<b>CT 46-47</b>	<i>Piano/livello</i>	<b>Interrato</b>
			
	<i>carbonatazione</i>		<b>12.0 cm</b>

**4.2.2 DETTAGLI DEI CAROTAGGI E DELLE PROVE DI CARBONATAZIONE ESEGUITI AL PIANO TERRA**



codice	CP 8	Piano/livello	terra
			
	<i>carbonatazione</i>		<b>7.0 cm</b>



codice	CP 20	Piano/livello	terra
			
	<i>carbonatazione</i>		<b>5.0 cm</b>



<i>codice</i>	<b>CP 33</b>	<i>Piano/livello</i>	<b>terra</b>
			
	<i>carbonatazione</i>		<b>4.0 cm</b>



<i>codice</i>	<b>CP 39</b>	<i>Piano/livello</i>	<b>terra</b>
			
	<i>carbonatazione</i>		<b>4.0 cm</b>



<i>codice</i>	<b>CT 2-3</b>	<i>Piano/livello</i>	<b>terra</b>
			
	<i>carbonatazione</i>		<b>0.0 cm</b>



<i>codice</i>	<b>CT 8-20</b>	<i>Piano/livello</i>	<b>terra</b>
			
	<i>carbonatazione</i>		<b>2.0 cm</b>



<i>codice</i>	<b>CT 45-46</b>	<i>Piano/livello</i>	<b>terra</b>
			
	<i>carbonatazione</i>		<b>3.0 cm</b>



<i>codice</i>	<b>CT 59-60</b>	<i>Piano/livello</i>	<b>terra</b>
			
	<i>carbonatazione</i>		<b>5.0 cm</b>



**4.2.3 DETTAGLI DEI CAROTAGGI E DELLE PROVE DI CARBONATAZIONE ESEGUITI AL PRIMO PIANO**



codice	CP 12	Piano/livello	primo
			
	<i>carbonatazione</i>		<b>3 cm</b>

codice	CP 29	Piano/livello	primo
			
	<i>carbonatazione</i>		<b>1.0 cm</b>

<i>codice</i>	<b>CP 36</b>	<i>Piano/livello</i>	<b>primo</b>
			
	<i>carbonatazione</i>		<b>2.5 cm</b>

<i>codice</i>	<b>CT 4-18</b>	<i>Piano/livello</i>	<b>primo</b>
			
	<i>carbonatazione</i>		<b>0 cm</b>

<i>codice</i>	<b>CT 27-51</b>	<i>Piano/livello</i>	<b>primo</b>
			
	<i>carbonatazione</i>		<b>4.0 cm</b>

<i>codice</i>	<b>CT 48-49</b>	<i>Piano/livello</i>	<b>primo</b>
			
	<i>carbonatazione</i>		<b>5.0 cm</b>

NOTA il prelievo di cls è stato erroneamente denominato CT68-69, la corretta denominazione è CT48-49



#### 4.3 PROVE DI COMPRESSIONE IN LABORATORIO

La prova su carote di calcestruzzo è un metodo distruttivo che consente di stimare il valore della resistenza a compressione di un conglomerato cementizio attraverso prove di compressione effettuate in laboratorio su provini cilindrici (carote) prelevati in sito mediante macchina carotatrice.

Le carote estratte sono state trasferite presso il laboratorio L&R di Catenanuova, autorizzato ai sensi dell'ex art 59 del D.P.R. n° 380/01 per l'effettuazione di prove su materiali da costruzione con decreto n° 0000160 del 02/08/2016 – Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici – STC, per essere sottoposte a prove di rottura a compressione semplice.

A tal fine da tutte le carote estratte è stato ricavato, mediante taglio con sega circolare con disco diamantato, n.1 provino cilindrico con rapporto h/d = 1 per ciascuna carota.

Tali campioni sono stati successivamente sottoposti a prova di rottura a compressione per la determinazione della resistenza del conglomerato cementizio.

I risultati ottenuti in laboratorio sulle carote di cls sono riportati nel Cert. n° 1137/21-e del 08/11/2021 allegato, rilasciato dalla scrivente L&R Laboratori e Ricerche S.r.l., e vengono riepilogati nella seguente tabella:

<b>SIGLA CAMPIONE</b>	<b>UBICAZIONE</b>	<b>DIAMETRO PROVINO (mm)</b>	<b>ALTEZZA PROVINO (mm)</b>	<b>MASSA VOLUMICA (Kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>RESIST. A COMPR. (N/mm<sup>2</sup>)</b>
<b>CP 17 INT</b>	Pilastro 17 Piano Interrato	94	94	2232	26.9
<b>CP 31 INT</b>	Pilastro 31 Piano Interrato	94	94	2227	19.5
<b>CP 47 INT</b>	Pilastro 47 Piano Interrato	94	94	2140	18.2
<b>CP 24 INT</b>	Pilastro 24 Piano Interrato	94	94	2163	20.1
<b>CT 17-18 INT</b>	Trave 17-18 Piano Interrato	94	94	2350	39.3
<b>CT 46-47 INT</b>	Trave 46-47 Piano Interrato	94	94	2212	24.8
<b>CT 8-20 INT</b>	Trave 8-20 Piano Interrato	94	94	2201	23.9
<b>CT 7-8 INT</b>	Trave 7-8 Piano Interrato	94	94	2287	28.5
<b>CP 33 PT</b>	Pilastro 33 Piano terra	94	94	2266	26.9



<b>CP 39 PT</b>	Pilastro 39 Piano terra	94	94	2158	22.3
<b>CT 45-46 PT</b>	Pilastro 45-46 Piano terra	94	94	2350	39.8
<b>CT 59-60 PT</b>	Trave 59-60 Piano terra	94	94	2235	29.8
<b>CT 2-3 PT</b>	Trave 2-3 Piano terra	94	94	2332	34.8
<b>CT 8-20 PT</b>	Trave 8-20 Piano terra	94	94	2131	26.1
<b>CP 8 PT</b>	Pilastro 8 Piano terra	94	94	2160	22.1
<b>CP 20 PT</b>	Pilastro 20 Piano terra	94	94	2206	22.4
<b>CT 27-51 1°P</b>	Trave 27-51 Piano primo	94	94	2232	23.2
<b>CT 4-18 1°P</b>	Trave 4-18 Piano primo	94	94	2099	23.1
<b>CT 48-49 1°P *1</b>	Trave 48-49 Piano primo	94	94	2158	28.6
<b>CP 36 1°P</b>	Pilastro 36 Piano primo	94	94	2309	22.1
<b>CP 12 1°P</b>	Pilastro 12 Piano primo	94	94	2250	26.1
<b>CP 29 1°P</b>	Pilastro 29 Piano primo	94	94	2223	21.4

\*1 IL CAROTAGGIO E' STATO ERRONEMANTE DENOMINTAO CT68-69 ANCHE NEL CERTIFICATO DI LABORATORIO, LA CORRETTA DENOMINAZIONE E' CT 48-49.

## 5 ESTRAZIONE DI BARRE D'ARMATURA

### 5.1 GENERALITÀ

Al fine di verificare lo stato di conservazione ed il mantenimento delle originarie caratteristiche meccaniche sono state estratte n°6 barre di armatura da diversi elementi strutturali, delle quali si esplicitano le caratteristiche nella seguente tabella:



<b>SIGLA CAMPIONE</b>	<b>PIANO</b>	<b>DATA PRELIEVO</b>	<b>UBICAZIONE</b>	<b>DIAMETRO PROVINO (mm)</b>
<b>BP 34 INT</b>	Interrato	17/09/2021	Pilastro 34	14
<b>BT 20-21 INT</b>	Interrato	17/09/2021	Trave 20-21	20
<b>BP 22 PT</b>	Terra	15/09/2021	Pilastro 22	14
<b>BT 59-60 PT</b>	Terra	15/09/2021	Trave 59-60	18
<b>BP 36 1°P</b>	Primo	17/09/2021	Pilastro 36	14
<b>BT 48-49*1 1°P</b>	Primo	17/09/2021	Trave 48-49	20

\*1 IL PRELIEVO DI BARRA È STATO ERRONEAMENTE DENOMINATO BT68-69, LA CORRETTA DENOMINAZIONE È BT48-49.

Il prelievo di barre d'armatura è stato eseguito mediante l'impiego di:

- Martello demolitore per frantumazione cls;
- Smerigliatrice elettrica con disco per taglio acciaio;
- Saldatrice elettrica a resistenza per ripristino della barra estratta.

### 5.1.1 DETTAGLI DEI PRELIEVI DI BARRA ESEGUITI AL PIANO INTERRATO

<i>codice</i>	<b>BP 34</b>	<i>Piano/livello</i>	<b>Interrato</b>
			
<i>diametro</i>	<b>14 mm liscio</b>		

<i>codice</i>	<b>BT 20-21</b>	<i>Piano/livello</i>	<b>Interrato</b>
			
<i>diametro</i>	<b>20 mm liscio</b>		

### 5.1.2 DETTAGLI DEI PRELIEVI DI BARRA ESEGUITI AL PIANO TERRA

<i>codice</i>	<b>BP 22</b>	<i>Piano/livello</i>	<b>Terra</b>
			
	<b>Diametro</b>		<b>14 mm liscio</b>

<i>codice</i>	<b>BT 59-60</b>	<i>Piano/livello</i>	<b>Terra</b>
			
	<b>Diametro</b>		<b>18 mm liscio</b>

**5.1.3 DETTAGLI DEI PRELIEVI DI BARRA ESEGUITI AL PIANO PRIMO**

<i>codice</i>	<b>BP 36</b>	<i>Piano/livello</i>	<b>Primo</b>
			
	<b>Diametro</b>		<b>14 liscio</b>

<i>codice</i>	<b>BT 48-49</b>	<i>Piano/livello</i>	<b>Primo</b>
			
	<b>Diametro</b>		<b>20 liscio</b>

NOTA il prelievo di barra è stato erroneamente denominato BT68-69, la corretta denominazione è BT48-49

## 5.2 RISULTATI DI LABORATORIO

Le barre di armatura estratte sono state trasferite presso il laboratorio L&R di Catenanuova, autorizzato ai sensi dell'ex art 59 del D.P.R. n° 380/01 per l'effettuazione di prove su materiali da costruzione con decreto n° 0000160 del 02/08/2016 – Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici – STC, per essere sottoposte a prova di rottura a trazione semplice.

I risultati ottenuti in laboratorio sono riportati nei Cert. n° 1137/21/f del 08/11/2021 rilasciati dalla scrivente L&R Laboratori e Ricerche S.r.l. vengono riepilogati nella seguente tabella:

SIGLA CAMPIONE	UBICAZIONE	DIAMETRO PROVINO (mm)	TENSIONE DI SNERVAMENTO (N/mm <sup>2</sup> )	TENSIONE DI ROTTURA (N/mm <sup>2</sup> )
BP 34 INT	Pilastro 34 Piano interrato	14	351.00	492.43
BT 20-21 INT	Trave 20-21 Piano interrato	20	471.30	580.54
BP 22 PT	Pilastro 22 Piano terra	14	400.20	565.33
BT 59-60 PT	Trave 59-60 Piano terra	18	363.90	526.23
BP 36 1°P	Pilastro 36 Piano primo	14	383.20	541.93
BT 48-49 <sup>*1</sup> 1°P	Trave 48-49 Piano primo	20	381.60	508.83

<sup>\*1</sup> IL PRELIEVO DI BARRA È STATO ERRONEAMENTE DENOMINATO BT68-69, ANCHE NEL CERTIFICATO DI LABORATORIO. LA CORRETTA DENOMINAZIONE È BT48-49.

## 6 ULTERIORI INDAGINI

### 6.1 GENERALITÀ

Sono stati eseguiti ulteriori saggi diretti su elementi strutturali e non al fine di accertare dettagli costruttivi della struttura. In particolare sono stati eseguite:

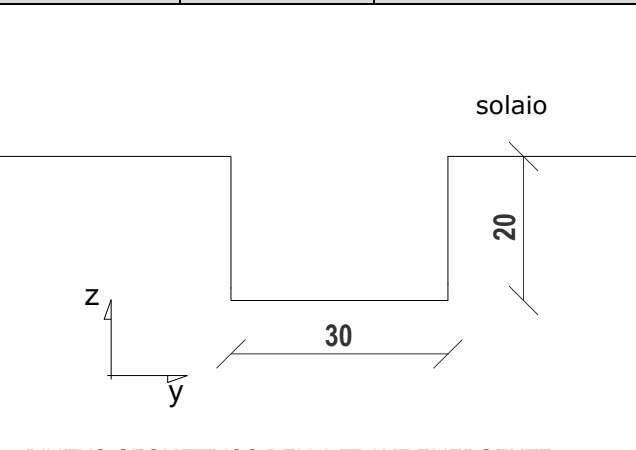

1. M1 Saggio sulla muratura, piano interrato
2. R1 Rilievo geometrico trave 42-43 piano interrato
3. R2 Rilievo geometrico pilastro 43 piano interrato
4. R3 Rilievo geometrico trave 32-44 piano interrato
5. R4 Rilievo orditura solaio
6. R5 Rilievo geometrico trave 19-33 piano interrato
7. R6 Rilievo geometrico collegamento pilastro 33-19 piano terra
8. M2 Saggio sulla muratura, piano terra.

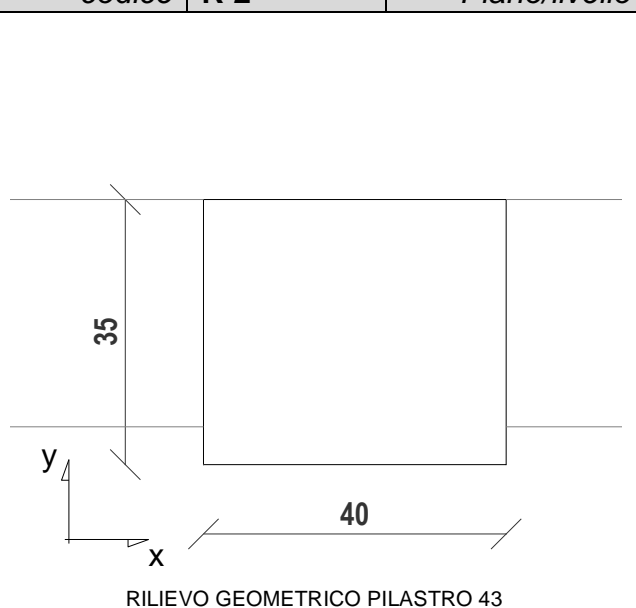
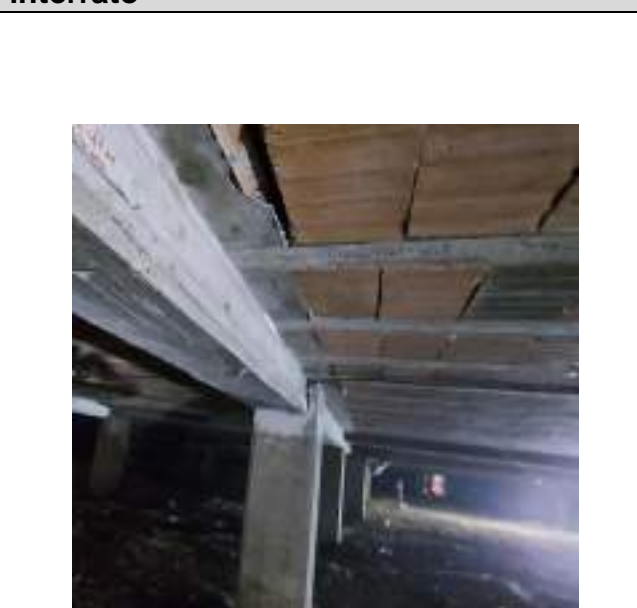


## 6.2 RISULTATI DELLE PROVE

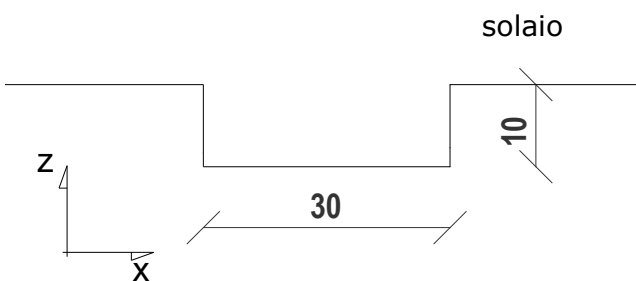

Di seguito si riportano, in schede monografiche i risultati conseguiti dalle indagini.

### 6.2.1 PIANO INTERRATO

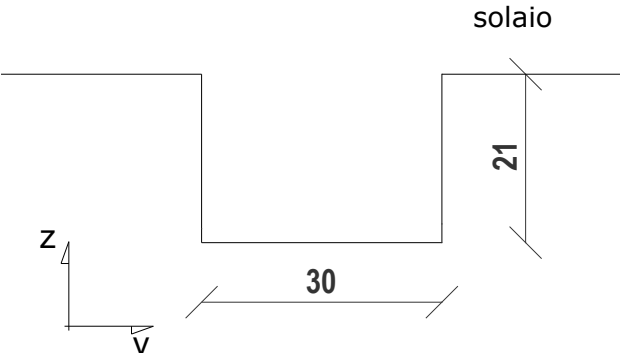

codice	R1	Piano/livello	interrato
	 <p>RILIEVO GEOMETRICO DELLA TRAVE EMERGENTE 42-43</p>		

codice	R 2	Piano/livello	interrato
	 <p>RILIEVO GEOMETRICO PILASTRO 43</p>		



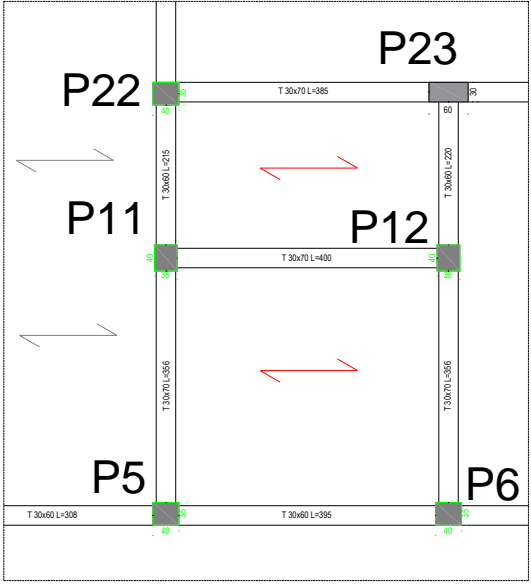

<i>codice</i>	<b>R3</b>	<i>Piano/livello</i>	<b>interrato</b>
 <p>RILIEVO GEOMETRICO DELLA TRAVE EMERGENTE 32-44</p>			

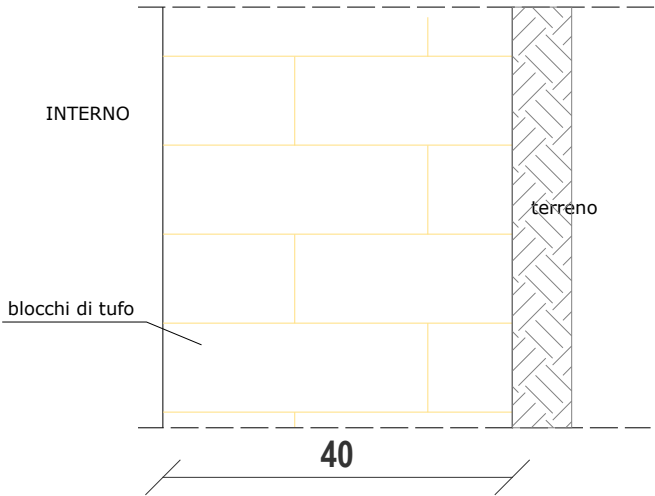

<i>codice</i>	<b>R5</b>	<i>Piano/livello</i>	<b>interrato</b>
<p>L'INDAGINE VISIVA NON MOSTRA LA PRESENZA DELLA TRAVE DI COLLEGAMENTO TRA I PILASTRI 19 E 33</p>			

codice	R4	Piano/livello	interrato
 <p>RILIEVO GEOMETRICO DELLA TRAVE EMERGENTE 11-12</p>			

**Nota alla orditura dei solai incidenti**

E' stata rilevata una orditura dei campi di solai che differisce da quella riportata in carpenteria, in particolare la TRAVE 11-12 è caricata dai campi di solai su di essa incedenti

	
---	--

codice	M1	Piano/livello	interrato
			

**6.2.2 PIANO TERRA**

codice	M2	Piano/livello	terra	corpo	I

codice	R6	Piano/livello	terra

IL SAGGIO VISIVO NON HA MOSTRATO LA PRESENZA DI TRAVI DI COLLEGAMENTO TRA I PIALSTRI 33-19, 33-20 E 33-24.

Rapporto di Prova n° 1137/21-f

Rapporto di Prova composto da n° 4 Pagine

Pagina 1

Verbale di accettazione n° 1137/2021

del 05/10/2021

Il Richiedente Direttore dei Lavori:

Nella richiesta di prova i campioni sono dichiarati provenienti da:

Opera: Indagini finalizzate alle verifiche di vulnerabilità sismica della scuola  
Edificio: I.C. 80 C.D. Berlinguer - Plesso Materna - Traversa Quarta Cassano. Codice scheda 7.20.191

Località: ---

Proprietario: ---

Impresa: ---

N° Provinc: 6

SETTORE ACCIAI	
PROVA DI TRAZIONE E PIEGAMENTO SU CAMPIONI DI ACCIAIO PER CALCESTRUZZO ARMATO	
NORME DI RIFERIMENTO	(UNI EN ISO 8802-1) (UNI EN ISO 15630-1) (UNI EN ISO 7438)

DATI DICHIARATI		
PARTE D'OPERA	VERBALE PRELIEVO	DATA PRELIEVO
Trave 20-21 Piano interrato	---	17/09/2021

RISULTATI DI PROVA													
SIGLA CAMPIONE	DATA PROVA	DIAM. NOMIN. (mm)	SIGLA PROV.	DIAM. EFFETT. (mm)	TENSIONE DI SNERV. (fy) (N/mm <sup>2</sup> )	CARICO DI ROTT. (F)	TENSIONE DI ROTT. (FR) (N/mm <sup>2</sup> )	RAPPORTO fy/fynom	RAPPORTO FR/Fy	ALL. AS %	ALL. Agt %	ESITO PROVA PIEG. (1)	DIAM. MAND. (mm)
BT 20-21 INT.	30/10/2021	20	1	19,66	471,30	176218	590,54	N.D.	N.D.	23,9	13,4	N.D.	N.D.

NOME FERRIERA (ATTESTATO DI QUALIFICAZIONE)	MARCHIO NON RILEVATO IN LABORATORIO	MARCHIO RILEVATO	---
---	-------------------------------------	------------------	-----

(1) ESITO PROVA PIEGAMENTO - A Piegata a 180°; B Piegata a 90° e parziale raddrizzamento di almeno 20°; - (1) Senza cricche; (2) Con cricche

N.D. - NON DETERMINATO

Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio  
Dott. Ing. Salvatore Gnibone

Ing. Vincenzo La Monica



DATI DICHIARATI		
PARTE D'OPERA	VERBALE PRELIEVO	DATA PRELIEVO
Pilastro 34 Piano interrato	—	17/09/2021

RISULTATI DI PROVA													
SIGLA CAMPIONE	DATA PROVA	DIAM. NOMIN. (mm)	SIGLA PROV.	DIAM. EFFETT. (mm)	TENSIONE DI SNERV. (fy) (N/mm²)	CARICO DI ROTT. (N)	TENSIONE DI ROTT. (R) (N/mm²)	RAPPORTO fy/dynom	RAPPORTO R/fy	ALL. AS %	ALL. Agt %	ESITO PROVA PIEG. (1)	DIAM. MAND. (mm)
BP 34 INT.	30/10/2021	14	1	14,33	351,00	79427	492,43	N.D.	N.D.	23,2	13,2	N.D.	N.D.

NOME FERRIERA (ATTESTATO DI QUALIFICAZIONE)	MARCHIO NON RILEVATO IN LABORATORIO	MARCHIO RILEVATO	—
---	-------------------------------------	------------------	---

DATI DICHIARATI		
PARTE D'OPERA	VERBALE PRELIEVO	DATA PRELIEVO
Pilastro 22 Piano Terra	—	15/09/2021

RISULTATI DI PROVA													
SIGLA CAMPIONE	DATA PROVA	DIAM. NOMIN. (mm)	SIGLA PROV.	DIAM. EFFETT. (mm)	TENSIONE DI SNERV. (fy) (N/mm²)	CARICO DI ROTT. (N)	TENSIONE DI ROTT. (R) (N/mm²)	RAPPORTO fy/dynom	RAPPORTO R/fy	ALL. AS %	ALL. Agt %	ESITO PROVA PIEG. (1)	DIAM. MAND. (mm)
BP 22 PT	30/10/2021	14	1	14,10	400,20	88272	565,33	N.D.	N.D.	23,0	13,8	N.D.	N.D.

NOME FERRIERA (ATTESTATO DI QUALIFICAZIONE)	MARCHIO NON RILEVATO IN LABORATORIO	MARCHIO RILEVATO	—
---	-------------------------------------	------------------	---

(1) ESITO PROVA PIEGAMENTO - A Piegata a 180°; B Piegata a 90° e parziale raddrizzamento di almeno 20°; - (1) Senza cricche; (2) Con cricche

N.D. - NON DETERMINATO

Lo Sperimentatore

*Ing. Vincenzo La Monaca*

Il Direttore del Laboratorio  
Dott. Ing. Salvatore Quirone



DATI DICHIARATI		
PARTE D'OPERA	VERBALE PRELIEVO	DATA PRELIEVO
Trave 59-80 Piano Terra	---	15/09/2021

RISULTATI DI PROVA													
SIGLA CAMPIONE	DATA PROVA	DIAM. NOMIN. (mm)	SIGLA PROV.	DIAM. EFFETT. (mm)	TENSIONE DI SNERV. (fy) (N/mm <sup>2</sup> )	CARICO DI ROTT. (N)	TENSIONE DI ROTT. (R) (N/mm <sup>2</sup> )	RAPPORTO fy/fynom	RAPPORTO R/Ry	ALL. AS %	ALL. Agl %	ESITO PROVA PIEG. (1)	DIAM. MANO. (mm)
BT 59-80 PT	30/10/2021	18	1	18,08	363,90	135110	526,23	N.D.	N.D.	23,6	13,1	N.D.	N.D.

NOME FERRIERA (ATTESTATO DI QUALIFICAZIONE)	MARCHIO NON RILEVATO IN LABORATORIO	MARCHIO RILEVATO	---
---	-------------------------------------	------------------	-----

DATI DICHIARATI		
PARTE D'OPERA	VERBALE PRELIEVO	DATA PRELIEVO
Pilastro 36 Piano Primo	---	17/09/2021

RISULTATI DI PROVA													
SIGLA CAMPIONE	DATA PROVA	DIAM. NOMIN. (mm)	SIGLA PROV.	DIAM. EFFETT. (mm)	TENSIONE DI SNERV. (fy) (N/mm <sup>2</sup> )	CARICO DI ROTT. (N)	TENSIONE DI ROTT. (R) (N/mm <sup>2</sup> )	RAPPORTO fy/fynom	RAPPORTO R/Ry	ALL. AS %	ALL. Agl %	ESITO PROVA PIEG. (1)	DIAM. MANO. (mm)
BP 36 1°P	30/10/2021	14	1	14,05	383,20	84010	541,93	N.D.	N.D.	23,5	13,4	N.D.	N.D.

NOME FERRIERA (ATTESTATO DI QUALIFICAZIONE)	MARCHIO NON RILEVATO IN LABORATORIO	MARCHIO RILEVATO	---
---	-------------------------------------	------------------	-----

(1) ESITO PROVA PIEGAMENTO - A Piegata a 180°; B Piegata a 90° e parziale raddrizzamento di almeno 20°; - (1) Senza cricche; (2) Con cricche

N.D. - NON DETERMINATO

Lo Spedimentatore

Il Direttore del Laboratorio  
Dott. Ing. Salvatore Onibene

DATI DICHIARATI		
PARTE D'OPERA	VERBALE PRELIEVO	DATA PRELIEVO
Trave 68-69 Piano Primo	---	17/09/2021

RISULTATI DI PROVA													
SIGLA CAMPIONE	DATA PROVA	DIAM. NOMIN. (mm)	SIGLA PROV.	DIAM. EFFETT. (mm)	TENSIONE DI SNERV. (fy) (N/mm <sup>2</sup> )	CARGO DI ROTT. (N)	TENSIONE DI ROTT. (R) (N/mm <sup>2</sup> )	RAPPORTO fy/fynom	RAPPORTO R/fy	ALL. A5 %	ALL. Agt %	ESITO PROVA PIEG. (1)	DIAM. MANO. (mm)
BT 68-69 1°P	30/10/2021	20	1	20,18	381,60	162672	508,83	N.D.	N.D.	23,5	13,6	N.D.	N.D.
NOME FERRIERA (ATTESTATO DI QUALIFICAZIONE)	MARCHIO NON RILEVATO IN LABORATORIO		MARCHIO RILEVATO		---								

(1) ESITO PROVA PIEGAMENTO - A Piegata a 180°; B Piegata a 90° e parziale raddrizzamento di almeno 20°; - (1) Senza cricche; (2) Con cricche

N.D. - NON DETERMINATO

Prova di trazione eseguita con attrezzatura: Pressa Universale LBG da 600 kN matricola N° A012 Certificato LAT 017 n° 38902 del 23/06/2021

Note: Tutti i campioni sono delle barre di tondo liscio.

Richiesta sottoscritta dalla Direzione Lavori: **NO**

La Lettera di Richiesta Prove è firmata dal Dott. Ing. Fabio Neri in qualità di Capogruppo delle attività specialistiche.

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

Lo Sperimentatore

Geom. Vincenzo La Manna

Il Direttore del Laboratorio  
Dott. Ing. Salvatore Ognibene

Catenuova (EN), 08/11/2021

Rapporto di Prova n° 1137/21-e

Rapporto di prova composto da n° 2 Pagine

Pagina 1

Verbale di accettazione n° 1137/2021 del 05/10/2021

Il Richiedente Direttore dei Lavori: ---

Nella richiesta di prova i campioni sono dichiarati provenienti da:

Opera: Indagini finalizzate alle verifiche di vulnerabilità sismica della scuola  
Edificio: I.C. 80 C.D. Berlinguer - Plesso Materna - Traversa Quarta Cassano, Codice scheda 7.20.191

Località: ---

Proprietario: ---

Impresa: ---

N° Provi: 22

SETTORE CALCESTRUZZI												
PROVA DI RESISTENZA A COMPRESIONE E DETERMINAZIONE DELLA MASSA VOLUMICA SU PROVINI CILINDRICI E/O CAROTE DI CALCESTRUZZO INDURITO												
NORME DI RIFERIMENTO					(UNI EN 12390-3) (UNI EN 12390-7)							
DATI DICHIARATI					RISULTATI DI PROVA							
SIGLA CAMPIONE	PARTE D'OPERA	VERBALE PRELIEVO	CLASSE DI RESIST. (N/mm <sup>2</sup> )	DATA PRELIEVO	DATA PROVA	DIMENSIONI (mm)		MASSA VOLUMICA (Kgm <sup>3</sup> )	CARICO DI ROTTURA (kN)	RESIST. A COMPR. (N/mm <sup>2</sup> )	TIPO DI ROTT. (1)	RETT. (2)
						H	φ					
CT 8-20 INT.	Trave 8-20 Piano Interrato	---	-	17/09/2021	29/10/2021	94	94	2201	165,52	23,8	S	SI
CT 46-47 INT.	Trave 46-47 Piano Interrato	---	-	17/09/2021	29/10/2021	94	94	2212	172,25	24,8	S	SI
CT 7-8 INT.	Trave 7-8 Piano Interrato	---	-	17/09/2021	29/10/2021	94	94	2287	197,47	28,5	S	SI
CT 17-18 INT.	Trave 17-18 Piano Interrato	---	-	17/09/2021	29/10/2021	94	94	2350	272,49	39,3	S	SI
CP 17 INT.	Pilastro 17 Piano Interrato	---	-	17/09/2021	29/10/2021	94	94	2232	188,89	26,9	S	SI
CP 24 INT.	Pilastro 24 Piano Interrato	---	-	17/09/2021	29/10/2021	94	94	2183	139,50	20,1	S	SI
CP 31 INT.	Pilastro 31 Piano Interrato	---	-	17/09/2021	29/10/2021	94	94	2227	135,07	19,5	S	SI
CP 47 INT.	Pilastro 47 Piano Interrato	---	-	17/09/2021	29/10/2021	94	94	2140	128,45	18,2	S	SI
CP 33 PT	Pilastro 33 Piano Terra	---	-	15/09/2021	29/10/2021	94	94	2288	186,78	26,9	S	SI
CP 39 PT	Pilastro 39 Piano Terra	---	-	15/09/2021	29/10/2021	94	94	2158	154,68	22,3	S	SI
CT 45-46 PT	Trave 45-46 Piano Terra	---	-	15/09/2021	29/10/2021	94	94	2350	275,99	39,8	S	SI

(1) TIPO DI ROTTURA: S - Rotture soddisfacenti (Rif.to fig. 3 Norma UNI EN 12390-3)

NSIn - Rottura non soddisfacente di tipo "n" (Rif.to fig. 4 Norma UNI EN 12390-3; Tipo di rottura da "A" a "K")

(2) RETTIFICA: SI - I campioni sono stati sottoposti a rettifica mediante molatura perché non erano conformi alla norma UNI EN 12390-1

NO - I campioni non sono stati sottoposti a rettifica mediante molatura perché erano conformi alla norma UNI EN 12390-1

Lo Sperimentatore

*Giuseppe Vincenzo La Monaca*

Il Direttore del Laboratorio

*Dott. Ing. Salvatore Corbino*



Catananuova (EN), 08/11/2021

Rapporto di Prova n° 1137/21-e

Rapporto di prova composto da n° 2 Pagine

Pagina 2

SETTORE CALCESTRUZZI												
PROVA DI RESISTENZA A COMPRESIONE E DETERMINAZIONE DELLA MASSA VOLUMICA SU PROVINI CILINDRICI E/O CAROTE DI CALCESTRUZZO INDURITO												
NORME DI RIFERIMENTO					(UNI EN 12390-3) (UNI EN 12390-7)							
DATI DICHIARATI					RISULTATI DI PROVA							
SIGLA CAMPIONE	PARTE D'OPERA	VERBALE PRELIEVO	CLASSE DI RESIST. (N/mm <sup>2</sup> )	DATA PRELIEVO	DATA PROVA	DIMENSIONI (mm)		MASSA VOLUMICA (Kg/m <sup>3</sup> )	CARICO DI ROTTURA (kN)	RESIST. A COMPIL. (N/mm <sup>2</sup> )	TIPO DI ROTT. (1)	RETT. (2)
						h	φ					
CT 59-60 PT	Trave 59-60 Piano Terra	—	-	15/09/2021	29/10/2021	94	94	2235	208,87	29,8	S	SI
CT 2-3 PT	Trave 2-3 Piano Terra	—	-	16/09/2021	29/10/2021	94	94	2332	241,46	34,8	S	SI
CT 8-20 PT	Trave 8-20 Piano Terra	—	-	16/09/2021	29/10/2021	94	94	2131	181,18	26,1	S	SI
CP 8 PT	Pilastro 8 Piano Terra	—	-	16/09/2021	29/10/2021	94	94	2160	153,31	22,1	S	SI
CP 20 PT	Pilastro 20 Piano Terra	—	-	16/09/2021	29/10/2021	94	94	2205	155,58	22,4	S	SI
CT 27-61 1°P	Trave 27-61 Piano Primo	—	-	17/09/2021	29/10/2021	94	94	2232	160,97	23,2	S	SI
CT 4-18 1°P	Trave 4-18 Piano Primo	—	-	17/09/2021	29/10/2021	94	94	2098	160,53	23,1	S	SI
CT 68-69 1°P	Trave 68-69 Piano Primo	—	-	17/09/2021	29/10/2021	94	94	2158	198,48	28,6	S	SI
CP 36 1°P	Pilastro 36 Piano Primo	—	-	17/09/2021	29/10/2021	94	94	2306	153,42	22,1	S	SI
CP 12 1°P	Pilastro 12 Piano Primo	—	-	17/09/2021	29/10/2021	94	94	2250	180,87	26,1	S	SI
CP 28 1°P	Pilastro 28 Piano Primo	—	-	17/09/2021	29/10/2021	94	94	2223	148,20	21,4	S	SI

(1) TIPO DI ROTTURA: S - Rottura soddisfacente (Rif.to fig. 3 Norma UNI EN 12390-3)

NSn - Rottura non soddisfacente di tipo "n" (Rif.to fig. 4 Norma UNI EN 12390-3; Tipo di rottura da "A" a "K")

(2) RETTIFICA: SI - I campioni sono stati sottoposti a rettifica mediante molatura perché non erano conformi alla norma UNI EN 12390-1

NO - I campioni non sono stati sottoposti a rettifica mediante molatura perché erano conformi alla norma UNI EN 12390-1

Prova eseguita con attrezzatura: Pressa LBG da 3000 kN matricola N° 08N/001 Certificato di taratura LAT 017 n° 38904 del 23/06/2021

Note: I provini cilindrici sono stati ricavati dalle carote tramite sega circolare munita di lama diamantata.

Richiesta sottoscritta dalla Direzione Lavori: NO

La Lettera di Richiesta Prove è firmata dal Dott. Ing. Fabio Neri in qualità di Capogruppo delle attività specialistiche.

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

Lo Sperimentatore

Geom. Vincenzo La Monaca

Il Direttore del Laboratorio  
Dott. Ing. Salvatore Cignibene



LR Laboratori e Ricerche srl

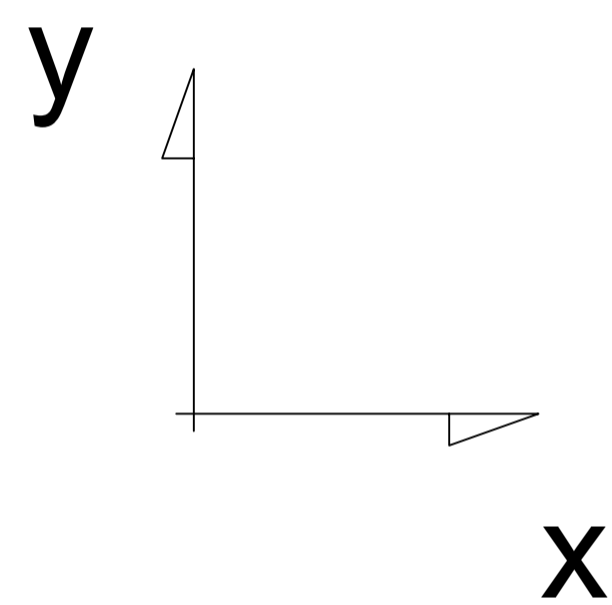
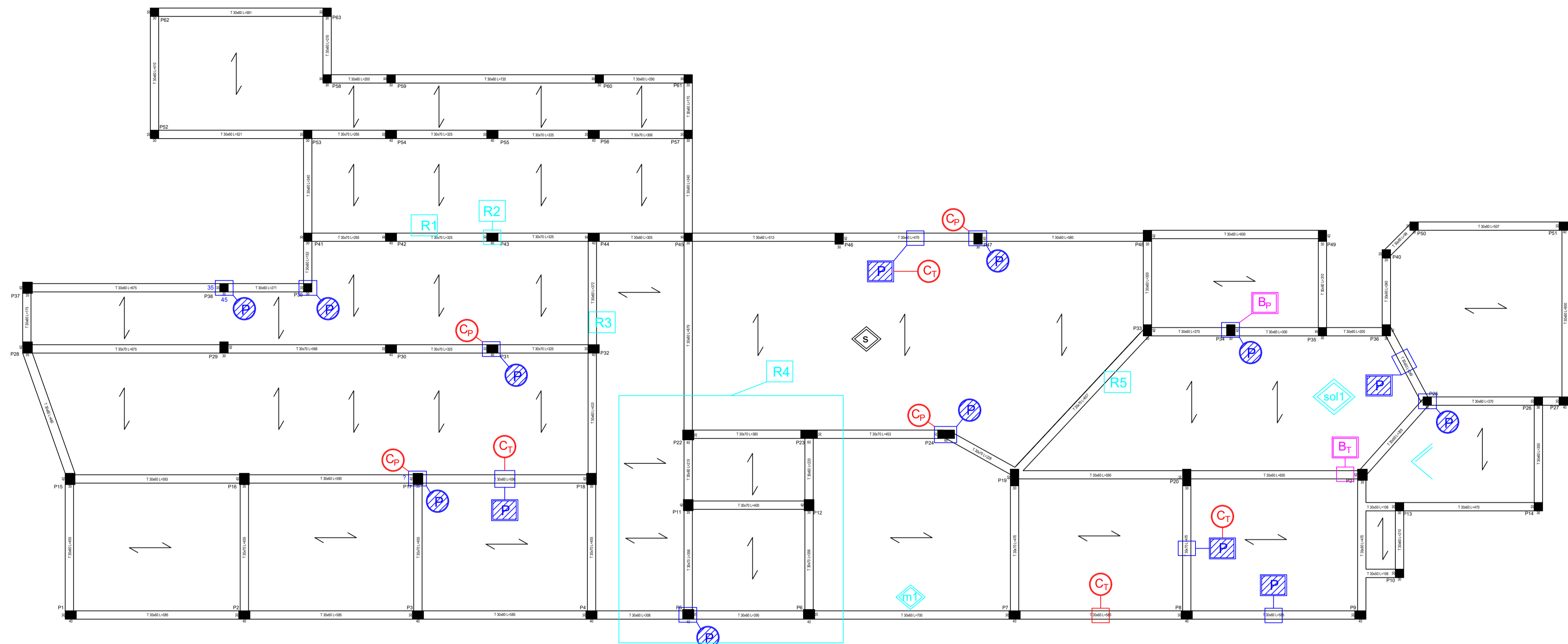
Sede Legale e Amministrativa: Via Paolo Pissano, 2-95037: San Giovanni la Punta (CT)

Laboratorio: Zona Industriale - Capannone s. B - 94010 - Catananuova (EN)

Capitale Sociale € 10.000 Codice Fiscale: P.M.A. e iscrizione al Registro delle Imprese di Catania n. 04053900876, iscritta al R.E.A. 270647

Tel. +39 095338490 Fax +39 0957336297 E-mail: info@lr.it; laboratorio@lr.it





CARPENTERIA I IMPALCATO

PIANO	QUOTA	SUP (mq)
Primo impalcato	+ 1.80 m	820 mq ca
<b>CAROTAGGI</b> N.B. Il 50% dei carotaggi possono essere sostituiti con il triplo di prove non distruttive		
PIL n.carote: 4	P17 P24 P31 P47	
TRV n.carote: 4	P8 P20 P46 P47 P17 P18 P7 P8	
<b>PRELIEVI BARRE</b> N.B. Il 50% dei prelievi possono essere sostituiti con il triplo di prove non distruttive		
PIL n.prelievi: 1	P34	
TRV n.prelievi: 1	P20 P21	
<b>PACOMETRIE E SAGGI</b>		
PIL tot pacom: 9	P5 P17 P24 P25 P31 P34 P38 P39 P47	
TRV tot pacom: 5	P8 P9 P8 P20 P17 P18 P25 P36 P46 P47	
<b>INDAGINI VISIVE</b>		
tampon. esterna	m1	
solaio	sol1	
<b>RILIEVO PORZIONI EDIFICIO</b>		
rilievo porzioni edificio	R1, R2, R3, R4, R5	



Procedura aperta per l'affidamento di servizi professionali finalizzati alle verifiche di vulnerabilità sismica di n. 333 edifici scolastici di proprietà comunale ubicati nel territorio delle dieci municipalità VII Municipalità Lotto 7 CIG: B6517000050001 CUP: 7882655CAD

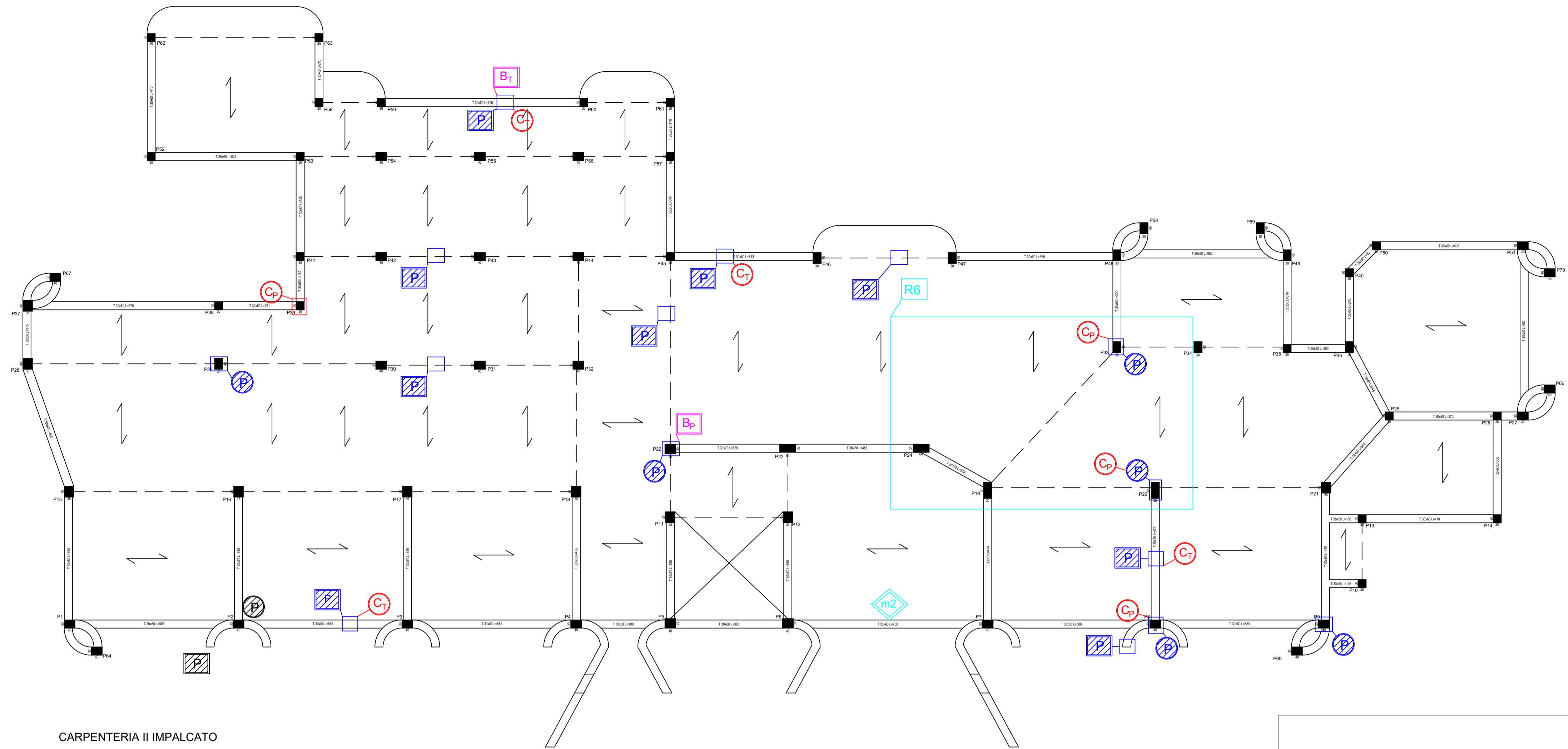
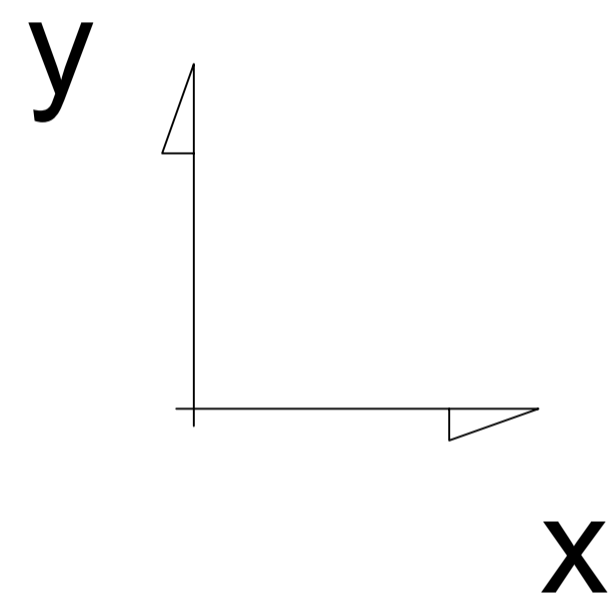


ELABORATO: FASE2\_RRI02 OGGETTO: RELAZIONE DEI RISULTATI DELLE INDAGINI - Carpenteria 1° Impalcato  
 SCALA: 1/100 DATA: 23/11/21 REV: [0]

**RTP**  
**Capogruppo e coordinatore scientifico:**  
 Ing. Fabio Neri (PROGEN srl)  
**Professionisti responsabili strutturali e della calcolo delle strutture:**  
 Ing. Marco Muratore (TECNOSIDE srl)  
 Ing. Placido Impollonia (PLANIR srl)  
**Professionista responsabile delle attività di predisposizione della relazione geologica:**  
 Geol. Sergio Dolfin  
**Professionisti collaboratori tecnici:**  
 Ing. Filippo Di Mauro (TECNOSIDE srl)  
 Ing. Antonio Principato Trosso (PROGEN srl)  
**Professionisti responsabili della fase dell'esecuzione delle indagini strutturali:**  
 Ing. Andrea De Maio  
 Ing. Pierluca Lombardo (TECNOSIDE srl)  
**STAZIONE APPALTANTE**  
 D.E.C.  
 Ing. Marianna Vanacore

**Esecuzione indagini strutturali geognostiche:**  
 Ing. Massimiliano Rinaldi (PROGEN srl)  
 Ing. Salvatore Ognibene (L&R srl)  
 Dott. Filippo Furia (Consorzio LR Laboratori Riuniti)  
 Ing. Salvatore Caruso (L&R srl)  
 Geol. Sergio Dolfin  
**Professionista responsabile dell'attuazione degli interventi sugli edifici sottoposti a tutela:**  
 Arch. Mario La Guzza (PROGEN srl)  
**Indagini per analisi storico-critica su edifici (inclusi quelli sottoposti a tutela):**  
 Arch. Concetta Borgia (PLANIR srl)  
**Gestione informativa del servizio:**  
 Arch. Annamaria Ciabatta (PLANIR srl)  
 R.U.P.  
 Arch. Alfonso Ghezzi





CARPENTERIA II IMPALCATO

PIANO	QUOTA	SUP (mq)
Secondo impalcato	+ 5.10 m	820 mq ca
<b>CAROTAGGI</b> N.B. Il 50% dei carotaggi possono essere sostituiti con il triplo di prove non distruttive		
PIL n.carote: 4	(P8) (P20) (P33) (P39)	
TRV n.carote: 4	(P8)-(P20) (P2)-(P3) (P59)-(P60) (P45)-(P46)	
<b>PRELIEVI BARRE</b> N.B. Il 50% dei prelievi possono essere sostituiti con il triplo di prove non distruttive		
PIL n.prelievi: 1	(P22)	
TRV n.prelievi: 1	(P59)-(P60)	
<b>PACOMETRIE E SAGGI</b>		
PIL tot pacom: 6	(P8) (P20) (P22) (P33) (P29) (P9)	
TRV tot pacom: 9	(P8 -Sb.) (P2 -P3) (P8)-(P20) (P45)-(P46) (P42)-(P43) (P30)-(P31) (P46)-(P47) (P59)-(P60) (P22)-(P45)	
<b>INDAGINI VISIVE</b>		
tampon. esterna	m2	
<b>RILIEVO PORZIONI EDIFICIO</b>		
rilievo porzioni edificio	R6	



Procedura aperta per l'affidamento di servizi professionali finalizzati alle verifiche di vulnerabilità sismica di n. 333 edifici scolastici di proprietà comunale ubicati nel territorio delle dieci municipalità VII Municipalità Lotto 7 CIG: B6511700050001 CUP: 7882655CAD



ELABORATO: FASE2\_RRI03 OGGETTO: RELAZIONE DEI RISULTATI DELLE INDAGINI - Carpenteria 2° Impalcato  
SCALA: 1/100 DATA: 23/11/21 REV: [0]

**RTP**

**Capogruppo e coordinatore scientifico:**  
Ing. Fabio Neri (PROGEN srl)

**Professionisti responsabili strutturali e della calcolazione delle strutture:**  
Ing. Marco Muratore (TECHNOSIDE srl)  
Ing. Placido Impollonia (PLANIR srl)

**Professionista responsabile delle attività di predisposizione della relazione geologica:**  
Geol. Sergio Dolfin

**Professionisti collaboratori tecnici:**  
Ing. Filippo Di Mauro (TECHNOSIDE srl)  
Ing. Antonio Principato Trosso (PROGEN srl)

**Professionisti responsabili della fase dell'esecuzione delle indagini strutturali:**  
Ing. Andrea De Maio  
Ing. Pierluca Lombardo (TECHNOSIDE srl)

**STAZIONE APPALTANTE**

D.E.C.  
Ing. Marianna Vanacore

**Esecuzione indagini strutturali, geognostiche:**  
Ing. Massimiliano Rinaldi (PROGEN srl)  
Ing. Salvatore Ognibene (L&R srl)  
Dott. Filippo Furia (Consorzio LR Laboratori Riuniti)  
Ing. Salvatore Caruso (L&R srl)  
Geol. Sergio Dolfin

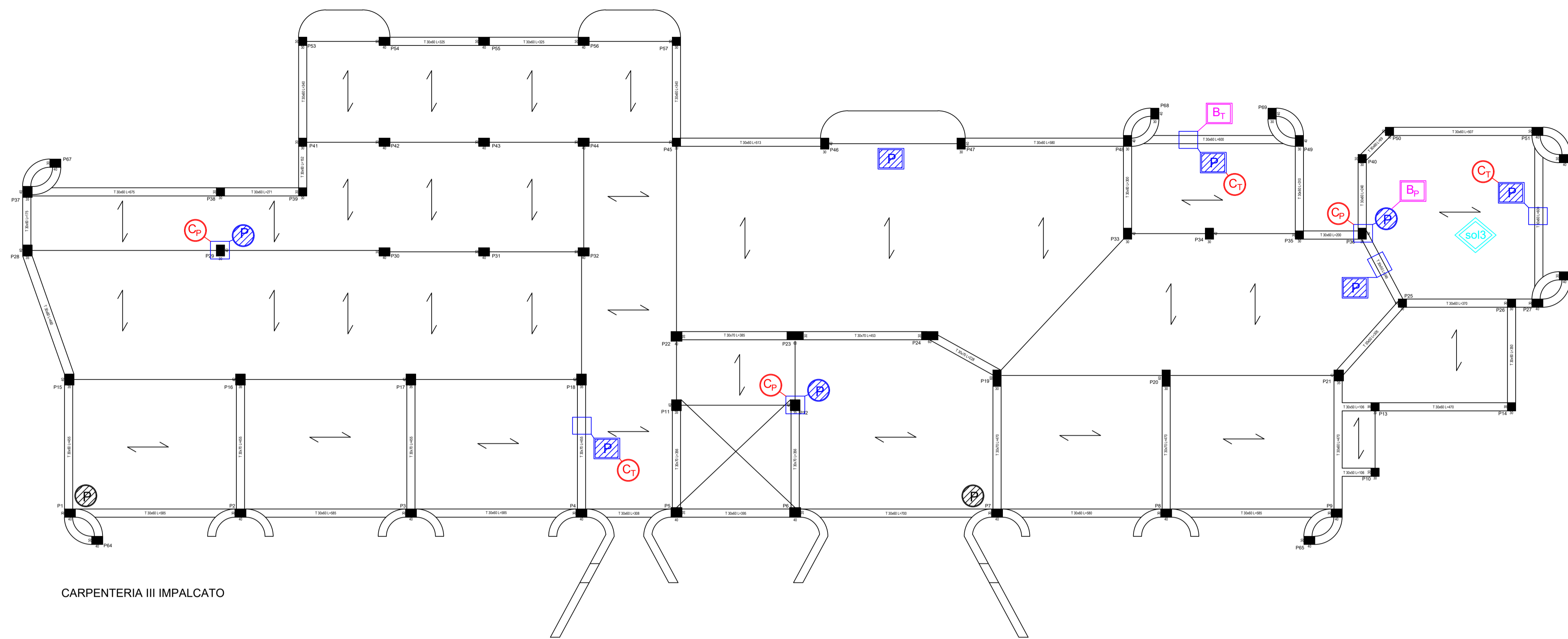
**Professionista responsabile dell'attuazione degli interventi sugli edifici sottoposti a tutela:**  
Arch. Mario La Guzza (PROGEN srl)

**Indagini per analisi storico-critica su edifici (inclusi quelli sottoposti a tutela):**  
Arch. Concetta Borgia (PLANIR srl)

**Gestione informativa del servizio:**  
Arch. Annamaria Ciabatta (PLANIR srl)

R.U.P.  
Arch. Alfonso Ghezzi





CARPENTERIA III IMPALCATO

PIANO	QUOTA	SUP (mq)
Terzo impalcato	+ 8.40 m	765 mq ca
<b>CAROTAGGI</b> N.B. Il 50% dei carotaggi possono essere sostituiti con il triplo di prove non distruttive		
PIL n.carote: 3	(P12) (P29) (P36)	
TRV n.carote: 3	(P27) (P51) (P48) (P49) (P4) (P18)	
<b>PRELIEVI BARRE</b> N.B. Il 50% dei prelievi possono essere sostituiti con il triplo di prove non distruttive		
PIL n.prelievi: 1	(P36)	
TRV n.prelievi: 1	(P48) (P49)	
<b>PACOMETRIE E SAGGI</b>		
PIL tot pacom: 3	(P12) (P29) (P36)	
TRV tot pacom: 5	(P46) (P47) (P25) (P36) (P27) (P51) (P4) (P18) (P48) (P49)	
<b>INDAGINI VISIVE</b>		
solai	sol3	



COMUNE DI NAPOLI

Procedura aperta per l'affidamento di servizi professionali finalizzati alle verifiche di vulnerabilità sismica di n. 333 edifici scolastici di proprietà comunale ubicati nel territorio delle dieci municipalità VII Municipalità Lotto 7 CIG: B65117000050001 CUP: 7882655CAD



I.C.80 C.D. BERLINGUER  
Plesso Materna  
Traversa quarta Cassano n.28, Secondigliano  
Codice scheda: 7.20.11

RELAZIONE DEI RISULTATI DELLE INDAGINI

► ELABORATO: FASE2\_RRI04 ► OGGETTO: RELAZIONE DEI RISULTATI DELLE INDAGINI - Carpenteria 3° Impalcato  
 ► SCALA: 1/100 ► DATA: 23/11/21 ► REV: [0]

**► RTP**

**Capogruppo e coordinatore scientifico:**  
Ing. Fabio Neri (PROGEN srl)

**Professionisti responsabili strutturali e della calcolo delle strutture:**  
Ing. Marco Muratore (TECNOSIDE srl)  
Ing. Placido Impollonia (PLANIR srl)

**Professionista responsabile delle attività di predisposizione della relazione geologica:**  
Geol. Sergio Dolfin

**Professionisti collaboratori tecnici:**  
Ing. Filippo Di Mauro (TECNOSIDE srl)  
Ing. Antonio Principato Trosso (PROGEN srl)

**Professionisti responsabili della fase dell'esecuzione delle indagini strutturali:**  
Ing. Andrea De Maio  
Ing. Pierluca Lombardo (TECNOSIDE srl)

**► STAZIONE APPALTANTE**

D.E.C.  
Ing. Marianna Vanacore

**Esecuzione indagini strutturali geognostiche:**  
Ing. Massimiliano Rinaldi (PROGEN srl)  
Ing. Salvatore Ognibene (L&R srl)  
Dott. Filippo Furla (Consorzio LR Laboratori Riuniti)  
Ing. Salvatore Caruso (L&R srl)  
Geol. Sergio Dolfin

**Professionista responsabile dell'attuazione degli interventi sugli edifici sottoposti a tutela:**  
Arch. Mario La Guzza (PROGEN srl)

**Indagini per analisi storico-critica su edifici (inclusi quelli sottoposti a tutela):**  
Arch. Concetta Borgia (PLANIR srl)

**Gestione informativa del servizio:**  
Arch. Annamaria Ciabatta (PLANIR srl)

R.U.P.  
Arch. Alfonso Ghezzi



## PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA MISSIONE 4: ISTRUZIONE E RICERCA

Componente 1 – Potenziamento dell'offerta dei servizi di istruzione: dagli asili nido alle Università -  
Investimento 1.1 “Piano per asili nido e scuole dell'infanzia e servizi di educazione e cura per la prima  
infanzia”



## ***PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA***

*Messa in sicurezza e Riqualificazione mediante intervento di sostituzione edilizia del Plesso Infanzia dell'I.C. 80° Berlinguer - (Cod. Ares 0630491412)*

Responsabile del Procedimento:

**Arch. Alfonso Ghezzi**

Progettisti:

**Ing. Marianna Vanacore  
Arch. Laura Bellino**

TAVOLA:

**Al.0C**

Descrizione elaborato:

Allegato C\_ Fase2\_RGEOL-T\_01-Relazione geologica e geotecnica

Scala:

Data:

**MARZO 2022**



**COMUNE DI NAPOLI**

Procedura aperta per l'affidamento di servizi professionali finalizzati alle verifiche di vulnerabilità sismica di n. 333 edifici scolastici di proprietà comunale ubicati nel territorio delle dieci municipalità

VII Municipalità

Lotto 7

CIG: B65117000050001

CUP: 7882655CAD



**I.C.80 C.D. BERLINGUER**

**Plesso Materna**

**Traversa quarta Cassano n.28, Secondigliano**

**Codice scheda: 7.20.191**

**RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA**

► **CODICE:** 7.20.191    ► **ELABORATO:** FASE 2\_RGEOL-T\_01    ► **DATA:** 03/12/21    ► **REV:** [0]  
► **OGGETTO:** RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

► **RTP**

**Capogruppo e coordinatore scientifico:**

Ing. Fabio Neri (PROGEN srl)

**Professionisti responsabili strutturali e della  
calcolazione delle strutture:**

Ing. Marco Muratore (TECHNOSIDE srl)  
Ing. Placido Impollonia (PLANIR srl)

**Professionista responsabile delle attività di  
predisposizione della relazione geologica:**

Geol. Sergio Dolfin

**Professionisti collaboratori tecnici:**

Ing. Filippo Di Mauro (TECHNOSIDE srl)  
Ing. Antonio Principato Trosso (PROGEN srl)

**Professionisti responsabili della fase  
dell'esecuzione delle indagini strutturali:**

Ing. Andrea De Maio  
Ing. Pierluca Lombardo (TECHNOSIDE srl)

**Esecuzione indagini strutturali geognostiche:**

Ing. Massimiliano Rinaldi (PROGEN srl)  
Ing. Salvatore Ognibene (L&R srl)  
Dott. Filippo Furia (Consorzio LR Laboratori Riuniti)  
Ing. Salvatore Caruso (L&R srl)  
Geol. Sergio Dolfin

**Professionista responsabile dell'attuazione degli  
interventi sugli edifici sottoposti a tutela:**

Arch. Mario La Guzza (PROGEN srl)

**Indagini per analisi storico-critica su edifici  
(inclusi quelli sottoposti a tutela):**

Arch. Concetta Borgia (PLANIR srl)

**Gestione informativa del servizio:**

Arch. Annamaria Ciabatta (PLANIR srl)

► **STAZIONE APPALTANTE**

**D.E.C.**

Ing. Marianna Vanacore

**R.U.P.**

Arch. Alfonso Ghezzi

**I.C. 80 C.D.BERLINGUER**  
**Plesso Materna**  
**Traversa Quarta Cassano, 28 Secondigliano**  
**Codice Scheda: 7.20.191**

**RELAZIONE GEOLOGICA**

**Indice**

1. PREMESSE .....	4
2. UBICAZIONE DELL'AREA IN ESAME .....	5
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE - GEOMORFOLOGICO.....	5
4. CONDIZIONI GEOLOGICHE LOCALI.....	7
5. CARATTERIZZAZIONE IDROGEOLOGICA.....	7
6. COMPORTAMENTO MECCANICO DEI TERRENI.....	8
7. VALUTAZIONE DEL COEFFICIENTE SISMICO DI PROGETTO.....	10
8. VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA .....	12
9. ANALISI SISMICA DEL SITO.....	16
10. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE.....	28

## 1. PREMESSE

In riferimento alla Procedura aperta per l'affidamento di servizi professionali finalizzati alle verifiche di vulnerabilità sismica di n.333 edifici scolastici di proprietà comunale ubicati nel territorio delle 10 municipalità, nella presente relazione si espongono i risultati di uno studio geomorfologico e geologico — tecnico a supporto del progetto in argomento che prevede la verifica della vulnerabilità sismica del Plesso Materna dell' I.C. 80 C.D. BERLINGUER Traversa Quarta Cassano, 28 Secondigliano - Napoli.

Preliminarmente è stata svolta un'accurata ricerca bibliografica al fine di reperire eventuali campagne di indagini effettuate nell'area di interesse progettuale, poiché tale ricerca ha dato esito negativo, al fine di ottemperare alla normativa sismica vigente ed in particolare alle NTC 2018, è stata eseguita una campagna di indagini geognostiche e geofisiche che ha consentito, tra le altre cose, di caratterizzare meccanicamente i terreni di sedime e di determinare la categoria sismica del sottosuolo.

L'indagine di campagna si è svolta con i metodi tradizionali del rilevamento geologico e geomorfologico di superficie, il quale è stato opportunamente esteso alle aree circostanti.

Sono state, quindi, realizzate le seguenti indagini:

- N.1 Prove sismiche Active MASW (multichannel analysis of surface waves);
- N.1 Tomografie sismiche 2D;
- N.1 Prove di sismica passiva (HVSr);

Tutti gli accertamenti sono stati effettuati nel rispetto delle "Norme tecniche" contenute nel D.M. 11.3.88 e successive modifiche ed integrazioni, in conformità al D.M. 14/01/2008, in particolare ai sensi del paragrafo 6.2.1 *"la caratterizzazione e la modellazione geologica del sito consiste nella ricostruzione dei caratteri litologici, stratigrafici, strutturali, idrologici, geomorfologici e, più in generale, di pericolosità geologica del territorio"* ed in ottemperanza a quanto prescritto dalla vigente normativa sismica D.M. 17/01/2018 (NTC 2018).

Il lavoro svolto si è articolato come segue:

- ✓ raccolta dei dati bibliografici;
- ✓ inquadramento geologico generale e geomorfologico di stabilità globale del sito;



- ✓ definizione delle condizioni geolitologiche locali;
- ✓ caratterizzazione idrogeologica e fisico - meccanica dei terreni di interesse;
- ✓ comportamento meccanico dei terreni;
- ✓ valutazione delle caratteristiche sismiche dei terreni indagati;
- ✓ determinazione della risposta sismica locale;
- ✓ considerazioni geologico - tecniche conclusive.

Si allegano alla presente:

- Aerofotogrammetria, in scala 1:5.000;
- Ortofoto, in scala 1:5.000;
- Carta Geologica, in scala 1:5.000;
- Stralci PAI vigente, in scala 1:5.000;
- Relazione Indagini;
- Carta Ubicazione Indagini;
- Documentazione Fotografica.

## **2. UBICAZIONE DELL'AREA IN ESAME**

L'area in studio è ubicata nel popoloso quartiere di Secondigliano in Via Traversa Quarta Cassano, 28 un'area densamente urbanizzata, alle coordinate Latitudine 40°53'42.63"N e Longitudine 14°16'4.60"E (riferite all'ellissoide WGS 84). Per i riferimenti topografici rientra nella tavoletta I.G.M.I., 184 - I - SO "Napoli" della Carta d'Italia edita dall'I.G.M..

## **3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE - GEOMORFOLOGICO**

Il territorio comunale di Napoli si sviluppa all'interno di una regione vulcanica costituita ad Ovest dai Campi Flegrei e ad Est dal complesso vulcanico del Somma – Vesuvio.

L'attività dei Campi Flegrei, il cui inizio risale alla fine del Pliocene, viene generalmente suddivisa in 4 cicli (De Lorenzo 1904; Rosi et al. 1983; Di Girolamo et al. 1984):

- Prodotti precedenti l'eruzione dell'Ignimbrite Campana (circa 35.000 anni fa) è caratterizzato da attività subaerea;



- Depositi dell' Ignimbrite Campana (da 35.000 a 30.000 anni fa) e della formazione Piperno-Breccia Museo;
- Prodotti dei Tufi Biancastri, dei Tufi Antichi (18.000 -15.000 anni fa) e del Tufo Giallo Napoletano (12.000 anni fa) dopo questa fase si ha l'individuazione della Caldera Flegrea con la formazione di alti morfologici (Collina del Camaldoli);
- Piroclastiti e tufi di vulcani monogenici Flegrei da 10.000 anni fa all' eruzione del Monte Nuovo avvenuta nel 1538.

Da un punto di vista morfologico il sito di progetto si colloca alla quota topografica di circa 93 m. s.l.m., in un'area sub-pianeggiante. La categoria topografica, secondo la vigente normativa, è **T1**.

Questa piana è in realtà un altopiano che funge da raccordo fra la collina del Camaldoli e la retrostante Piana Campana. Nella zona di Secondigliano la quota altimetrica, media, è intorno ai 110 m s.l.m. e va degradando dolcemente verso nord (piana Campana), e verso est (Capodichino).

La piana ha una brusca rottura di pendenza verso sud, Mianella, confluendo nel cavone di Miano che funge da separazione con la collina di Capodimonte.

Nell'area di Secondigliano è molto più esteso il problema delle "tane di lapillo": si tratta di antiche cave di pomici, dette "lapilli". La tecnica estrattiva consisteva nel raggiungere gli strati di pomici, denominati dei sette palmi (circa due metri), generalmente mai al di sotto dei 10 metri dal p.c., con un pozzo dalla base del quale si scavavano dei cunicoli a raggiera da cui si estraeva questo materiale che veniva utilizzato in edilizia per la realizzazione dei solai con la tecnica del "battuto di lapilli". Come è facile immaginare, il lavoro di estrazione doveva essere particolarmente penoso in quanto i cunicoli erano alti al massimo un metro e quindi l'operatore doveva procedere carponi, inoltre era abbastanza frequente il crollo del cunicolo con i rischi connessi.

La pericolosità di queste cavità è dovuta al fatto che erano scavate in materiali incoerenti, inoltre a fine coltivazione la cava veniva abbandonata senza alcuna bonifica con la chiusura del pozzo con una voltina di tufo. Oggi non si ha alcun indizio per poter individuare questi vuoti sotterranei di cui si viene a conoscenza solo quando a causa di infiltrazioni d'acqua cedono dando origine a voragini che interessano o le sedi stradali o le fondazioni degli edifici.

La zona di progetto non è classificata a rischio geomorfologico e a rischio idraulico nel vigente P.A.I.; non sono presenti evidenze di processi morfogenetici generalizzati e profondi in atto e gli edifici esistenti nell'area di interesse non presentano lesioni imputabili a cedimenti differenziali del terreno.

#### 4. CONDIZIONI GEOLOGICHE LOCALI

Nell'area di interesse progettuale, come visibile nella carta Geologica allegata; affiora il "**Subsistema di Contrada Romano**": successione di depositi prevalentemente cineritici finemente stratificati con intercalati livelli di lapilli pomicei da caduta. I depositi poggiano su di uno spesso paleosuolo ocraceo ampiamente diffuso sia nei settori interni che esterni alla caldera flegrea, nelle aree circostanti, fino ai contrafforti appenninici o, a luoghi, su depositi marini.

#### 5. CARATTERIZZAZIONE IDROGEOLOGICA

La regione vesuviana usufruisce di una discreta quantità di piogge, corrispondenti a 845 mm a Torre del Greco, a 1058 mm a Portici ed a 960 mm all'Osservatorio Vesuviano. La quantità assoluta delle piogge è però probabilmente inferiore sul versante del Somma, sul quale l'influenza delle correnti aeree umide meridionali giunge già attenuata. Oltre i due terzi di tali precipitazioni sono concentrate nel semestre autunno-inverno, il resto cade prevalentemente in primavera; i mesi estivi risultano, quindi, molto secchi. Per quanto concerne l'intensità delle piogge si osserva che sono assai frequenti, specie in primavera, rovesci temporaleschi i quali provocano piene improvvise dei canali e trascinano verso il piano cospicue quantità di fango e detriti. Le precipitazioni nevose assumono importanza relativa, limitata e da carattere estremamente temporaneo solo nelle zone ipsometricamente più elevate e talvolta si spingono fino all'altezza di 300-400 m s.l.m.

Per quanto riguarda la permeabilità e le caratteristiche idrogeologiche i terreni possono essere suddivisi in:

- ✓ Terreni permeabili per porosità e fratturazione. sono rappresentati dal complesso delle lave, cui appartengono le formazioni laviche e scoriaceo-laviche ad elevato grado di permeabilità. Tale complesso è sede di falde acquifere locali che vanno in gran parte ad alimentare la falda di pianura.

✓ Terreni scarsamente permeabili sono rappresentati dal complesso piroclastico, con grado di permeabilità generalmente basso, funzione della granulometria. Infatti tali materiali sciolti o pseudocoerenti, a giacitura, granulometria e grado di cementazione variabile, presentano un grado di permeabilità relativo molto diverso a seconda che si tratti di materiali a matrice cineritica prevalente (permeabilità per porosità bassissima), o di livelli, banchi, tasche e lenti di pomici, scorie, lapilli, sabbie e breccie laviche (permeabilità per porosità elevata).

L'alternanza di litotipi aventi grado di permeabilità medio-alto con altri a permeabilità scarsa fa sì che, nell'unità idrogeologica, la circolazione idrica sotterranea avvenga per falde sovrapposte e, quando le modalità di deposizione dei prodotti piroclastici e lavici lo consentono, tra loro interconnesse.

I terreni di diretto interesse, presentano una permeabilità primaria bassa in corrispondenza della frazione cineritica addensata con un coefficiente di permeabilità  $K$  compreso tra  $10^{-5}$  e  $10^{-6}$  cm/sec, mentre gli strati costituiti da depositi cineritici meno addensati hanno una permeabilità primaria media con un coefficiente di permeabilità  $K$  compreso tra  $10^{-3}$  e  $10^{-4}$  cm/sec.

In considerazione della permeabilità della formazione affiorante, si potrebbe ipotizzare che la profondità della falda idrica sia tale da non avere influenza ai fini geotecnici, tuttavia i livelli cineritici più addensati, potrebbero limitare la circolazione idrica verticale portando alla formazione di vere e proprie falde sospese con livelli fluttuanti in relazione alla stagionalità.

## 6. COMPORTAMENTO MECCANICO DEI TERRENI

Per la definizione dei parametri geotecnici dei terreni indagati sono stati utilizzati i dati di indagini geognostiche eseguite dallo scrivente in aree limitrofe all'area di interesse progettuale e sui medesimi litotipi, in particolare sono stati utilizzati i dati ottenuti dall'elaborazione di due prove penetrometriche dinamiche leggere continue.

Le indagini in sito sono state condotte mediante l'utilizzo di un penetrometro dinamico di tipo italiano SUNDA DL030 avente le seguenti caratteristiche tecniche:

A – maglio a caduta libera Kg 30;

B – aste di acciaio speciale  $\varnothing = 20$  mm, L = 100 cm, P = 2.4 Kg;

C – punta conica a perdere  $\varnothing = 35.6 \text{ mm}$ ,  $\beta = 60^\circ$ ,  $A = 10 \text{ cm}^2$ ;

D – altezza di caduta libera del maglio 20 cm costanti.

La prova è consistita nel misurare il numero di colpi necessari per l'infissione dello scandaglio penetrometrico per tratti continui di 10 cm.

I risultati di dette indagini sono riportati negli allegati diagrammi d'avanzamento nei quali si rappresentano in ascisse il numero di colpi, mentre nelle ordinate le profondità relative.

La caratterizzazione fisico meccanica dei terreni di sedime scaturisce dall'analisi dei diagrammi d'avanzamento delle prove penetrometriche ponendo:

$$N(10) \text{ DL030} = N(30) \text{ SPT}$$

ossia confrontando, a vantaggio della sicurezza, i valori del numero medio di colpi ricavati con le prove anzidette con i valori medi di prove penetrometriche dinamiche in foro di tipo discontinuo effettuate dallo scrivente, secondo le modalità dello S.P.T. (Standard Penetration Test), su terreni di analoga composizione.

Una valutazione del grado di addensamento medio può essere effettuata ricorrendo alla relazione proposta da Mayerhof (1957), basata sui dati sperimentali di Gibbs e Holtz (1957), che fornisce il valore "stimato" della densità relativa:

$$D_r = 21 \sqrt{N_{\text{SPT}} / \sigma'_{v_0} + 0,7}$$

La resistenza all'infissione dello scandaglio penetrometrico varia in funzione di diversi fattori fra essi concomitanti quali la pressione litostatica efficace, la densità relativa, la presenza d'acqua, la dimensione dei grani.

La profondità della prova influenza il valore di N ottenuto, in quanto al variare della profondità varia la tensione litostatica efficace ( $\sigma'_{v_0} = \gamma \times h$ ).

A tal proposito Gibbs ed Holtz (1957), introducono un fattore di correzione "C<sub>n</sub>", ricavabile dall'espressione:

$$C_n = 0.77 \log 20/\sigma'_{v_0}$$

al fine di riportare tutti i valori ottenuti ad una tensione litostatica di riferimento pari a 1 Kg/cm<sup>2</sup>.

In presenza dell'acqua, nell'ambito dei materiali incoerenti, il numero N colpi diminuisce. Terzaghi e Peck (1948) ottengono, per le sabbie fini, il valore di N sotto la falda dalla relazione:

$$N_w = 15 + 0.5(N_{SPT} - 15)$$

essendo N il numero di colpi sopra la falda, formula che tiene conto che parte dell'energia di infissione si dissipa in pressione interstiziale.

L'angolo di attrito interno si ottiene utilizzando la seguente formula empirica introdotta dalla Road Bridge Specification:

$$\varphi' = \sqrt{N_{SPT} * 15} + 15$$

I parametri geomeccanici che caratterizzano i terreni di interesse progettuale, definiti sulla base dei dati ottenuti dall'elaborazione dei risultati delle prove dirette effettuate dallo scrivente in aree limitrofe e sui medesimi litotipi (prove penetrometriche dinamiche leggere continue), nonché dal raffronto con quanto presente in un'ampia letteratura specializzata, sono i seguenti:

TIPO DI TERRENO	Angolo di attrito interno - $\varphi'$ (°)	Peso di volume $\gamma$ (t/m <sup>3</sup> )	Coesione drenata $c'$ (t/m <sup>2</sup> )
Depositi cineritici	28°	1.76	0

La coesione si trascura a vantaggio della sicurezza

## 7. VALUTAZIONE DEL COEFFICIENTE SISMICO DI PROGETTO

La nuova normativa tecnica sulle costruzioni in zona sismica (D.M. 17/01/2018) individua, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, le seguenti categorie di profili stratigrafici del suolo di fondazione: A, B, C, D ed E.

Questi profili si riferiscono rispettivamente:

A - Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.



B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

C - Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

D - Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.

E - Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 .

Nelle definizioni precedenti  $V_{s,eq}$  è la velocità equivalente di propagazione entro delle onde di taglio, definita dall'espressione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

In cui:

$h_i$  = spessore dell'i-esimo strato;

$V_{S,i}$  = velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;

N = numero di strati;

H = profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da VS non inferiore a 800 m/s.

Per qualsiasi condizione di sottosuolo non classificabile nelle categorie precedenti, è necessario predisporre specifiche analisi di risposta locale per la definizione delle azioni sismiche.

Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale.

Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione:

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Le susposte categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m.

## 8. VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

Lo spettro di risposta elastico della componente orizzontale è definito dalle seguenti espressioni:

$$\begin{array}{ll}
 0 \leq T < T_B & S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[ \frac{T}{T_n} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left( 1 - \frac{T}{T_n} \right) \right] \\
 T_B \leq T < T_C & S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \\
 T_C \leq T < T_D & S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right) \\
 T_D \leq T & S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_C T_D}{T^2} \right)
 \end{array}$$

Dove:

$\eta$  = fattore che altera lo spettro elastico;

$S$  = coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche mediante la seguente relazione:  $S = S_S \cdot S_T$  Essendo  $S_S$  il coefficiente di amplificazione stratigrafica e  $S_T$  il coefficiente di amplificazione topografica.

$F_0$  = fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima;

$T_C$  = periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro;

$T_B$  = periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante;

$T_D$  = periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro;

$T$  ed  $S_e$  sono rispettivamente periodo di vibrazione ed accelerazione spettrale.

Categoria sottosuolo	$S_s$	$C_c$
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

*Espressioni di  $S_s$  e  $C_c$*

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	$S_T$
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

*Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica  $S_T$*

Lo spettro di risposta elastico della componente verticale è definito dalle seguenti espressioni:

$$\begin{aligned}
 0 \leq T < T_B & \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_v} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right] \\
 T_B \leq T < T_C & \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \\
 T_C \leq T < T_D & \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right) \\
 T_D \leq T & \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left( \frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)
 \end{aligned}$$

Dove T e  $S_{ve}$  sono rispettivamente periodo di vibrazione ed accelerazione verticale  $F_v$  è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima in termini di accelerazione massima del terreno  $a_g$  su un sito di riferimento rigido orizzontale.

Inoltre i valori di  $S_s$ ,  $T_B$ ,  $T_C$  e  $T_D$  sono quelli riportati nella seguente tabella:

Categoria sottosuolo	Ss	T <sub>B</sub>	T <sub>C</sub>	T <sub>D</sub>
A, B,C,D,E	1,0	0,05 s	0,15 s	1,0 s

*Valori dei parametri dello spettro di risposta elastico della componente verticale*

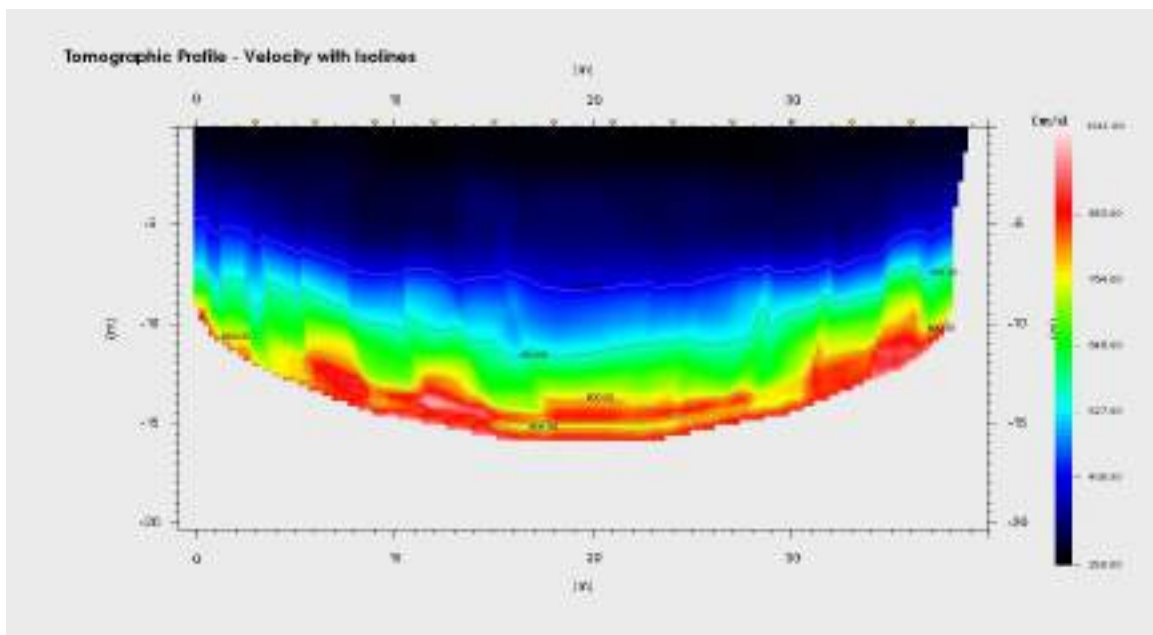
Dai risultati delle indagini geognostiche e geofisiche eseguite nell'area di sedime, in accordo con quanto riportato in bibliografia i terreni indagati, costituiti da **“Depositi cineritici stratificati afferenti al Subsistema di Contrada Romano”**, sono riconducibili alla **classe C Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti** con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s, avendo misurato la seguente velocità equivalente:

Masw1 : **V<sub>s</sub>eq** pari a **296 m/sec.**

Sono state, inoltre, acquisite n.1 misura di sismica a rifrazione con interpretazione tomografica e n.1 prova sismica passiva HVSR.

Il profilo tomografico ottenuto riporta velocità compatibili con la litologia affiorante rappresentata da depositi cineritici.

Si riportano a seguire il profilo sismico ottenuto dalla tomografia ed i risultati dalla prova di sismica passiva HVSR:

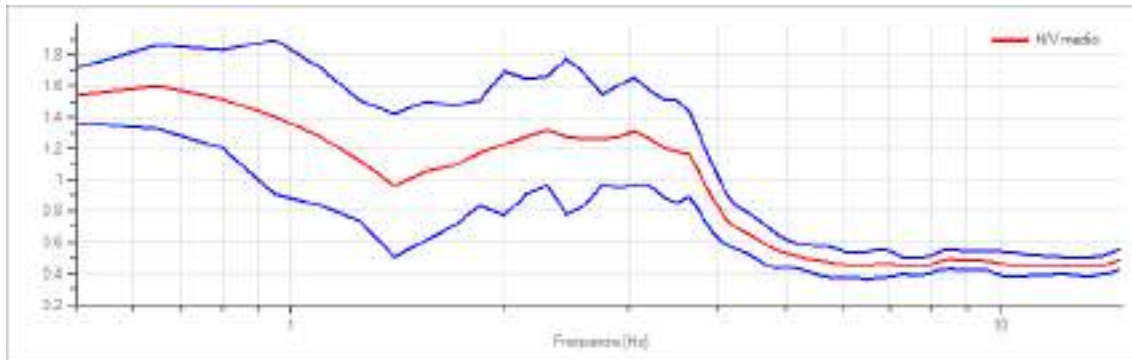


**Tom01**

**Risultati:**

**Frequenza del picco del rapporto H/V: 0.65 Hz  $\pm$ 0.17 Hz**

Grafico rapporto spettrale H/V



Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia



## 9. ANALISI SISMICA DEL SITO

### 9.1 Inquadramento

Le elaborazioni dei dati storici dei terremoti verificatisi in passato, condotte dall'I.N.G.V. (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia), ha permesso la creazione di un database relativo alle intensità macrosismiche risentite nei diversi comuni italiani.

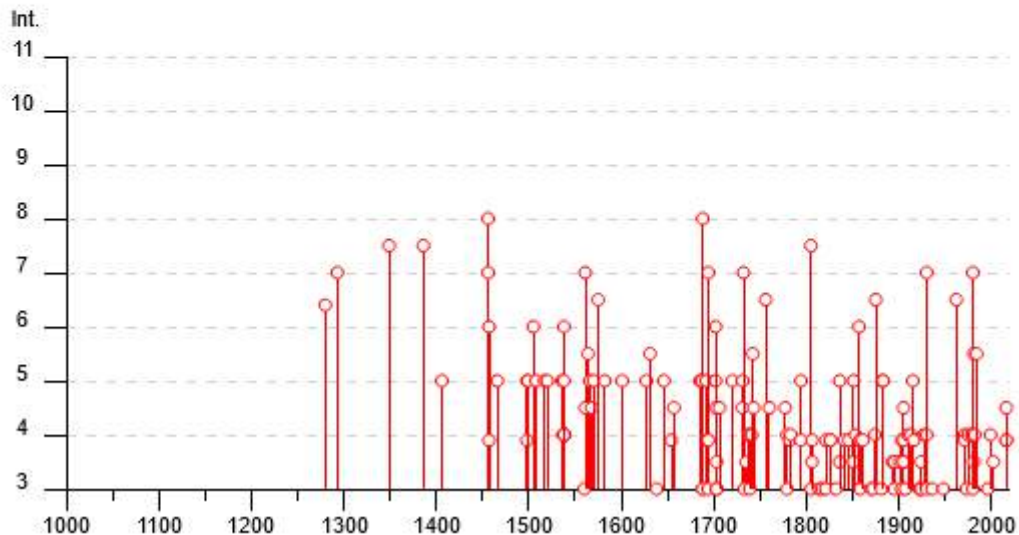
Nella tabella seguente è riassunta la storia sismica di Napoli (I.N.G.V. – Database Macrosismico Italiano 2015 – DBMI15); in essa sono riportati (su 183 osservazioni disponibili) i principali terremoti cui è stato sottoposto il territorio del Comune di Napoli.

Il numero di eventi sismici per classi d'intensità, rilevati nell'area, coperto dal Database Macrosismico Italiano DBMI dell'INGV, è visibile nella seguente immagine:

### Napoli



PlaceID	IT_60182
Coordinate (lat, lon)	40.849, 14.250
Comune (ISTAT 2015)	Napoli
Provincia	Napoli
Regione	Campania
Numero di eventi riportati	183



Effetti	In occasione del terremoto del								
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDF	Io Mw
D	1280						Napoli	1	
7	1293	09	04				Sannio-Matese	6	8-9 5.80
7-8	1349	09	09				Lazio-Molise	24	10 6.80
7-8	1386	03	17				Napoli	1	7-8 3.75
5	1406	09	16				Napoli	1	5 3.12
8	1456	12	05				Appennino centro-meridionale	199	11 7.19
7	1456	12	30	08	20		Appennino centro-meridionale	2	
6	1457	01	08				Napoli	1	6 3.37
F	1457	02	10				Capua	2	5-6 4.40
5	1466	01	15	02	25		Irpinia-Basilicata	31	8-9 5.98
5	1498	10	07				Campi Flegrei (Pozzuoli)	2	5-6 3.25
F	1498	10	20				Campi Flegrei (Pozzuoli)	2	7 3.63
5	1499	03	18	01	45		Napoli	1	5 3.12
6	1505	05	18	08	55		Campi Flegrei (Agnano)	3	7-8 3.75
5	1508	07	19	08	55		Napoli	1	5 3.12
5	1517	03	29	19			Irpinia	3	7-8 5.33
5	1520	01	28	23	50		Campi Flegrei (Pozzuoli)	2	6-7 3.50
5	1536	08	07				Napoli	1	5 3.12
4	1537	02	14				Campi Flegrei (Pozzuoli)	2	6-7 3.50
6	1538	04	20				Campi Flegrei	1	5-6 3.25
4	1538	09	20				Campi Flegrei (Pozzuoli)	3	5-6 3.25
4	1538	09	22				Campi Flegrei (Pozzuoli)	3	5-6 3.25
4	1538	09	23				Campi Flegrei (Pozzuoli)	3	5-6 3.25
4	1538	09	24				Campi Flegrei (Pozzuoli)	3	5-6 3.25
4	1538	09	25				Campi Flegrei (Pozzuoli)	3	5-6 3.25
4	1538	09	26				Campi Flegrei (Pozzuoli)	3	5-6 3.25
4	1538	09	27				Campi Flegrei (Pozzuoli)	3	5-6 3.25
4	1538	09	28	06	00		Campi Flegrei (Pozzuoli)	2	5-6 3.25
4	1538	09	28	17	30		Campi Flegrei (Pozzuoli)	2	5-6 3.25
4	1538	09	29	11	00		Campi Flegrei (Pozzuoli)	2	5-6 3.25
5	1538	09	29	18	30		Campi Flegrei (Pozzuoli)	2	8 3.88
3	1560	05	11	04	40		Costa pugliese centrale	7	8 5.66
7	1561	07	31	20	10		Penisola sorrentina	5	8 5.56
4-5	1561	08	19	15	50		Valle di Diano	32	10 6.72
5-6	1564	07					Campi Flegrei	2	5 3.12
5	1566	05	06	22	45		Campi Flegrei	2	5 3.12

4-5	<a href="#">1568</a> 12 27	Campi Flegrei (Pozzuoli)	2	6 3.37
5	<a href="#">1570</a> 04 30 23 06	Campi Flegrei (Pozzuoli)	2	6-7 3.50
6-7	<a href="#">1575</a> 06 05 20 30	Napoli	2	5-6 3.25
5	<a href="#">1582</a> 06 05 07 08	Campi Flegrei (Pozzuoli)	2	8 3.88
5	<a href="#">1601</a> 08 10	Napoli	1	5 3.12
5	<a href="#">1627</a> 07 30 10 50	Capitanata	64	10 6.66
5-6	<a href="#">1631</a> 12	Area Vesuviana	2	5-6 3.25
3	<a href="#">1638</a> 03 27 15 05	Calabria centrale	213	11 7.09
5	<a href="#">1646</a> 05 31	Gargano	35	10 6.72
F	<a href="#">1654</a> 07 24 00 25	Sorano	44	9-10 6.33
4-5	<a href="#">1657</a> 01 29 02	Capitanata	12	8-9 5.96
5	<a href="#">1685</a> 05	Penisola Sorrentina	5	5-6 4.73
5	<a href="#">1687</a> 04 25 00 30	Penisola Sorrentina	2	6 4.63
8	<a href="#">1688</a> 06 05 15 30	Sannio	215	11 7.06
3	<a href="#">1688</a> 07 23	Capitanata	3	7-8 5.33
3	<a href="#">1688</a> 08 14	Beneventano	3	6-7 4.86
5	<a href="#">1692</a> 03 04 22 20	Ispinia	9	8 5.88
F	<a href="#">1693</a> 01 08	Pollino	16	7 5.27
7	<a href="#">1694</a> 09 08 11 40	Ispinia-Basilicata	251	10 6.73
F	<a href="#">1694</a> 10 07 15	Penisola sorrentina	9	5-6 4.71
3	<a href="#">1694</a> 10 09	Avellino	2	5-6 4.40
5	<a href="#">1702</a> 03 14 04 30	Sannio-Ispinia	4	6-7 4.86
6	<a href="#">1702</a> 03 14 05	Sannio-Ispinia	37	10 6.56
4-5	<a href="#">1702</a> 04 02 06 20	Sannio-Ispinia	4	6-7 4.86
3-4	<a href="#">1703</a> 01 14 18	Valnerina	197	11 6.92
3	<a href="#">1703</a> 01 16 13 30	Appennino laziale-abruzzese	22	
3	<a href="#">1703</a> 02 02 11 05	Aquilano	69	10 6.67
4-5	<a href="#">1706</a> 11 03 13	Maiella	99	10-11 6.84
5	<a href="#">1720</a> 08 28	Cassinese	2	5-6 4.35
5	<a href="#">1731</a> 03 20 03	Tavoliere delle Puglie	49	9 6.33
4-5	<a href="#">1731</a> 10 17 11	Tavoliere delle Puglie	6	6-7 4.86
7	<a href="#">1732</a> 11 29 07 40	Ispinia	183	10-11 6.75
3	<a href="#">1733</a> 05 15 00 30	Puglia	3	
3-4	<a href="#">1735</a> 01 26	Casertano	3	5 4.16

4	1737 03 31 17 20	Monti di Avella	3	7 5.10
3	1739 02 12 21 30	Tavoliere della Puglia	5	5-6 4.40
4	1739 02 27 04 20	Benevento	3	5-6 4.40
4	1741 08 06 13 30	Irpinia	8	7-8 5.44
5-6	1742 08 17	Napoli	1	5-6 3.25
4-5	1743 02 20	Ionio settentrionale	84	9 6.68
6-7	1756 10 22 14	Napolitano	5	6-7 3.50
4-5	1760 12 23	Area vesuviana	7	6-7 3.50
4-5	1777 06 06 16 15	Tirreno meridionale	9	
4	1779 10 01 00 45	Napolitano	3	6 3.37
3	1779 12 12	Napolitano	5	6 3.37
F	1782 01 11	Benevento	2	5 4.16
NF	1783 02 05 12	Calabria meridionale	356	11 7.10
4	1783 03 28 18 55	Calabria centrale	323	11 7.03
5	1794 06 12 22 30	Irpinia	16	7 5.26
F	1794 06 15	Area vesuviana	3	4 2.87
7-8	1805 07 26 21	Molise	220	10 6.68
3	1805 10 13 22	Pianura Campana	3	7 5.10
F	1806 07 21 09	Cassinese	5	5-6 4.40
3-4	1806 08 26 07 35	Colli Albani	35	8 5.61
3	1814 11 25	Beneventano	2	5-6 4.40
3	1817 04 17	Potentino	7	4-5 3.97
F	1821 08 02	Calabria centrale	3	7 5.10
3	1821 11 22 01 15	Costa molisana	9	7-8 5.59
F	1826 02 01 16	Potentino	18	8 5.74
F	1826 10 26 18	Salento	7	6-7 5.22
NF	1828 02 02 09 15	Isole d'Ischia	10	8-9 4.01
3	1832 03 08 18 30	Crotonese	99	10 6.65
3-4	1836 04 25 00 20	Calabria settentrionale	44	9 6.18
5	1836 11 20 07 30	Appennino lucano	17	8 5.86
F	1841 02 21	Gargano	13	6-7 5.17
F	1846 08 08	Potentino	13	6-7 5.18
5	1851 08 14 13 20	Vulture	103	10 6.52
3-4	1851 08 14 14 40	Vulture	10	7-8 5.48
4	1853 04 09 12 45	Irpinia	47	8 5.60

2	<a href="#">🔗</a>	1854 02 12 17 50	Cosentino	89	10 6.34
6	<a href="#">🔗</a>	1857 12 16 21 15	Basilicata	340	11 7.12
F	<a href="#">🔗</a>	1858 03 07 14	Campania meridionale	9	7-8 5.39
F	<a href="#">🔗</a>	1858 03 07 19	Vibonati	3	4 3.70
3	<a href="#">🔗</a>	1858 05 24 09 20	Tavoliere della Puglia	13	4-5 4.35
F	<a href="#">🔗</a>	1861 12 09	Torre del Greco	3	5-6 3.25
2	<a href="#">🔗</a>	1867 08 15 23 30	Isola d'Ischia	2	4-5 2.99
3	<a href="#">🔗</a>	1870 10 04 16 55	Cosentino	54	9-10 6.24
3	<a href="#">🔗</a>	1872 10 08 13 25	Cosentino	6	5 4.72
2	<a href="#">🔗</a>	1873 03 12 20 04	Appennino marchigiano	196	8 5.85
2-3	<a href="#">🔗</a>	1873 07 12 06 06	Val Comino	61	7-8 5.38
4	<a href="#">🔗</a>	1874 12 06 15 50	Val Comino	43	7-8 5.48
NF	<a href="#">🔗</a>	1875 03 17 23 51	Costa romagnola	144	8 5.74
6-7	<a href="#">🔗</a>	1875 12 06	Gargano	97	8 5.86
NF	<a href="#">🔗</a>	1880 07 24 05 40	Isola di Ventotene	5	6 4.63
NF	<a href="#">🔗</a>	1881 03 04 12 15	Isola d'Ischia	17	9 4.14
3	<a href="#">🔗</a>	1881 09 10 07	Chietino	43	7-8 5.41
5	<a href="#">🔗</a>	1882 06 06 05 40	Isernino	50	7 5.20
5	<a href="#">🔗</a>	1883 07 28 20 25	Isola d'Ischia	27	9-10 4.26
2	<a href="#">🔗</a>	1885 09 17 09 35	Benevento	22	5 4.26
2	<a href="#">🔗</a>	1885 12 26 02	Molise	28	5-6 4.66
NF	<a href="#">🔗</a>	1887 12 03 03 45	Calabria settentrionale	142	8 5.55
2	<a href="#">🔗</a>	1889 12 08	Gargano	122	7 5.47
3-4	<a href="#">🔗</a>	1893 01 25	Valle di Diano	134	7 5.15
3-4	<a href="#">🔗</a>	1895 02 01 07 24 35	Monti del Partenio	40	5 4.29
3	<a href="#">🔗</a>	1895 08 09 17 38 20	Adriatico centrale	103	6 5.11
3-4	<a href="#">🔗</a>	1901 07 31 10 38 30	Sorano	76	7 5.16
F	<a href="#">🔗</a>	1903 05 04 03 44	Valle Caudina	78	7 4.69
3	<a href="#">🔗</a>	1903 12 07 05 58	Beneventano	9	4-5 4.14
4-5	<a href="#">🔗</a>	1905 03 14 19 16	Avellinese	94	6-7 4.90
F	<a href="#">🔗</a>	1905 08 25 20 41	Valle Peligna	29	6 5.15
3-4	<a href="#">🔗</a>	1905 09 08 01 43	Calabria centrale	895	10-11 6.95
3-4	<a href="#">🔗</a>	1905 11 26	Irpinia	122	7-8 5.18
3	<a href="#">🔗</a>	1907 12 18 19 21	Monti Picentini	35	5-6 4.52
2	<a href="#">🔗</a>	1908 12 28 04 20 27	Stretto di Messina	772	11 7.10



4	1910 06 07 02 04	Ispinia-Basilicata	376	8 5.76
4	1913 10 04 18 26	Molise	205	7-8 5.35
5	1915 01 13 06 52 43	Marsica	1041	11 7.08
NF	1915 09 23 18 07	Marsica	18	6 5.07
F	1916 07 03 23 21	Isola di Stromboli	18	5-6 4.66
2-3	1919 10 22 06 10	Anzio	142	6-7 5.22
3	1922 12 29 12 22 06	Val Rovato	119	6-7 5.24
3	1923 11 08 12 28	Appennino campano-lucano	28	6 4.73
3	1924 03 26 20 50	Sannio	12	4 4.06
3-4	1924 05 09 05 48	Ispinia	8	4 4.71
2	1925 09 24 13 33 46	Molise occidentale	50	7 5.26
4	1927 05 25 02 50	Sannio	54	6 4.98
NF	1927 12 26 15 06 14	Colli Albani	38	7 4.89
4	1930 04 27 01 46	Salernitano	26	7 4.98
7	1930 07 23 00 08	Ispinia	547	10 6.67
3	1930 10 30 07 13	Sanigallia	268	8 5.83
3	1936 04 03 18 42	Valle Caudina	10	5-6 4.25
3	1948 08 18 21 12 20	Gargano	58	7-8 5.55
2	1956 09 22 03 19 39	Gargano	57	6 4.64
6-7	1962 08 21 18 19	Ispinia	562	9 6.15
NF	1967 12 09 03 09 56	Adriatico centrale	22	4.36
4	1971 05 06 03 45 05	Ispinia	68	6 4.83
F	1971 11 29 18 49 3	Alta Val d'Agri	17	5 4.50
3	1973 08 08 14 36 26	Appennino campano-lucano	29	5-6 4.75
4	1975 06 19 10 11	Gargano	61	6 5.02
2	1977 07 24 09 55 29	Ispinia	85	5-6 4.37
2	1978 02 08 04 10 29	Ispinia	100	5-6 4.44
4	1979 09 19 21 35 37	Valnerina	694	8-9 5.83
3	1980 06 14 20 56 50	Marsica	69	5-6 4.96
7	1980 11 23 18 34 52	Ispinia-Basilicata	1394	10 6.81
4	1980 12 03 23 54 22	Ispinia-Basilicata	11	6 4.83
3-4	1981 01 09 00 12 49	Ispinia-Basilicata	6	5-6 4.36
5-6	1981 02 14 17 27 45	Monti di Avella	85	7-8 4.88
4	1982 03 21 09 44 0	Golfo di Policastro	125	7-8 5.23
NF	1984 04 29 05 02 59	Umbria settentrionale	709	7 5.62
5-6	1984 05 07 17 50	Monti della Meta	911	8 5.86
3	1996 04 03 13 04 3	Ispinia	557	6 4.90
4	1999 10 09 05 41 0	Area vesuviana	38	5 3.24
3-4	2002 11 01 15 09 0	Molise	638	7 5.72
2	2003 06 01 15 45 1	Molise	501	5 4.44
F	2016 08 24 01 36 32	Monti della Laga	221	10 6.18
F	2016 10 26 19 18 0	Valnerina	77	6.07
4-5	2016 10 30 06 40 1	Valnerina	379	6.61

Figura 1 - eventi censiti nel Database Macrosismico Italiano DBMI dell'INGV

Il comune di Napoli viene inserito dall'INGV in una zona, con magnitudo momento massima attesa variabile intorno a **Mw = 5.69**.

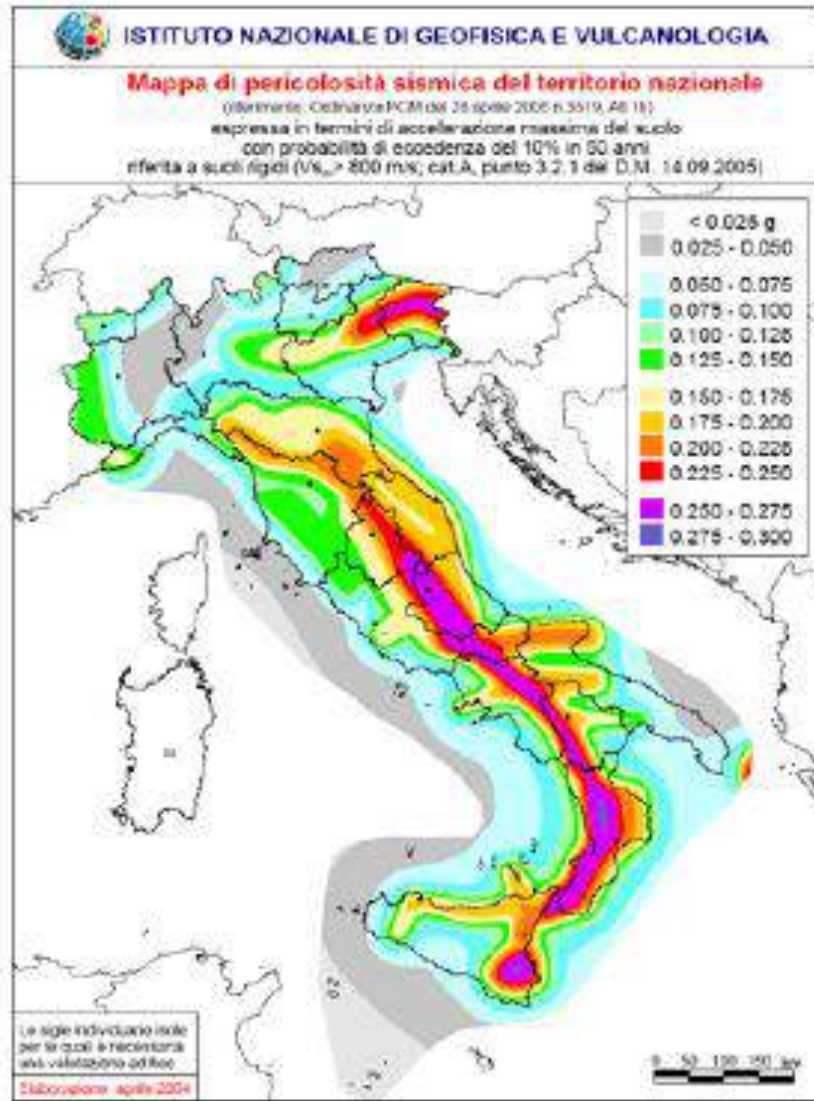
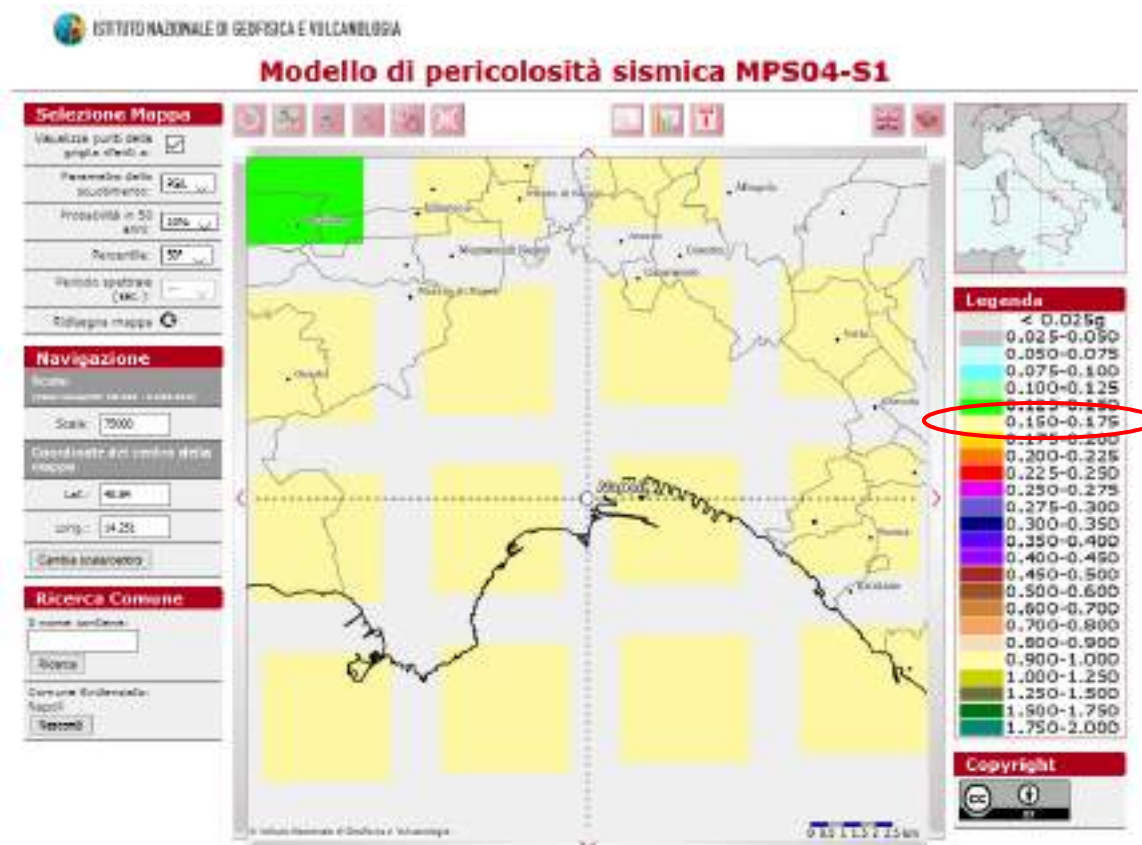


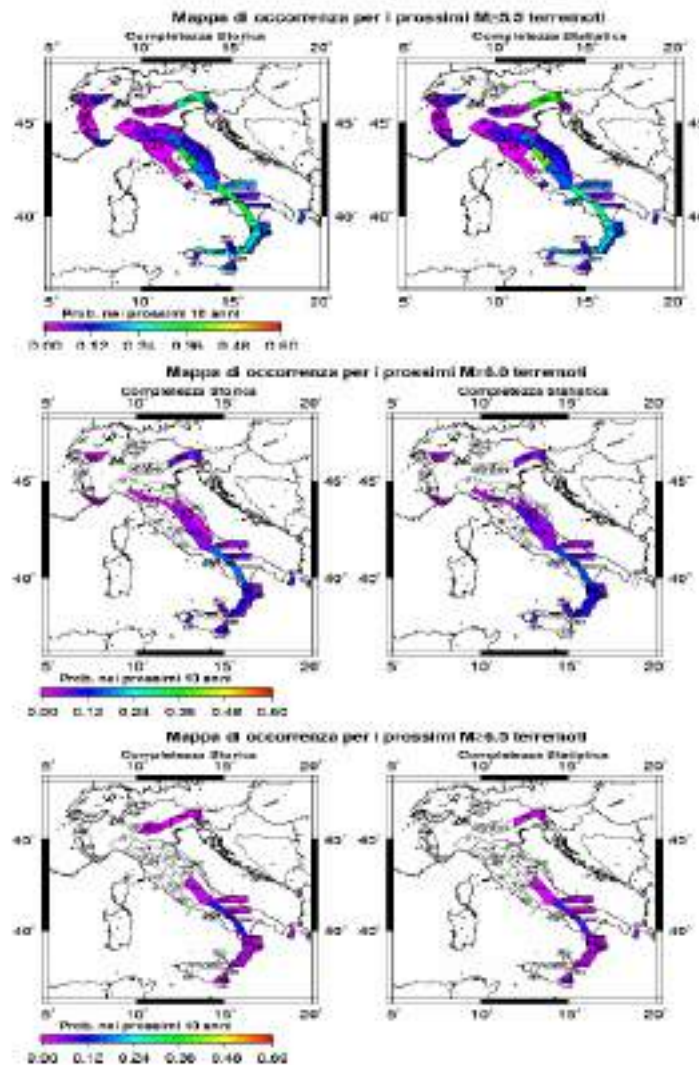
Figura 2 - Mappa della pericolosità sismica - INGV

Sempre l'INGV, nella sua 'Mappa della pericolosità sismica' (fig.2), elaborata con modello probabilistico sismotettonico, comprende il comune di Napoli in una zona con accelerazione orizzontale attesa, con valore compreso nell'intervallo **0.150-0.175 ag/g** (accelerazione su bedrock).



Il modello del clustering spazio-temporale (Faenza et al., 2003, Cinti et al., 2004), basato su analisi statistiche degli eventi storici dal 1600 al 2003, suggerisce che la probabilit  istantanea di occorrenza in ogni area   pi  elevata immediatamente dopo un evento e decresce fino a raggiungere, dopo circa 10 anni, un valore costante che rappresenta la probabilit  media di occorrenza per quella zona, che segue una legge poissoniana. Ci  significa che subito dopo un forte evento sismico nell'area interessata dall'evento stesso la probabilit  che si verifichi un altro forte evento aumenterebbe per i 10 anni circa successivi.

L'istituto INGV di Bologna (insieme all'Institute for Earth Sciences, University of Potsdam, Germany) ha pubblicato delle mappe di probabilit  di occorrenza per i prossimi 10 anni, di terremoti con  $M > 5.5$  per la completezza storica e statistica, di seguito riportate.



Le mappe con probabilità di occorrenza per eventi con  $M > 6.0$  e  $M > 6.5$  mostrano che l'Appennino meridionale ha probabilità relativamente alta, mentre non si osservano più le probabilità elevate in Appennino centrale, nel nord Italia e nell'area dello stretto di Messina. Questo riflette la diversa distribuzione dei terremoti rispetto alla magnitudo fra l'Appennino meridionale e quello centrale.

## 10.2 Risposta sismica locale ed effetti di sito

Per la progettazione e la verifica sismica delle opere d'ingegneria civile, è di fondamentale importanza la previsione delle modificazioni locali del moto sismico, degli spostamenti e delle deformazioni che possono essere indotte nel terreno dal passaggio di onde elastiche. L'esperienza maturata a scala mondiale, ha evidenziato che anche in aree circoscritte e a distanze ravvicinate, il moto del terreno, in seguito ad evento sismico, ha caratteristiche di ampiezza, frequenza e durata molto diverse con conseguenti effetti differenziati. Anche a scala nazionale è stata riscontrata una notevole varietà di

effetti indotti dall'azione sismica in relazione ai rapporti che si stabiliscono tra le caratteristiche del terremoto, le condizioni del sito e le caratteristiche strutturali dell'opera.

La causa di maggiore variabilità spaziale del moto sismico è legata ai fenomeni associati alla propagazione delle onde di taglio nella direzione verticale nei depositi di terreno. Nel passaggio dal substrato rigido (bedrock sismico) alla superficie dei depositi, per effetto delle interazioni tra onde sismiche e terreni si sviluppano fenomeni di risonanza, effetti dissipativi, di incremento e di accumulo di pressioni interstiziali, decadimento della rigidità e della resistenza, che sono tanto più rilevanti quanto maggiore è lo spessore del deposito.

Il moto generato da un terremoto in un sito dipende dalla complessa interazione tra le onde sismiche e le particolari condizioni locali, ossia l'insieme delle caratteristiche morfologiche stratigrafiche dei terreni e delle loro proprietà fisiche e meccaniche.

L'insieme delle modifiche del moto sismico prodotte in relazione alle condizioni geologiche locali, sopra elencate, sono complessivamente indicate come **effetti di sito**. In base al principale fenomeno fisico che influisce principalmente nelle complesse interazioni tra propagazione delle onde e terreno; si distinguono in particolare (Lanzo 2005):

- effetti stratigrafici – le modifiche che il moto sismico subisce derivano da fenomeni di risonanza tra onde sismiche e terreni, in relazione alla loro stratigrafia, alle loro caratteristiche fisico-meccaniche ed al contenuto in frequenza predominante del moto;
- effetti di bordo – le modifiche che il moto sismico subisce dipendono dalla geometria dell'interfaccia substrato-terreno che si presenta bi o tridimensionale nei margini di depositi di valle, dove si manifestano complessi fenomeni di interazioni e generazioni di onde superficiali;
- effetti topografici – le modifiche del moto delle onde, in riferimento a geometrie bi- e tri-dimensionali, sono causate da focalizzazioni delle onde per effetto della configurazione della superficie topografica.

Come conseguenza a quanto fin qui esposto, appare evidente che la scelta dell'azione sismica di progetto deve essere eseguita congruentemente con le condizioni locali presenti nel sito (effetti di sito).



È quindi necessario, definire preliminarmente l'azione sismica in funzione delle caratteristiche generali di sismicità del sito facendo riferimento ad un sottosuolo ideale, successivamente i parametri andranno modificati in funzione delle specifiche condizioni locali, al fine di valutarne le caratteristiche del moto sismico in superficie o alla profondità richiesta.

Come previsto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC), in mancanza di studi specifici di risposta sismica locale, si può fare riferimento alla definizione della categoria di sottosuolo mediante la caratterizzazione geofisica o geotecnica del profilo stratigrafico, previa definizione della pericolosità di base successivamente descritta.

### 10.3 Pericolosità sismica di base

Con l'entrata in vigore del D.M. 17/01/2018, la stima della pericolosità sismica è definita mediante un approccio sito dipendente e non più mediante un criterio zona dipendente.

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite previsti nelle NTC, si definiscono infatti a partire dalla "pericolosità sismica di base", chiamata d'ora in poi pericolosità sismica del sito. Essa viene espressa in termini di accelerazione orizzontale massima  $a_g$  su suolo rigido con topografia orizzontale di riferimento e costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

La pericolosità sismica di sito è definita dalla probabilità che in un certo intervallo di tempo chiamato periodo di riferimento  $T_R$  (espresso in anni), in detto sito si verifichi un evento sismico di intensità almeno pari ad una prefissata. La probabilità in questione è chiamata PVR, probabilità di superamento o di eccedenza nel periodo di riferimento  $T_R$ .

Quindi, ai fini delle NTC le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, dai seguenti parametri, su sito di riferimento rigido orizzontale:

$a_{g0}$  = accelerazione orizzontale massima al sito, espressa in funzione di  $a_g$ ;

$F_0$  = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

$T_c$  = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Nel D.M. 17/01/18 sono forniti i suddetti parametri necessari per la determinazione delle azioni sismiche, per ciascun sito, individuato da una maglia di 4 nodi del reticolo di riferimento.

Come coordinate geografiche mediane (sistema di riferimento WGS 84) del sito si sono considerate quelle del punto mediano dell'area di interesse, di seguito riportate:

- Latitudine: 40°53'42.63"N
- Longitudine: 14°16'4.60"E

Da cui risulta che l'area di progetto rientra nella maglia del reticolo di riferimento del territorio comunale di Napoli, individuato dai 4 nodi aventi i seguenti indici identificativi (ID):

ID nodi	32979	32978	33200	33201
---------	-------	-------	-------	-------

I valori dei parametri sismici (ag, Fo, Tc) del sito dovranno essere scelti tra quelli relativi a ciascuno nodo specificato dal tecnico progettista, cui spetta la scelta finale della classe d'uso dell'opera (con riferimento al suo carattere strategico), la vita nominale dell'opera VN ,da cui consegue il calcolo del periodo di riferimento per l'azione sismica  $TR = VN \times CU$ , in cui CU è un coefficiente relativo alla classe d'uso.

L'azione sismica per il sito in esame è definita sulla base della pericolosità sismica espressa in termini di accelerazione orizzontale massima ag per ciascun stato limite ultimo e di esercizio.

#### **10.4 Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche**

Per quanto riguarda la definizione dell'azione sismica di progetto, il terreno di fondazione, in base ai risultati ottenuti dall'elaborazione dei dati dalle indagini MASW eseguite, è classificato nella "Categoria di sottosuolo di tipo C".

Ai fini dell'applicazione delle norme del D.M. 17/01/18, il territorio nazionale viene suddiviso in zone sismiche, ciascuna delle quali contraddistinta da valori di accelerazione orizzontale massima sul suolo, espressi come frazione dell'accelerazione di gravità (ag).

L'area di intervento progettuale rientra nella maglia del reticolo di riferimento del territorio comunale di Napoli (32979), per cui si possono assumere i relativi valori di ag, riportati in tabella 1 allegato A del D.M.. La categoria topografica del sito secondo la normativa vigente è ascrivibile a T1.

## 10. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Quanto fin qui trattato viene sinteticamente riassunto come segue:

- 1) L'area in studio è ubicata nel popoloso quartiere di Secondigliano in Via Traversa Quarta Cassano, 28 un'area densamente urbanizzata, alle coordinate Latitudine 40°53'42.63"N e Longitudine 14°16'4.60"E (riferite all'ellissoide WGS 84). Per i riferimenti topografici rientra nella tavoletta I.G.M.I., 184 - I - SO "Napoli" della Carta d'Italia edita dall'I.G.M..
- 2) Da un punto di vista morfologico il sito di progetto si colloca alla quota topografica di circa 93 m. s.l.m., in un'area sub-pianeggiante densamente urbanizzata. La categoria topografica, secondo la vigente normativa, è **T1**.
- 3) La zona di progetto non è classificata a rischio geomorfologico e a rischio idraulico nel vigente P.A.I.; non sono presenti evidenze di processi morfogenetici generalizzati e profondi in atto e gli edifici esistenti nell'area di interesse non presentano lesioni imputabili a cedimenti differenziali del terreno.
- 4) Nell'area di interesse progettuale, come visibile nella carta Geologica allegata; affiora il "**Subsintema di Contrada Romano**": successione di depositi prevalentemente cineritici finemente stratificati con intercalati livelli di lapilli pomicei da caduta. I depositi poggiano su di uno spesso paleosuolo ocreo ampiamente diffuso sia nei settori interni che esterni alla caldera flegrea, nelle aree circostanti, fino ai contrafforti appenninici o, a luoghi, su depositi marini
- 5) Ai fini del calcolo dei parametri sismici di base sono state utilizzate le seguenti coordinate del baricentro dell'area di studio sono Latitudine 40°53'42.63"N e Longitudine 14°16'4.60"E (riferite all'ellissoide WGS 84)
- 6) L'alternanza di litotipi aventi grado di permeabilità medio-alto con altri a permeabilità scarsa fa sì che, nell'unità idrogeologica, la circolazione idrica sotterranea avvenga per falde sovrapposte e, quando le modalità di deposizione dei prodotti piroclastici e lavici lo consentono, tra loro interconnesse.  
  
I terreni di diretto interesse, presentano una permeabilità primaria bassa in corrispondenza della frazione cineritica addensata con un coefficiente di permeabilità K compreso tra  $10^{-5}$  e  $10^{-6}$  cm/sec, mentre gli strati costituiti da depositi cineritici meno addensati hanno una permeabilità primaria media con un coefficiente di permeabilità K compreso tra  $10^{-3}$  e  $10^{-4}$  cm/sec.

- 7) In considerazione della permeabilità della formazione affiorante, si potrebbe ipotizzare che la profondità della falda idrica sia tale da non avere influenza ai fini geotecnici, tuttavia i livelli cineritici più addensati, potrebbero limitare la circolazione idrica verticale portando alla formazione di vere e proprie falde sospese con livelli fluttuanti in relazione alla stagionalità.
- 8) Dai risultati delle indagini geognostiche e geofisiche eseguite nell'area di sedime, in accordo con quanto riportato in bibliografia i terreni indagati, costituiti da **“Depositi cineritici stratificati afferenti al Subsistema di Contrada Romano”**, sono riconducibili alla **classe C Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti** con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s, avendo misurato la seguente velocità equivalente:  $M_{sw1} : V_{seq}$  pari a **296 m/sec.**
- 9) Sono state, inoltre, acquisite n.1 misura di sismica a rifrazione con interpretazione tomografica e n.1 prova sismica passiva HVSR. Il profilo tomografico ottenuto riporta velocità compatibili con la litologia affiorante rappresentata da depositi cineritici. La frequenza di picco misurata è :

$$(f_0) = 0.65 \text{ Hz} \pm 0.17 \text{ Hz}$$

- 10) I parametri geomeccanici che caratterizzano i terreni di interesse progettuale, definiti sulla base dei dati ottenuti dall'elaborazione dei risultati delle prove dirette effettuate in situ (prove penetrometriche dinamiche leggere continue), nonché dal raffronto con quanto presente in un'ampia letteratura specializzata, sono i seguenti:

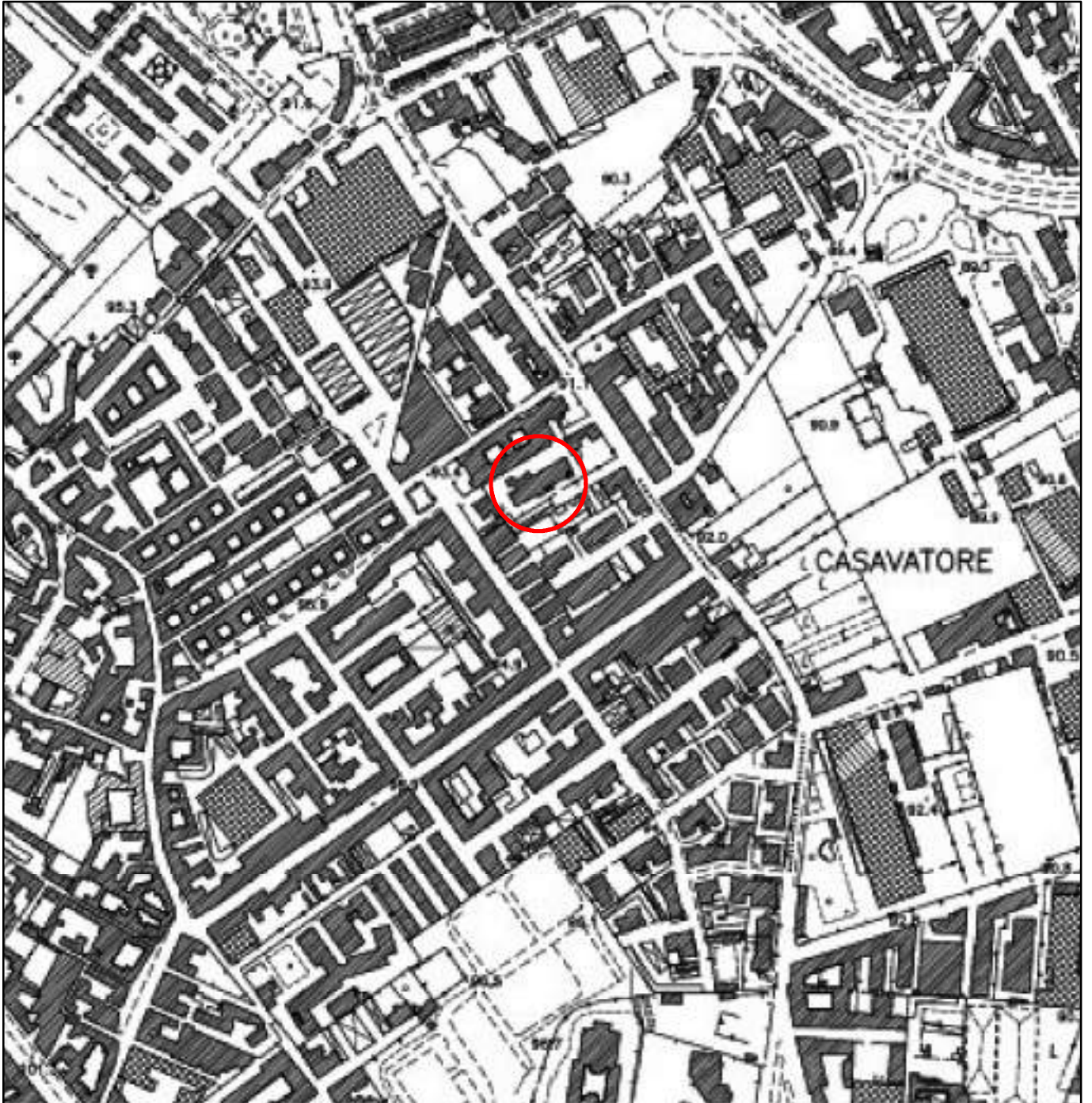
TIPO DI TERRENO	Angolo di attrito interno - $\varphi'$ (°)	Peso di volume $\gamma$ (t/m <sup>3</sup> )	Coesione drenata $c'$ (t/m <sup>2</sup> )
Depositi cineritici	28°	1.76	0

La coesione si trascura a vantaggio della sicurezza.


Il Geologo  
Dott. Sergio Dolfin



# AEROFOTOGRAMMETRIA



Legenda

 Area di progetto

1:5,000






# ORTOFOTO



## Legenda

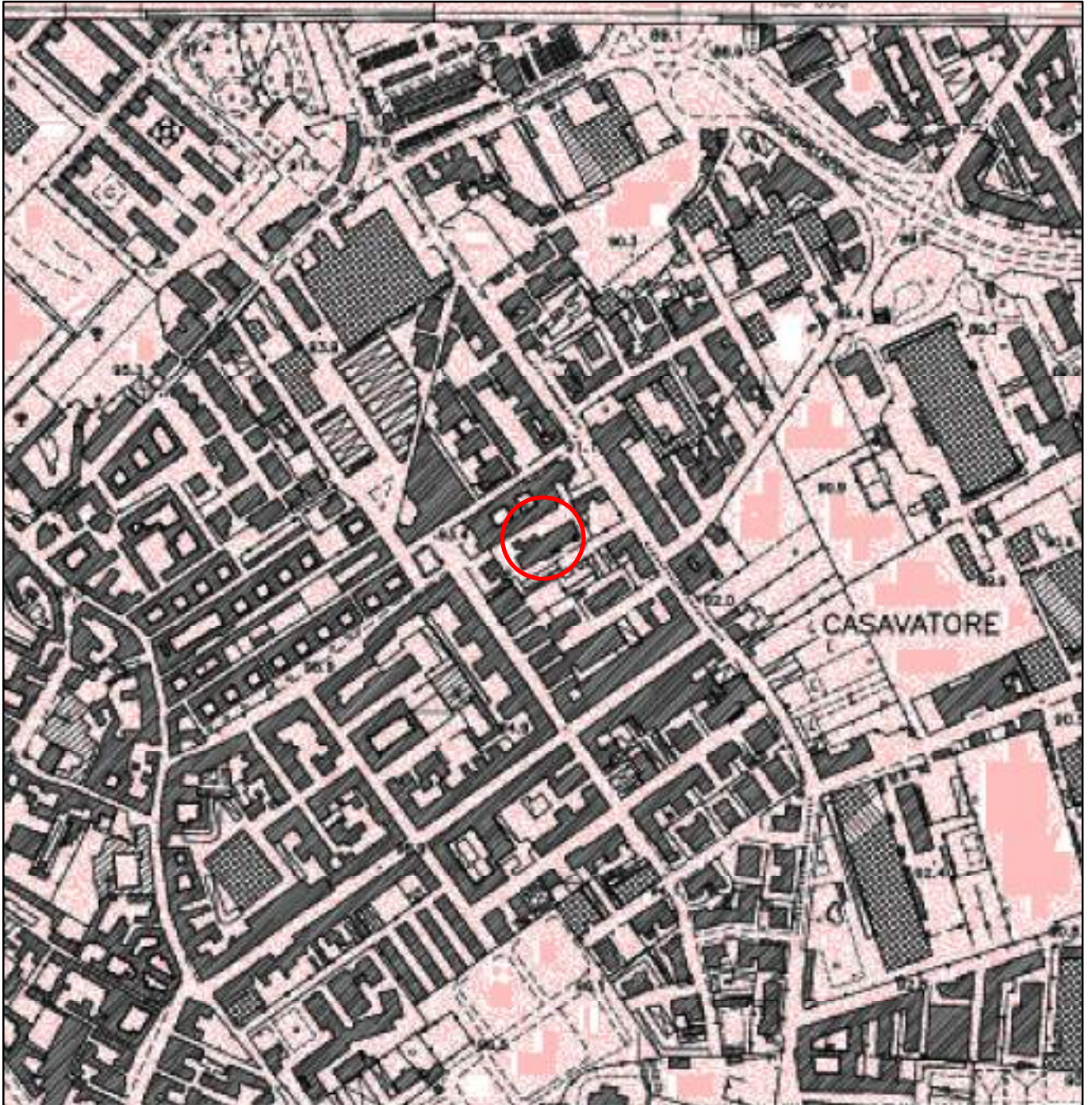
 Area di progetto

1:5,000





# CARTA GEOLOGICA



## Legenda



Area di progetto

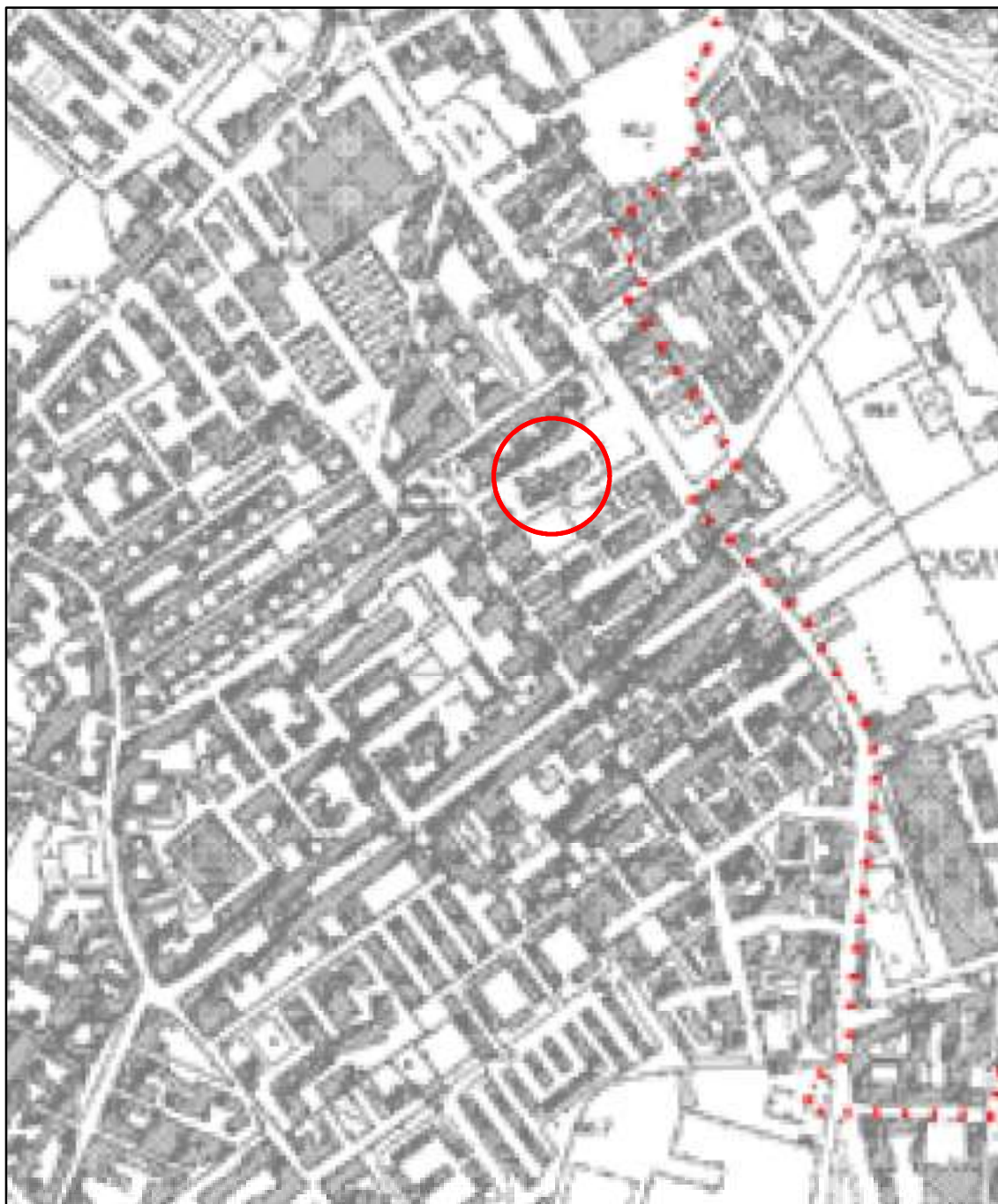


Subsistema di Contrada Romano: successione di depositi prevalentemente cineritici finemente stratificati con intercalati livelli di lapilli pomicei da caduta

1:5,000














# CARTA DELLA PERICOLOSITA' RELATIVA (SUSCETTIBILITA') DA FRANA

## Legenda

-  Area di progetto
-  P3 - Area a suscettibilità alta all'innesco, al transito e/o all'invasione da frana
-  P2 - Area a suscettibilità media all'innesco, al transito e/o all'invasione da frana
-  P1 - Area a suscettibilità bassa all'innesco, al transito e/o all'invasione da frana
-  Area interessata da attività estrattiva in cui sono necessari studi di dettaglio mirati alla verifica delle condizioni di stabilità
-  Limite di bacino
-  Limite comunale









1:5,000





## CARTA DEL RISCHIO DA FRANA

### Legenda

-  Area di progetto
-  R4 - Rischio molto elevato
-  R3 - Rischio elevato
-  R2 - Rischio medio
-  R1 - Rischio moderato
-  Aree il cui livello di rischio potrà essere definito a seguito di studi e indagini di dettaglio
-  Limite di bacino
-  Limite comunale

1:5,000











# CARTA PER LA PERICOLOSITA' PER FENOMENI DI ALLAGAMENTO E DA ESONDAZIONE

## Legenda

 Area di progetto

### Pericolosità per fenomeni di allagamento da esondazione

-  P4 area a pericolosità molto elevata ( T= 20, 100 anni; h > 100 cm)
-  P3 area a pericolosità elevata (20 anni; 50 < h < 100 cm)
-  P2 area a pericolosità media (T= 20 anni; h < 50 cm)
-  P1 area a pericolosità moderata (T=100,300 anni; h < 50 cm)
-  Pa area a suscettibilità alta per fenomeni di trasporto liquido e trasporto solido da alluvionamento, riconosciuta su base geomorfologica, stratigrafica e da dati storici per la presenza di conoidi attivi a composizione prevalentemente ghiaioso-sabbiosa.
-  Pa area di crisi a suscettibilità alta per fenomeni di trasporto liquido e trasporto solido da alluvionamento.
-  Pm area a suscettibilità media per fenomeni di trasporto liquido e trasporto solido da alluvionamento, riconosciuta su base geomorfologica e stratigrafica per la presenza di settori distali di conoidi attivi a composizione prevalentemente sabbiosa.
-  Pb area a suscettibilità bassa di iniezione per fenomeni diffusi di trasporto liquido e trasporto solido da alluvionamento di prevalente composizione sabbioso-limosa
-  settore di conoidi attualmente non più riattivabile per modificazioni antropiche
-  Pb conche endoreiche e zone a folla sub-affiorante
-  punti/fasce di possibile crisi idraulica localizzata/diffusa dovuta a: fita vegetazione in alveo, presenza di rifiuti solidi, riduzione di sezione, sponde danneggiate
-  area ad elevata suscettibilità di allagamento ubicata al piede di versanti  
N.B. L'estensione e l'intensità effettiva di tali zone/casi sarà quantificata a seguito di studi, rilievi ed indagini di dettaglio.  
L'area da indagare potrà essere assunta, in prima approssimazione, come quella racchiusa in una circonferenza di diametro pari a 200m con centro nel punto di inizio dell'azimut idraulico (casi critici puntuali) ovvero in una fascia di ampiezza pari a 400m in asse all'alveo (casi di crisi diffuse)
-  vasca
-  reticolo idrografico
-  linea di impianto inerte
-  tratto tombato
-  alveo strada
-  asse montane in discesa con tratti di possibile crisi per piene repentine / colate detritiche / alluvioni di conoidi
-  linea di bacino
-  limiti comunali

1:5,000







# CARTA DEL RISCHIO IDRAULICO

## Legenda

-  Area di progetto
-  **R4** Rischio molto elevato
-  **R3** Rischio elevato
-  **R2** Rischio medio
-  **R1** Rischio moderato
-  **Area il cui livello di rischio potrà essere definito a seguito di studi e indagini di dettaglio**  
 N.B. L'estensione e l'intensità effettiva di tali zone di crisi sarà quantificata a seguito di studi, rilievi ed indagini di dettaglio.  
 L'area da indagare potrà essere assunta, in prima approssimazione, come quella racchiusa in una circonferenza di diametro pari a 200m con centro nel punto di inizio dell'acrola idraulica (oasi crisi puntuali) ovvero in una fascia di ampiezza pari a 400m in asse all'aveo (oasi di crisi diffuse)
-  vasca
-  reticolo idrografico
-  linea di impianto incerta
-  tratto tombato
-  alveo strada
-  asse montano inciso con tratti di possibile crisi per piena repentine / colate detritiche / alluvioni di conoidi
-  limiti comunali
-  limite di bacino

1:5,000



**I.C. 80 C.D.BERLINGUER**  
**Plesso Materna**  
**Traversa Quarta Cassano, 28 Secondigliano**  
**Codice Scheda: 7.20.191**

**RAPPORTO DI INDAGINI GEOGNOSTICHE**

**SOMMARIO**

<b>1. GENERALITA'</b> .....	<b>4</b>
1.1 Introduzione.....	4
1.2 Elaborati .....	4
<b>2. CAMPAGNA GEOFISICA</b> .....	<b>5</b>
2.1 Indagine Geofisica.....	5
2.2 Attrezzatura geofisica .....	5
2.3 Prove Sismiche “Active Masw” .....	7
2.4 Tomografia sismica a rifrazione.....	13
2.5 Prove Di Sismica Passiva A Stazione Singola (HVSR) .....	18

## 1. GENERALITA'

### 1.1 Introduzione

La campagna indagini oggetto del presente report è stata eseguita dal 31/08/2021 al 03/09/2021. Il presente lavoro ha lo scopo di illustrare l'attività e i risultati della campagna di indagini geofisiche e geognostiche eseguita a supporto dello studio geologico finalizzato alla verifica della vulnerabilità sismica del Plesso del Plesso Materna dell' I.C. 80 C.D. BERLINGUER Traversa Quarta Cassano, 28 Secondigliano - Napoli.

Lo schema delle indagini eseguite è qui di seguito riportato:

<i>N°1 Prove sismiche Active MASW</i>
<i>N°1 Misure di Sismica a rifrazione con interpretazione tomografica</i>
<i>N°1 Prove Sismica Passiva</i>

### 1.2 Elaborati

Tutti i dati raccolti ed analizzati sono stati utilizzati per la stesura della presente relazione, corredata dai seguenti elaborati:

- Planimetria indagini
- Report fotografico

## 2. CAMPAGNA GEOFISICA

### 2.1 Indagine Geofisica

Le indagini sono state eseguite con un sismografo modello Sysmatrack della M.A.E. (molisana apparecchiature elettroniche) a 24 canali ed un geofono 3D da superficie.

### 2.2 Attrezzatura geofisica

#### 2.2.1 Sismografo

Caratteristica principale di questo sismografo è la risoluzione di 24 bit effettivi per ogni singolo canale che si ottiene grazie all'utilizzo della nuova scheda di acquisizione dati MAE 24 bit, che adotta un convertitore digitale A/D 24 bit per ciascuno dei canali di ingresso di cui è dotato il sismografo (tecnologia SST). L'adozione di tale architettura lo rende ideale per tutte le tipologie di prospezione sismica attiva e passiva nonché per indagini e rilievi strutturali su edifici ed opere infrastrutturali (acquisizione di vibrazioni con accelerometri o sensori sismici a bassa frequenza, etc.). Le procedure automatiche permettono verifiche preacquisizione dalla corretta connessione dei geofoni e dell'analisi della rumorosità di fondo del sito investigato, inoltre è possibile effettuare una prima analisi dei dati acquisiti, anche per singola onda, direttamente in campagna, visualizzando i dati relativi alle velocità in ogni singolo punto dell'onda esaminata.



Figura 1 - Strumentazione per indagini sismiche costituita da mazza, piastra, sismografo, batteria e cavi

**Specifiche tecniche:**

- Numero canali: 12, espandibile a 24 (tramite pacchetto espansione)
- Convertitori: risoluzione 24 bit, tecnologia sigma-delta
- Range dinamico: 144 dB (teorico)
- Distorsione massima: +/-0.0010%
- Banda passante: 2Hz-30KHz
- Common mode rejection: 110 dB a 60 Hz
- Diafonia: -120dB a 20 Hz
- Soglia di rumore dell'amplificatore programmabile: 27nV
- Precisione del trigger: 1/30 del tempo di campionatura
- Range massimo segnale in ingresso: +/-5V
- Impedenza di ingresso a 1000 campioni /secondo: 20Mohm
- Livelli di amplificazione: 0 dB, 6 dB, 12 dB, 18 dB, 24 dB, 30 dB, 36 dB impostabili singolarmente per ogni canale per gruppi di canali liberamente organizzabili
- Filtro anti-alias: -3dB, 80% della frequenza di Nyquist, -80dB
- Tempo pre-trigger: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 50, 100, 200, 300, 400, 500ms
- Intervalli di campionamento:1/30, 1/15, 1/7.5, 1/3.75, 0.5, 1.0, 2.0, 10.0, 20.0 ms; 8.0, 4.0, 2.0 ms in registrazione continua
- Numero di campioni per evento: impostabile da 1024 a 21800 con incrementi di 512
- Interfacce disponibili: USB (richiede un PC di controllo)
- Canali: configurazioni da 12, 24. Possibilit  di utilizzare da 1 al numero massimo di canali installati per ogni acquisizione.
- Modalit  di acquisizione: con trigger esterno su tutti i canali e a tempo su max 12 canali.
- Auto-calibrazione interna dei convertitori prima di ogni acquisizione.
- Filtri digitali: selezionati automaticamente in base alla frequenza di campionatura
- Test geofoni: verifica automatica per individuare interruzioni dei cavi oppure geofoni rotti o in corto.
- Visualizzazione in tempo reale dei segnali provenienti dai geofoni
- Archiviazione dati: nelle memorie di massa del PC di controllo
- Trigger: positivo, negativo (opzionale a chiusura di contatto) con soglia regolabile da software



- Formato dei dati: SEG-2 standard (32-bit long integer) o ASCII

### 2.2.2 Sensore 3D da superficie

Il sensore 3D da superficie da 2HZ è un sensore passivo triassiale di lungo periodo con basso rumore, contenente 3 geofoni a bassa frequenza orientati lungo i tre assi. È dotato di piedini di supporto per l'utilizzo su pavimentazione o infissione nel terreno, bolla di livellamento, maniglia di trasporto.

Altezza: 10.00 cm

Diametro: 14.00 cm

Peso: 4 kg



Figura 2 – Sensore 3D da superficie

## 2.3 Prove Sismiche “Active Masw”

Durante la campagna indagini sono state eseguite n° 2 prove MASW di seguito le rispettive interpretazioni.

### 2.3.1 Software di analisi

L'analisi dei dati avviene utilizzando un software specifico che elabora i dati strumentali di vari formati TXT, SEG2, SG2, DAT, SU, SEGY, SGY, XLS e DRM.

L'inserimento dei dati sperimentali prevede di inserire la distanza tra i ricevitori, il tempo di campionamento, il punto di scoppio e il numero ricevitori/segnali da considerare.

Definito lo spettro f-k si selezionerà il range di frequenza da analizzare definendo la curva di dispersione sperimentale. Sarà definita la stratigrafia del sottosuolo sismico da investigare, il numero di iterazioni.

Un processo di inversione metterà a confronto curva sperimentale ed apparente e curva sperimentale ed effettiva oltre ai modi di Rayleigh. Quindi si definirà un profilo Vs e relativa curva di taglio verticale. Il processo dati si chiude con la definizione delle unità sismogenetiche e relativi valori di Vs dai quali con applicazione della formula

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

Si otterrà il valore di  $V_{s,eq}$  che definirà la categoria di suolo di fondazione così come richiesto dal D.M 17 Gennaio 2018 - Norme tecniche per le costruzioni basandosi sulle velocità medie delle onde sismiche trasversali nei primi trenta metri terreno fondazionale per la determinazione dei fattori amplificativi dell'azione sismica.

### 2.3.2 Misura Masw 1

La misura MASW è stata eseguita lungo una linea di **33,00** metri.

Sono stati adoperati 12 geofoni con frequenza di 4,5 Hz collocati nel terreno lungo una linea con interdistanza di **3,00** metri.

Il punto di energizzazione è stato posto a **- 3,00** metri di distanza dal geofono n.1 e sullo stesso allineamento.

Nelle immagini seguenti sono riportati i sismogrammi e le schermate prodotte dal software durante il processo di elaborazione.

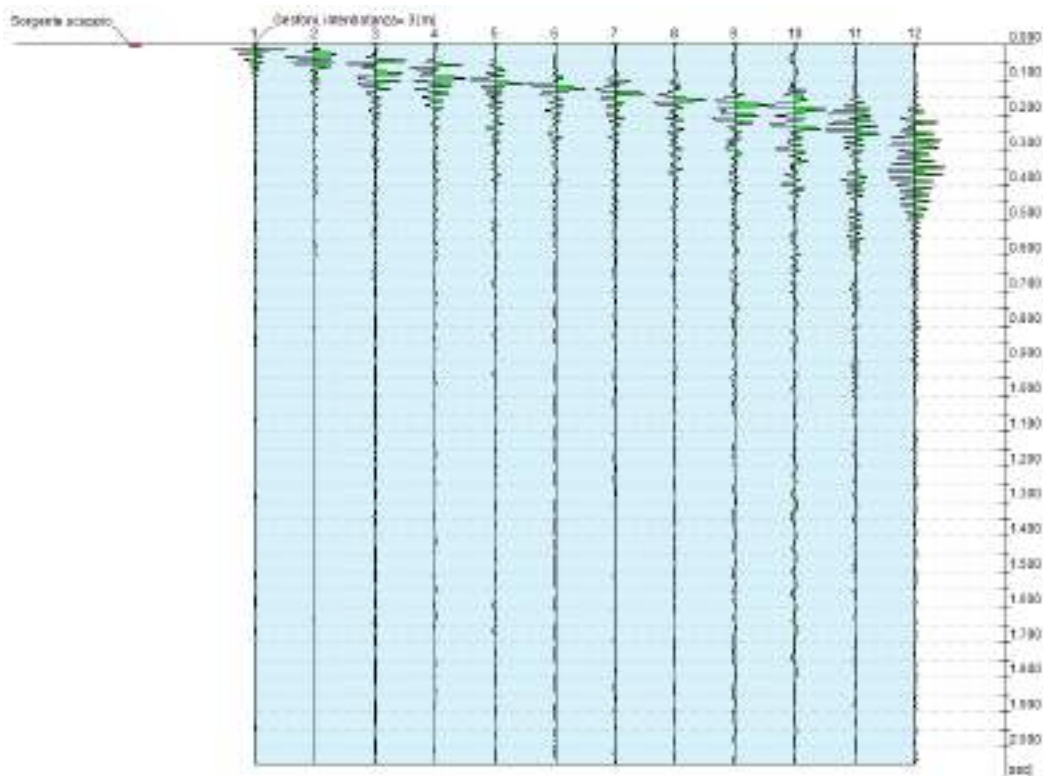


Figura 3 – Tracce sperimentali

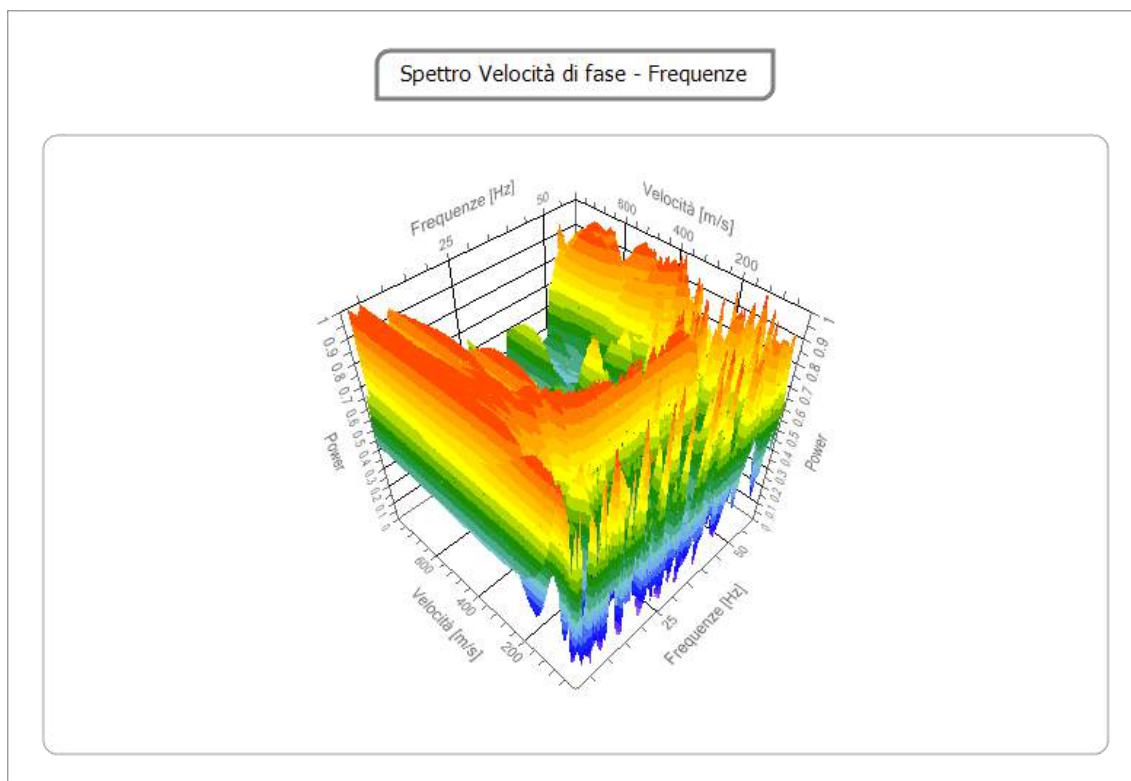


Figura 4 – Spettro Velocità di fase - Frequenze

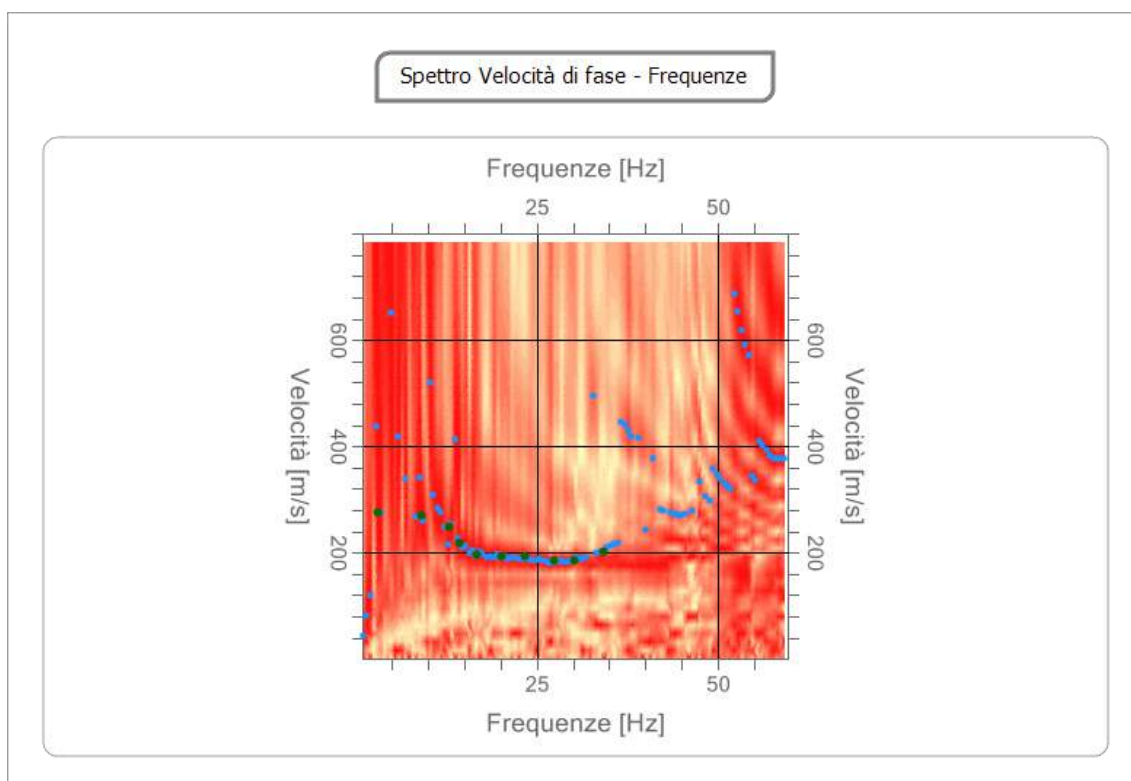


Figura 5 – Curva di dispersione sperimentale

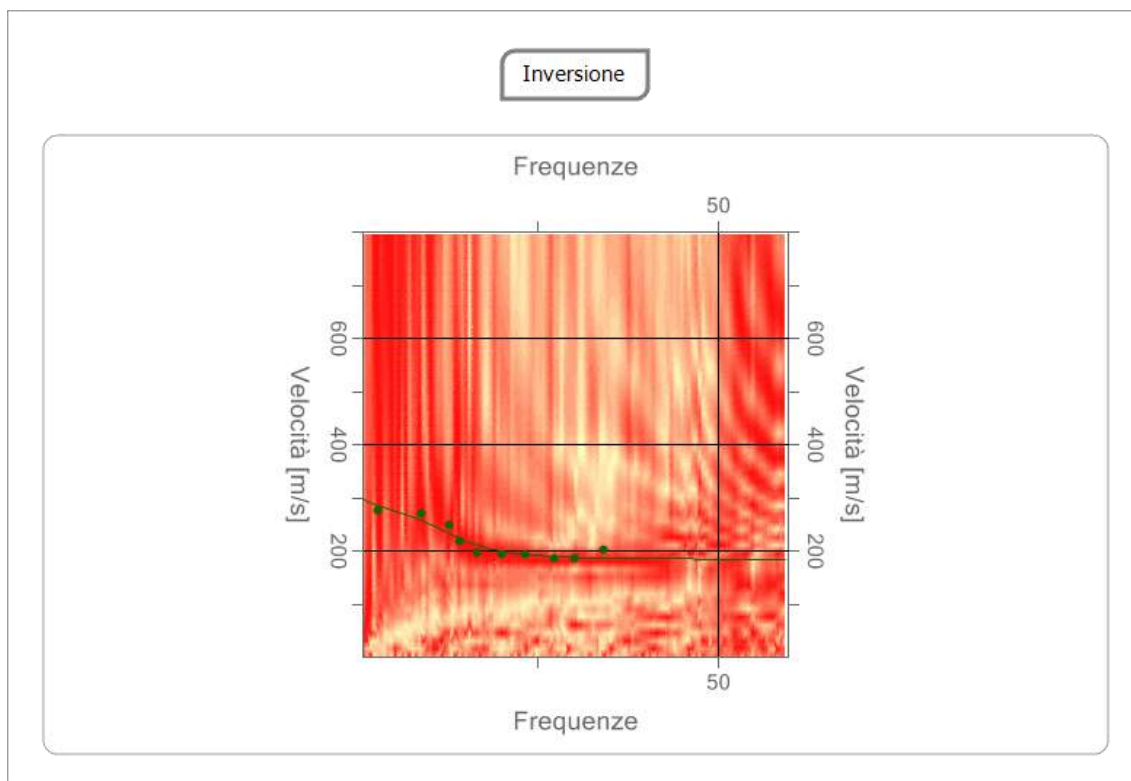


Figura 6 – Inversione

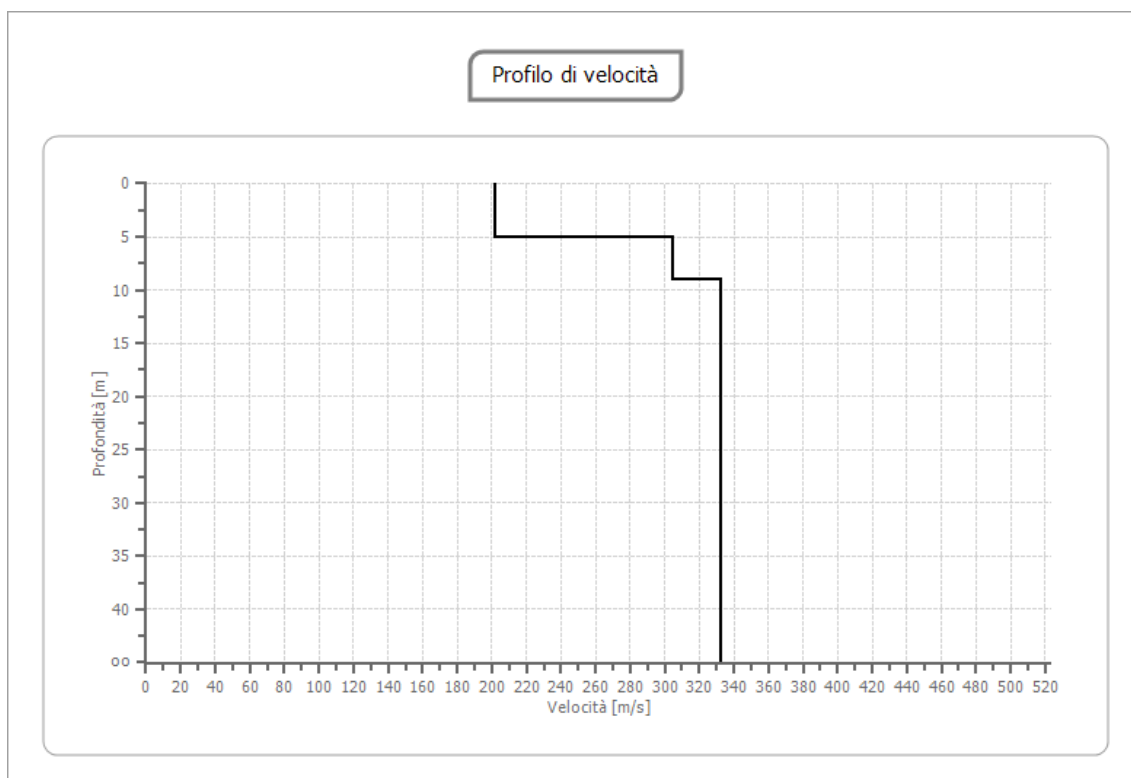


Figura 7 – Profilo di velocità

Il software elabora e definisce il valore medio delle velocità delle onde trasversali  $V_s$  relativo ad uno spessore di 30 metri.

<b>Strato (m)</b>	<b>Vs,i</b>
<b>0 – 5,00</b>	<b>202</b>
<b>5,00 – 9,00</b>	<b>304</b>
<b>9,00-∞</b>	<b>332</b>



Suolo	Descrizione geotecnica	Vseq(m/s)
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di Vs30 > 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 metri	>800
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s	360=800
C	<b>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</b>	<b>180=360</b>
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.	<180
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.	

**Valori del parametro Vs,eq**

Così come previsto dalla vigente normativa è stata calcolata la VS,eq con la seguente espressione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

Essendo:

hi = spessore dell'i-esimo strato;

Vs,i = velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;

N = numero di strati;

H = profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da VS non inferiore a 800 m/s.

Il valore calcolato per la misura **MASW1** è:

**Vs,eq = 296 m/sec**

In base al valore di  $V_{s,eq}$  ottenuto la categoria sismica di suolo è **C** - “Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.”

#### 2.4 Tomografia sismica a rifrazione

Durante la campagna di indagine è stata eseguita 1 misura di sismica a rifrazione con interpretazione tomografica.

L'indagine sismica a rifrazione è un'indagine indiretta che utilizza i contrasti di velocità delle onde sismiche. La velocità delle onde sismiche dipende dalla densità e dalla rigidità del materiale attraversato ovvero da proprietà riconducibili alle caratteristiche litologiche del substrato indagato. La direzione di propagazione delle onde in profondità rispetta la legge di Snell dando origine a fenomeni di rifrazione riflessione e diffrazione. Nelle indagini a rifrazione, come dice il nome stesso, verranno considerate solo le onde rifratte.

Lo svolgimento della prova consiste nel generare un'onda sismica di compressione (e registrarne l'arrivo a dei geofoni disposti in linea ad intervalli noti).

L'interpretazione delle misure registrate si basa sull'analisi del tempo impiegato dall'onda generata a raggiungere ciascun geofono. Per poter ricostruire la variazione di velocità delle onde

di compressione nel sottosuolo è necessario eseguire più energizzazioni in posizioni differenti.

Le misure effettuate con la tecnica a rifrazione possono essere elaborate con la procedura tomografica al fine di evidenziare in dettaglio le variazioni locali di velocità.

Nella seguente tabella si riportano i valori di velocità delle onde P ed S dei principali litotipi, riferibili anche al contesto geologico in esame (Fonte: Hearey e Brooks 1991, Bala et al 2005, Corrao e Coco 2006, bibliografia specialistica reperibile in rete).

Tabella 1

Litotipi	Vp [m/s] min-max	Vs [m/s] min-max
<b>TERRENI E ACQUA</b>		
Alluvioni	400 - 2000	200 - 800
Sabbia asciutta	200 - 1000	80 - 400
Sabbia satura (in funzione anche del grado di saturazione)	600 - 2300	250 - 450
Sabbia siltosa	600 - 1900	200 - 600
Sabbia e ghiaia	300 - 1800	300 - 600
Limo	650 - 1250	240 - 480
Argilla	1000 - 2500	300 - 600
Argilla sabbiosa	600 - 2500	200 - 450
Acqua	1450 - 1500	0
<b>ROCCE SEDIMENTARIE</b>		
Argillite	2100 - 4400	550 - 2100
Arenaria	2000 - 6000	950 - 3100
Arenaria fratturate	800 - 2100	360 - 950
Calcare	2000 - 7000	1000 - 3300
Calcare fratturato	750 - 1500	330 - 1000
Calcarenite	1400 - 4400	800 - 2500
Calcarenite fratturata	600 - 1300	330 - 800
Marna	1500 - 2000	300 - 500
<b>ROCCE IGNEE</b>		
Basalto	1800 - 5000	1000 - 3000
Basalto fratturato	950 - 1350	480 - 700
Granitoidi	1600 - 5000	900 - 3000
Granitoidi fratturati	1000 - 1750	500 - 900
Piroclastite coerente	750 - 2500	350 - 1100
Piroclastite incoerente	350 - 1000	160 - 450

#### 2.4.1 Software di analisi

L'analisi dei dati avviene utilizzando un software specifico che elabora i dati strumentali di vari formati TXT, SEG2, SG2, DAT, SU, SEGY, SGY, XLS e DRM.

La tecnica tomografica prevede la creazione di un modello sintetico del sottosuolo e la sua perturbazione alla ricerca del minimo scarto tra le misure effettuate sul terreno e le misure "virtuali" registrate sul modello sintetico attraverso una procedura iterativa che alterna le due seguenti fasi:

- Nella fase "diretta" vengono calcolati sul modello sintetico i tempi di arrivo del impulso sismico (smartTomo è basato sul lavoro di Moser, T. J. "Shortest path calculation of seismic rays." Geophysics 56.1 ( 59 67). Il modello di velocità iniziale è suddiviso in una griglia le cui celle hanno assegnato un valore di velocità iniziale. Sui lati della cella sono presenti più nodi (il numero è scelto dall'utente che costituiscono i nodi della rete di ipotetici raggi sismici che connettono tutte le sorgenti e tutti i ricevitori che sono anche essi dei nodi. Ogni nodo è connesso con i nodi delle celle adiacenti. Aumentando il numero di nodi aumenta il dettaglio e la precisione nel percorso dei raggi sismici ma aumenta anche l'uso di memoria. Il percorso delle onde rifratte

corrisponde al percorso che impiega il minor tempo a percorrere il tragitto tra la sorgente ed il ricevitore.

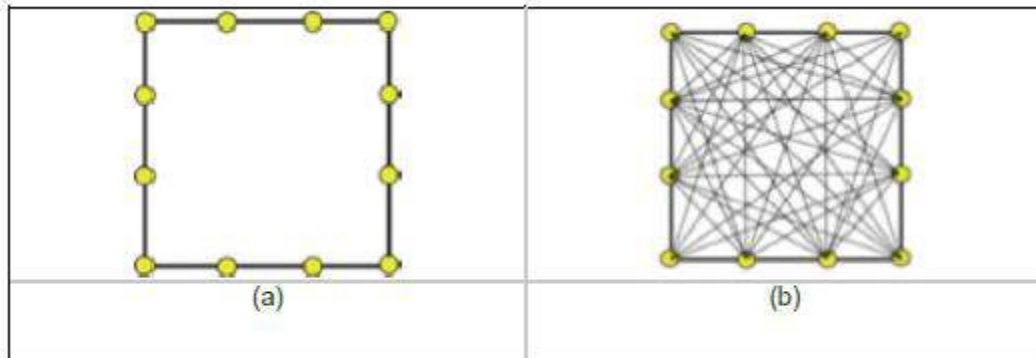


Figura 1 (a) Esempio di cella con 4 nodi; (b) visualizzazione dei possibili raggi sismici che congiungono i nodi della cella.

- Nella fase “inversa” i tempi sintetici calcolati nel passo “diretto” vengono confrontati con i tempi misurati sui sismogrammi le differenze tra i tempi sono usate per aggiornare il modello sintetico (smartTomo impiega un algoritmo riconducibile alla famiglia delle “Simultaneous Iterative Reconstruction Technique Nell’applicazione di questo metodo la velocità viene sostituita dal suo inverso, la lentezza. Ad esempio considerando un generico raggio sismico  $j$  tra la sorgente ed il ricevitore la lentezza media può essere espressa come:

$$S_{ij} = \frac{t_{0j}}{l_j}$$

dove  $t_{0j}$  rappresenta il tempo misurato tra la sorgente ed il ricevitore e  $l_j$  rappresenta la lunghezza del raggio sismico  $j$ -esimo. Pertanto, conoscendo i tempi di percorso misurato  $t_m$  e  $t_c$  per il raggio  $j$ -esimo si può calcolare il residuo del tempo di percorso:

$$\Delta t_j = t_{mj} - t_{cj}$$

Il residuo dei tempi di percorso viene proiettato su ciascuna cella  $k$  su cui si calcola anche il fattore di correzione della lentezza:

$$\Delta S_k = \frac{\sum \Delta t_{ik}}{\sum \Delta l_{ik}}$$

L’indice  $i$  rappresenta ciascun raggio sismico incidente sulla cella  $k$ -esima. Il fattore di correzione della lentezza verrà utilizzato per aggiornare il modello di velocità alla fine di ogni iterazione del ciclo di risoluzione. Questa procedura consente di ottenere un modello, con variazioni di velocità continue e non necessariamente vincolato alla presenza di rifrattori.

Ad ogni ciclo di aggiornamento segue una fase di smoothing del risultato per rendere più omogeneo il modello aggiornando le celle adiacenti ai raggi sismici che non verrebbero aggiornate e garantendo maggiore stabilità alle procedure di calcolo.

Il funzionamento della procedura è illustrato nella Figura 2 tratta da Reinhard Kirsch “Groundwater Geophysics A Tool for Hydrogeology” Springer 2006

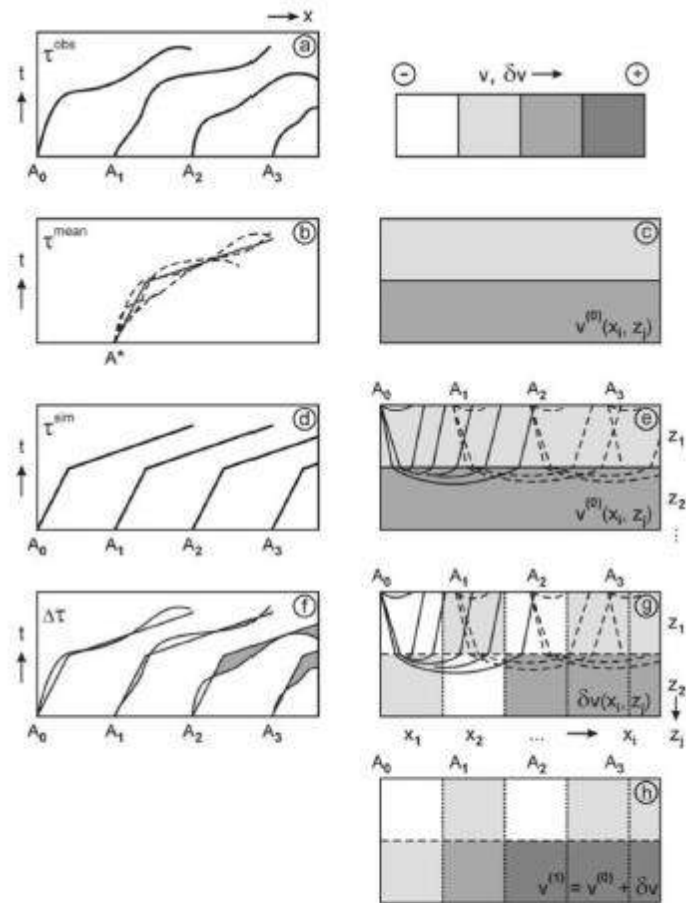


Figura 2 Immagine che illustra il processo di ottimizzazione del risultato da parte della tomografia sismica.  
 (a) Le dromocrone misurate sulle tracce registrate sul terreno sono utilizzate per costruire il modello iniziale (b) e (c).  
 (d) Utilizzando il modello iniziale (e) vengono calcolate le dromocrone sintetiche.  
 (f) Vengono calcolate le differenze tra le dromocrone misurate e simulate (equazione 2) e vengono calcolati gli aggiornamenti del modello di velocità (g) (equazione 3)  
 (h) Il modello di velocità aggiornato può essere utilizzato come un nuovo modello iniziale in (d) e (e) fino a quando un determinato criterio di stop è stato raggiunto.



## 2.4.2 Tomografia 1

La misura TOMO1 è stata eseguita lungo una linea rettilinea di **33,00 m**. Sono stati adoperati 12 geofoni con frequenza di 4,5 Hz collocati nel terreno lungo una linea rettilinea con interdistanza di **3,00 metri**. I punti di energizzazione sono stati posti a -3,00 m; 7,50 m; 13,50 m; 19,50 m; 25,50 m; 37,50 m, 36 m di distanza dal geofono n. 1 e sullo stesso allineamento.

Nelle immagini seguenti sono riportati le schermate prodotte dal software durante il processo di elaborazione.

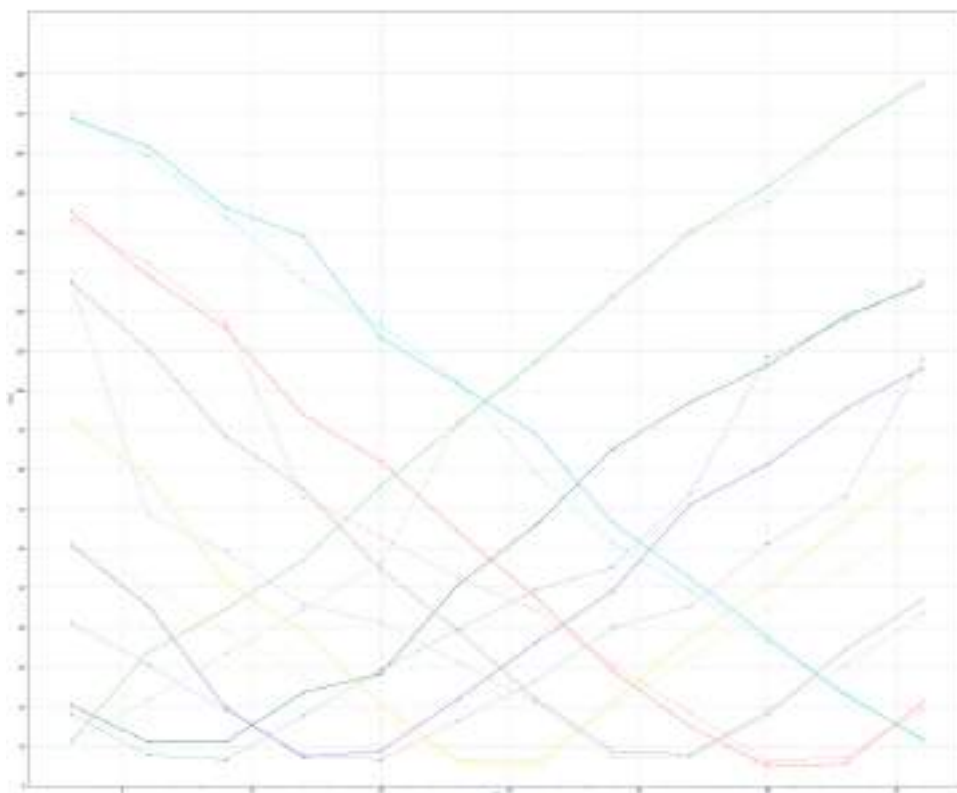


Figura 8 – Dromocrone

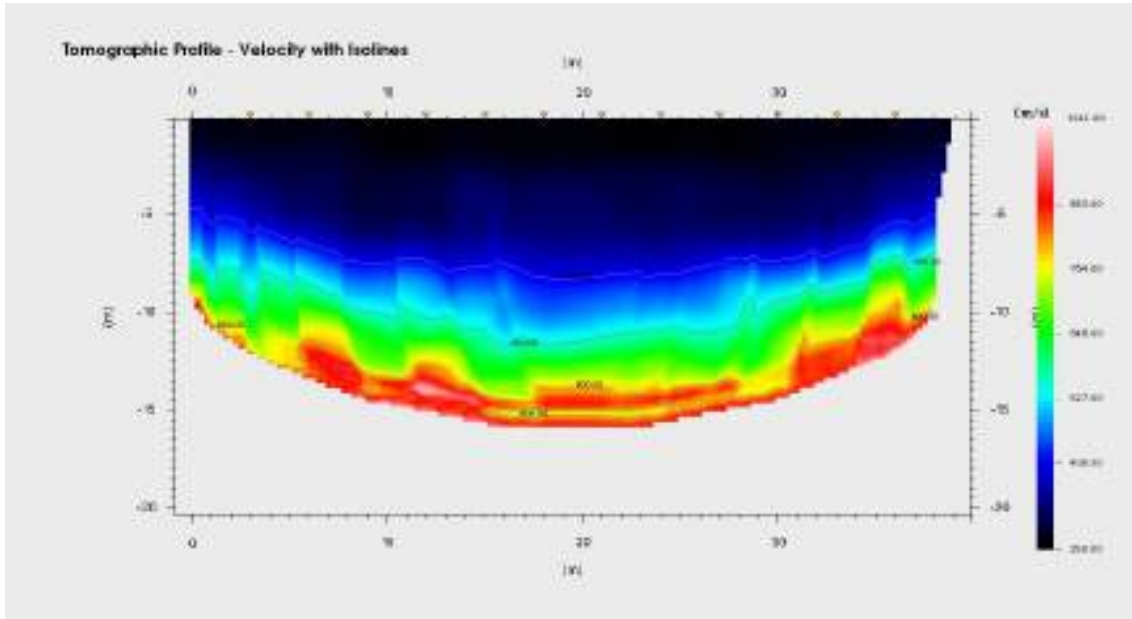


Figura 9 – Profilo tomografico

Il profilo tomografico ottenuto riporta velocità compatibili con la litologia affiorante rappresentata da depositi cineritici.

## 2.5 Prove Di Sismica Passiva A Stazione Singola (HVSr)

L'indagine sismica passiva "Horizontal to Vertical Spectral Ratio" (Metodo di Nakamura), è una tecnica d'indagine utilizzata per individuare la frequenza caratteristica di risonanza di sito che rappresenta un parametro fondamentale per il corretto dimensionamento degli edifici in termini di risposta sismica locale.

### 2.5.1 Cenni sulla teoria della tecnica HVSr

La tecnica HVSr può essere suddivisa nelle seguenti fasi:

- registrazione del rumore ambientale lungo tre direzioni ortogonali tra loro (x, y, z) con una singola stazione. Tale registrazione deve essere effettuata, secondo le indicazioni del progetto SESAME, per una durata non inferiore ai 20 minuti.
- tramite appositi software, si esegue un'operazione detta di windowing, in cui le tre tracce registrate vengono suddivise in finestre temporali di uguale durata. Secondo le indicazioni del succitato progetto SESAME tale dimensione, deve essere almeno pari ai 20 secondi. Queste finestre vengono filtrate in base a dei criteri che permettono di individuare l'eventuale presenza di transienti (disturbi temporanei con grandi contributi nelle frequenze alte) o di fenomeni di saturazione. Per ciascuna delle

finestre rimanenti, quindi ritenute valide, viene calcolata la trasformata di Fourier ed eseguito il liscio dello spettro di ampiezza per ridurre la variabilità stocastica nella stima delle ordinate spettrali.

- per ogni finestra temporale, i due spettri di Fourier relativi alle componenti orizzontali sono fusi sommando le componenti in frequenza secondo un dato criterio che può ad esempio essere una media aritmetica.

Per ciascuna coppia di cui sopra, esiste lo spettro nella direzione verticale Z, ovvero relativo alla finestra temporale sincrona a quelle della coppia considerata. Ogni componente in frequenza dello spettro verticale viene usata come denominatore nel calcolo del rapporto H/V. Questo permette quindi di ottenere il ricercato rapporto spettrale H/V per tutti gli intervalli temporali in cui è stata suddivisa la registrazione.

Eseguendo per ciascuna frequenza di tali rapporti spettrali una media sulle varie finestre, si ottiene il rapporto spettrale H/V medio, la cui frequenza di picco (frequenza in cui è localizzato il massimo valore assunto dal rapporto medio stesso) rappresenta la deducibile stima della frequenza naturale di vibrazione del sito.

#### 2.5.2 Misure HVSR

Per la campagna di misure finalizzata alla determinazione della frequenza naturale di vibrazione del sito è stata utilizzata la seguente strumentazione:

- sismografo M.A.E. Sysmatrack a 24 canali;
- sensore sismico 3D da superficie 2 Hz;

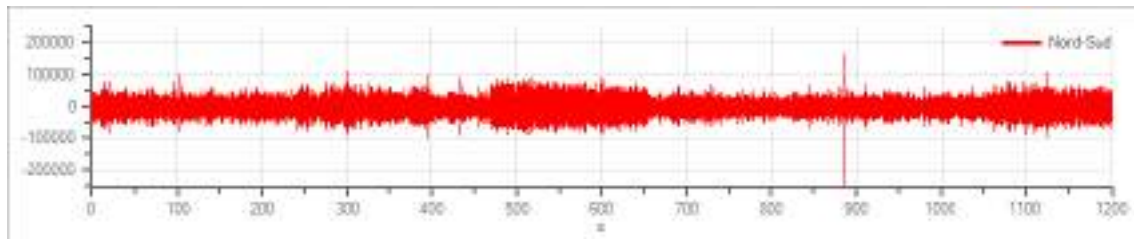
Prima di effettuare le misure, il sensore 3D è stato correttamente orientato mediante l'ausilio di una bussola e posizionato sulla superficie da investigare. Successivamente si è verificato il corretto accoppiamento dello strumento con il terreno avendo cura di metterlo in posizione perfettamente orizzontale.

Per la fase di acquisizione è stata impostata, per tutte le misure, una frequenza di campionamento pari a 250 Hz e un tempo di registrazione di 20 minuti.

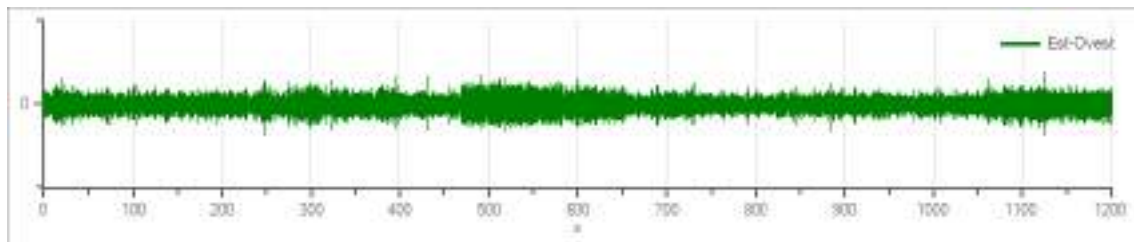
### 2.5.3 Misura HVSR1

#### Dettagli acquisizione

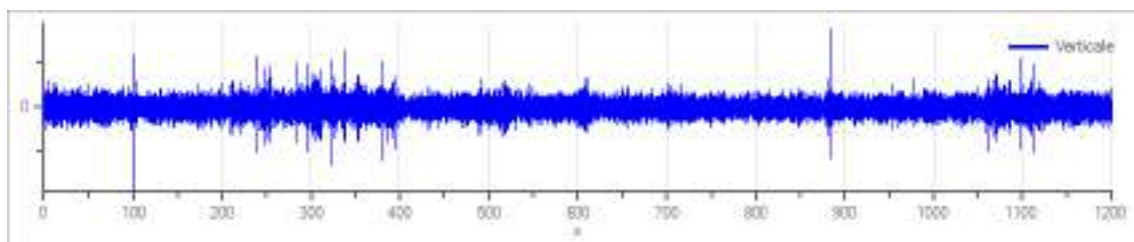
- Numero tracce: 3
- Durata registrazione: 00:20:00
- Frequenza di campionamento: 250,00 Hz
- Coordinate punto di misura: **LAT 40°53'42.07"N; LONG. 14°16'4.43"E** (riferite all'ellissoide WGS 84).



Traccia in direzione Nord-Sud



Traccia in direzione Est-Ovest



Traccia in direzione Verticale

#### Elaborazione

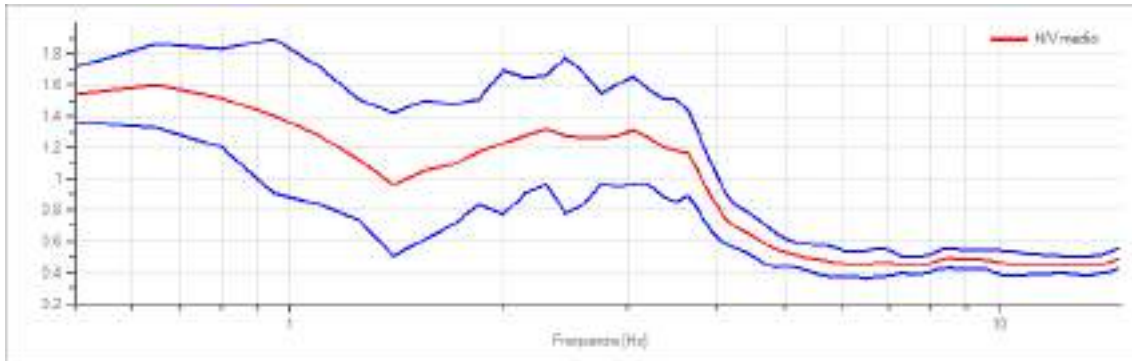
- Frequenza di campionamento:** 250 Hz  
**Numero totale di finestre temporali:** 46  
**Dimensione temporale finestre:** 20.000 s  
**Intervallo di ricerca:** 0.5 - 20.00 Hz  
**Percentuale di lisciamento:** 10.00%



Spettri medi nelle tre direzioni

**Risultati**

**curve HVSR:**



Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

**frequenza di picco (fo): 0.65 Hz ±0.17 Hz**

Verifiche SESAME:


Verifica	Esito
$f_0 > 10/l_w$	Ok
$n_c(f_0) > 200$	Ok
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Ok
$\exists f^- \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	Non superato
$\exists f^+ \in [f_0, 4 \cdot f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	Non superato
$A_0 > 2$	Non superato
$f_{picco}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	Non superato
$\sigma_f < \varepsilon(f)$	Non superato
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	Ok



## CARTA UBICAZIONE INDAGINI



### Legenda

 Sismica passiva (HVSR)

 Stendimento sismico di tipo MASW e sismica a rifrazione

**Report Fotografico**



**Foto 1- Stendimento sismico MASW 1 – TOMO1**



**Foto 2- Stendimento sismico MASW 1 – TOMO1**



**Foto 3- Prova sismica passiva HVSR1**

Il Geologo  
Dott. Sergio Dolfin

