

**PROGETTO ESECUTIVO: “Interventi di adeguamento sismico e adeguamento degli impianti tecnologici (elettrico, idrico-sanitario, antincendio e riscaldamento-condizionamento) della scuola primaria di via Antonio Gramsci”**

# Piano delle indagini

Comune di SAN VINCENZO LA  
COSTA



## **PIANO DELLE INDAGINI**

### **per edifici esistenti in C.A. secondo le NTC 2018 e Circolare n.617 del 2009**

#### **1. PREMESSA**

La presente relazione fa parte integrante del progetto **“Interventi di adeguamento sismico e adeguamento degli impianti tecnologici (elettrico, idrico-sanitario, antincendio e riscaldamento-condizionamento) della scuola primaria di via Antonio Gramsci”** e descrive il piano delle indagini da eseguire sulla struttura. La conoscenza della struttura è frutto di ricerche storico-critiche, di rilievi, verifiche, indagini in situ e relative prove di laboratorio.

Le indagini sono rivolte all'acquisizione di tutte le caratteristiche necessarie alla conoscenza delle strutture portanti, sia da un punto di vista materico che da un punto di vista geometrico. In relazione al grado di completezza di queste informazioni, le NTC 2018 e la Circolare esplicativa n. 617 del 2009 individuano i livelli di conoscenza.

La campagna di indagini sperimentali è stata diretta ad identificare, mediante prove distruttive e non distruttive, le caratteristiche meccaniche e lo stato di conservazione dei materiali costituenti gli elementi resistenti dell'immobile.

Nello specifico, il piano di indagine redatto ha previsto l'esecuzione di:

- ✚ Analisi storico critica
- ✚ Ricerca di documenti di progetto originali riguardanti l'opera
- ✚ Acquisizione di certificati e rapporti di prova già effettuati sulla struttura
- ✚ Rilievo geometrico strutturale ed architettonico
- ✚ Rilievo fotografico
- ✚ Prelievo di provini cilindrici da elementi in calcestruzzo
- ✚ Prove di compressione in laboratorio su provini cilindrici di calcestruzzo
- ✚ Prelievo di campioni di barre di armatura longitudinale da elementi trave e pilastro
- ✚ Prove di trazione in laboratorio sui provini di barre prelevati
- ✚ Rimozione di copriferro, per la stima del quantitativo, del diametro e dello stato di conservazione delle barre di armatura
- ✚ Scavi in fondazione per la determinazione della geometria della sezione ed il prelievo di campioni
- ✚ Indagini magnetometriche con pacometro su elementi trave, pilastro
- ✚ Indagini termografiche con termocamera ad infrarossi per la determinazione delle orditure dei solai e l'identificazione di elementi strutturali nascosti
- ✚ Redazione di relazione tecnica ed elaborati grafici di dettaglio
- ✚ Indagini geologiche

#### **2. UBICAZIONE E DESCRIZIONE DELL'ORGANISMO STRUTTURALE**

La struttura oggetto di indagine è ubicata in Via Gramsci nel Comune di San Vincenzo la Costa (CS). L'edificio in esame è costituito da due corpi con struttura a telai in c.a. Un corpo si sviluppa su un unico livello mentre il secondo presenta due impalcati di piano. Sulla base dei documenti reperiti e facendo seguito ai sopralluoghi e ai rilievi eseguiti presso la struttura in oggetto è stato possibile identificare la geometria degli elementi. I vari telai sono collegati tra di loro e rigidamente incastrati alle fondazioni costituite da travi rovesce. I solai di impalcato sono del tipo in latero cemento. Le tamponature sono in mattoni forati.

#### **3. NORMATIVE DI RIFERIMENTO**

Il presente piano delle indagini è stato redatto secondo le disposizioni delle Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 e della Circolare esplicativa n. 617 del 02.02.2009.

Quando si trattano costruzioni esistenti, può essere difficile disporre dei disegni originali di progetto necessari a ricostruirne la storia progettuale e costruttiva. Per le costruzioni, e in particolare per gli edifici a valenza culturale, storico-architettonica, è talvolta possibile, attraverso una ricerca archivistica, raccogliere una documentazione sufficientemente completa sulla loro storia edificatoria per ricostruire ed interpretare le diverse fasi edilizie. In ogni caso, soprattutto nel caso di edifici in muratura, sia in assenza sia in presenza di documentazione parziale, prima di procedere alle indispensabili operazioni di rilievo geometrico, è opportuno svolgere delle considerazioni sullo sviluppo storico del quartiere in cui l'edificio è situato (a meno che si tratti di edifici isolati), basandosi su testi specialistici, cercando di acquisire informazioni sugli aspetti urbanistici e storici che ne hanno condizionato e guidato lo sviluppo, con particolare riferimento agli aspetti di interesse per l'edificio in esame. La ricostruzione della storia edificatoria dell'edificio, o della costruzione più in generale, consentirà anche di verificare quanti e quali terremoti esso abbia subito in passato. Questo sorta di valutazione sperimentale della vulnerabilità sismica dell'edificio rispetto ai terremoti passati è di notevole utilità, perché consente di valutarne il funzionamento, a patto che la sua configurazione strutturale e le caratteristiche dei materiali costruttivi non siano stati, nel frattempo, modificati in maniera significativa. Sulla base dei dati raccolti nella fase di ricerca storica, si possono trarre conclusioni di tipo operativo per la modellazione meccanica globale dell'edificio.

### C8.5.2 Rilievo

Un passo fondamentale nell'acquisizione dei dati necessari a mettere a punto un modello di calcolo accurato di un edificio esistente è costituito dalle operazioni di rilievo della geometria strutturale. Il rilievo si compone di un insieme di procedure relazionate e mirate alla conoscenza della geometria esterna delle strutture e dei dettagli costruttivi. Questi ultimi possono essere occultati alla vista (ad esempio disposizione delle armature nelle strutture in c.a.) e possono richiedere rilievi a campione e valutazioni estensive per analogia. Si noti che, mentre per gli altri due aspetti che determinano il livello di conoscenza (dettagli costruttivi e proprietà dei materiali) si accettano crescenti livelli di approfondimento dell'indagine, per la geometria esterna, si richiede che il rilievo sia compiuto in maniera quanto più completa e dettagliata possibile, ai fini della definizione del modello strutturale necessario alla valutazione della sicurezza per le azioni prese in esame. La rappresentazione dei risultati del rilievo dovrà essere effettuata attraverso piante, prospetti e sezioni, oltre che con particolari costruttivi di dettaglio.

### C8.5.3 Caratterizzazione meccanica dei materiali

Il piano delle indagini fa comunque parte sia della fase diagnostica che del progetto vero e proprio, e dovrà essere predisposto nell'ambito di un quadro generale volto a mostrare le motivazioni e gli obiettivi delle indagini stesse. Nel caso in cui vengano effettuate prove sulla struttura, attendibili ed in numero statisticamente significativo, i valori delle resistenze meccaniche dei materiali vengono desunti da queste e prescindono dalle classi discretizzate previste nelle NTC (come ad esempio quelle del calcestruzzo di cui al § 4.1 delle NTC). Un aiuto, non esaustivo, ai fini della definizione delle resistenze dei materiali può ricavarsi dalle norme dell'epoca della costruzione.

### C8.5.4 Livelli di conoscenza e fattori di confidenza

Il problema della conoscenza della struttura e dell'introduzione dei fattori di confidenza è stato discusso in C8.2. Una guida alla stima dei fattori di confidenza da utilizzare, in relazione ai livelli di conoscenza raggiunti, è riportata in Appendice C8A. Per le costruzioni di valenza storico-artistica potranno essere adottati i fattori di confidenza contenuti nella Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri del 12 ottobre 2007, utilizzandoli come in essa illustrato.

#### C8A.1.B.1 Costruzioni in calcestruzzo armato e in acciaio: generalità

Le fonti da considerare per la acquisizione dei dati necessari sono:

- documenti di progetto con particolare riferimento a relazioni geologiche, geotecniche e strutturali ed elaborati grafici strutturali;

- eventuale documentazione acquisita in tempi successivi alla costruzione;
- rilievo strutturale geometrico e dei dettagli esecutivi;
- prove in-situ e in laboratorio.

### C8A.1.B.2 Costruzioni in calcestruzzo armato e in acciaio: dati richiesti

In generale saranno acquisiti dati sugli aspetti seguenti:

- identificazione dell'organismo strutturale e verifica del rispetto dei criteri di regolarità indicati al § 7.2.2 delle NTC; quanto sopra viene ottenuto sulla base dei disegni originali di progetto opportunamente verificati con indagini in-situ, oppure con un rilievo ex-novo;
- identificazione delle strutture di fondazione;
- identificazione delle categorie di suolo secondo quanto indicato al § 3.2.2 delle NTC;
- informazione sulle dimensioni geometriche degli elementi strutturali, dei quantitativi delle armature, delle proprietà meccaniche dei materiali, dei collegamenti;
- informazioni su possibili difetti locali dei materiali;
- informazioni su possibili difetti nei particolari costruttivi (dettagli delle armature, eccentricità travi-pilastro, eccentricità pilastro-pilastro, collegamenti trave-colonna e colonna-fondazione, etc.);
- informazioni sulle norme impiegate nel progetto originale incluso il valore delle eventuali azioni sismiche di progetto;
- descrizione della classe d'uso, della categoria e dalla vita nominale secondo il § 2.4 delle NTC;
- rivalutazione dei carichi variabili, in funzione della destinazione d'uso;
- informazione sulla natura e l'entità di eventuali danni subiti in precedenza e sulle riparazioni effettuate.

La quantità e qualità dei dati acquisiti determina il metodo di analisi e i valori dei fattori di confidenza da applicare alle proprietà dei materiali da adoperare nelle verifiche di sicurezza.- identificazione dell'organismo strutturale e verifica del rispetto dei criteri di regolarità indicati al § 7.2.2 delle NTC; quanto sopra viene ottenuto sulla base dei disegni originali di progetto opportunamente verificati con indagini in-situ, oppure con un rilievo ex-novo;

### C8A.1.B.3 Costruzioni in calcestruzzo armato e in acciaio: livelli di conoscenza

Ai fini della scelta del tipo di analisi e dei valori dei fattori di confidenza, richiamati in C8.7.2.1, si distinguono i tre livelli di conoscenza seguenti:

- LC1: Conoscenza Limitata;
- LC2: Conoscenza Adeguata;
- LC3: Conoscenza Accurata.

Gli aspetti che definiscono i livelli di conoscenza sono:

- geometria, ossia le caratteristiche geometriche degli elementi strutturali,
  - dettagli strutturali, ossia la quantità e disposizione delle armature, compreso il passo delle staffe e la loro chiusura, per il c.a., i collegamenti per l'acciaio, i collegamenti tra elementi strutturali diversi, la consistenza degli elementi non strutturali collaboranti,
- materiali, ossia le proprietà meccaniche dei materiali.

Il livello di conoscenza acquisito determina il metodo di analisi e i fattori di confidenza da applicare alle proprietà dei materiali. Le procedure per ottenere i dati richiesti sulla base dei disegni di progetto e/o di prove in-situ sono descritte nel seguito per gli edifici in c.a. e acciaio. La relazione tra livelli di conoscenza, metodi di analisi e

fattori di confidenza è illustrata nella Tabella C8A.1.2. La definizione dei termini -visivo-, -completo-, -limitato-, -estensivo-, -esaustivo-, contenuti nella tabella è fornita nel seguito.

### << LC1: CONOSCENZA LIMITATA >>

- Geometria: la geometria della struttura è nota o in base a un rilievo o dai disegni originali. In quest'ultimo caso viene effettuato un rilievo visivo a campione per verificare l'effettiva corrispondenza del costruito ai disegni. I dati raccolti sulle dimensioni degli elementi strutturali saranno tali da consentire la messa a punto di un modello strutturale idoneo ad un'analisi lineare.

- Dettagli costruttivi: i dettagli non sono disponibili da disegni costruttivi e sono ricavati sulla base di un progetto simulato eseguito secondo la pratica dell'epoca della costruzione. È richiesta una limitata verifica in-situ delle armature e dei collegamenti presenti negli elementi più importanti. I dati raccolti saranno tali da consentire verifiche locali di resistenza.

- Proprietà dei materiali: non sono disponibili informazioni sulle caratteristiche meccaniche dei materiali, né da disegni costruttivi né da certificati di prova. Si adottano valori usuali della pratica costruttiva dell'epoca convalidati da limitate prove in-situ sugli elementi più importanti. La valutazione della sicurezza nel caso di conoscenza limitata viene in genere eseguita mediante metodi di analisi lineare statici o dinamici.

### << LC2: CONOSCENZA ADEGUATA >>

- Geometria: la geometria della struttura è nota o in base a un rilievo o dai disegni originali. In quest'ultimo caso viene effettuato un rilievo visivo a campione per verificare l'effettiva corrispondenza del costruito ai disegni. I dati raccolti sulle dimensioni degli elementi strutturali, insieme a quelli riguardanti i dettagli strutturali, saranno tali da consentire la messa a punto di un modello strutturale idoneo ad un'analisi lineare o non lineare.

- Dettagli costruttivi: i dettagli sono noti da un'estesa verifica in-situ oppure parzialmente noti dai disegni costruttivi originali incompleti. In quest'ultimo caso viene effettuata una limitata verifica in-situ delle armature e dei collegamenti presenti negli elementi più importanti. I dati raccolti saranno tali da consentire, nel caso si esegua un'analisi lineare, verifiche locali di resistenza, oppure la messa a punto di un modello strutturale non lineare.

- Proprietà dei materiali: informazioni sulle caratteristiche meccaniche dei materiali sono disponibili in base ai disegni costruttivi o ai certificati originali di prova, o da estese verifiche in-situ. Nel primo caso sono anche eseguite limitate prove in-situ; se i valori ottenuti dalle prove in-situ sono minori di quelli disponibili dai disegni o dai certificati originali, sono eseguite estese prove in-situ. I dati raccolti saranno tali da consentire, nel caso si esegua un'analisi lineare, verifiche locali di resistenza, oppure la messa a punto di un modello strutturale non lineare. La valutazione della sicurezza nel caso di conoscenza adeguata è eseguita mediante metodi di analisi lineare o non lineare, statici o dinamici.

### << LC3: CONOSCENZA ACCURATA >>

- Geometria: la geometria della struttura è nota o in base a un rilievo o dai disegni originali. In quest'ultimo caso è effettuato un rilievo visivo a campione per verificare l'effettiva corrispondenza del costruito ai disegni. I dati raccolti sulle dimensioni degli elementi strutturali, insieme a quelli riguardanti i dettagli strutturali, saranno tali da consentire la messa a punto di un modello strutturale idoneo ad un'analisi lineare o non lineare.

- Dettagli costruttivi: i dettagli sono noti o da un'esaustiva verifica in-situ oppure dai disegni costruttivi originali. In quest'ultimo caso è effettuata una limitata verifica in-situ delle armature e dei collegamenti presenti negli elementi più importanti. I dati raccolti saranno tali da consentire, nel caso si esegua un'analisi lineare, verifiche locali di resistenza, oppure la messa a punto di un modello strutturale non lineare.

- Proprietà dei materiali: informazioni sulle caratteristiche meccaniche dei materiali sono disponibili in base ai disegni costruttivi o ai certificati originali, o da esaustive verifiche in-situ. Nel primo caso sono anche eseguite estese prove in-situ; se i valori ottenuti dalle prove in-situ sono minori di quelli disponibili dai disegni o dai certificati originali,

sono eseguite esaustive prove in-situ. I dati raccolti saranno tali da consentire, nel caso si esegua un'analisi lineare, verifiche locali di resistenza, oppure la messa a punto di un modello strutturale non lineare. La valutazione della sicurezza nel caso di conoscenza accurata verrà eseguita mediante metodi di analisi lineare o non lineare, statici o dinamici.

### << Geometria (carpenterie) >>

- Disegni originali di carpenteria: descrivono la geometria della struttura, gli elementi strutturali e le loro dimensioni, e permettono di individuare l'organismo strutturale resistente alle azioni orizzontali e verticali.

- Disegni costruttivi o esecutivi: descrivono la geometria della struttura, gli elementi strutturali e le loro dimensioni, e permettono di individuare l'organismo strutturale resistente alle azioni orizzontali e verticali. In aggiunta essi contengono la descrizione della quantità, disposizione e dettagli costruttivi di tutte le armature, nonché le caratteristiche nominali dei materiali usati.

- Rilievo visivo: serve a controllare la corrispondenza tra l'effettiva geometria della struttura e i disegni originali di carpenteria disponibili. Comprende il rilievo a campione della geometria di alcuni elementi. Nel caso di modifiche non documentate intervenute durante o dopo la costruzione, sarà eseguito un rilievo completo descritto al punto seguente.

- Rilievo completo: serve a produrre disegni completi di carpenteria nel caso in cui quelli originali siano mancanti o si sia riscontrata una non corrispondenza tra questi ultimi e l'effettiva geometria della struttura. I disegni prodotti dovranno descrivere la geometria della struttura, gli elementi strutturali e le loro dimensioni, e permettere di individuare l'organismo strutturale resistente alle azioni orizzontali e verticali con lo stesso grado di dettaglio proprio di disegni originali.

### << Dettagli costruttivi >>

- Progetto simulato: serve, in mancanza dei disegni costruttivi originali, a definire la quantità e la disposizione dell'armatura in tutti gli elementi con funzione strutturale o le caratteristiche dei collegamenti. E' eseguito sulla base delle norme tecniche in vigore e della pratica costruttiva caratteristica all'epoca della costruzione.

- Verifiche in-situ limitate: servono per verificare la corrispondenza tra le armature o le caratteristiche dei collegamenti effettivamente presenti e quelle riportate nei disegni costruttivi, oppure ottenute mediante il progetto simulato.

- Verifiche in-situ estese: servono quando non sono disponibili i disegni costruttivi originali come alternativa al progetto simulato seguito da verifiche limitate, oppure quando i disegni costruttivi originali sono incompleti.

- Verifiche in-situ esaustive: servono quando non sono disponibili i disegni costruttivi originali e si desidera un livello di conoscenza accurata (LC3).

Le verifiche in-situ sono effettuate su un'opportuna percentuale degli elementi strutturali primari per ciascun tipologia di elemento (travi, pilastri, pareti...), come indicato nella Tabella C8A.1.3, privilegiando comunque gli elementi che svolgono un ruolo più critico nella struttura, quali generalmente i pilastri.

### << Proprietà dei materiali >>

- 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 e deformazione ultima, salvo nel caso in cui siano disponibili certificati di prova di entità conforme a quanto richiesto per le nuove costruzioni, nella normativa dell'epoca.

- Metodi di prova non distruttivi: Sono ammessi metodi di indagine non distruttiva di documentata affidabilità, che non possono essere impiegati in completa sostituzione di quelli sopra descritti, ma sono consigliati a loro integrazione, purché i risultati siano tarati su quelli ottenuti con prove distruttive. Nel caso del calcestruzzo, è importante adottare metodi di prova che limitino l'influenza della carbonatazione degli strati superficiali sui valori di resistenza.

- Prove in-situ limitate: servono a completare le informazioni sulle proprietà dei materiali ottenute o dalle normative in vigore all'epoca della costruzione, o dalle caratteristiche nominali riportate sui disegni costruttivi, o da certificati originali di prova.

- Prove in-situ estese: servono per ottenere informazioni in mancanza sia dei disegni costruttivi, che dei certificati originali di prova, oppure quando i valori ottenuti dalle prove limitate risultano inferiori a quelli riportati nei disegni o certificati originali.

- Prove in-situ esaustive: servono per ottenere informazioni in mancanza sia dei disegni costruttivi, che dei certificati originali di prova, oppure quando i valori ottenuti dalle prove limitate risultano inferiori a quelli riportati nei disegni o certificati originali, e si desidera un livello di conoscenza accurata (LC3).

Le prove opportune nei diversi casi sono indicate nella Tabella C8A.1.3.

Tabella C8A.1.3a – Definizione orientativa dei livelli di rilievo e prove per edifici in c.a.

Livello DI CONOSCENZA	Verifiche Limitate	Verifiche Estese	Verifiche Esaustive
QUALITA' E DISPOSIZIONE ARMATURA	Verificata per almeno il 15% degli elementi	Verificata per almeno il 35% degli elementi	Verificata per almeno il 50% degli elementi
PRELIEVO CAMPIONI	1 provino di cls per 300 m2 di piano dell'edificio, 1 campione di armatura per piano dell'edificio per elemento strutturale.	2 provino di cls per 300 m2 di piano dell'edificio, 2 campione di armatura per piano dell'edificio per elemento strutturale.	3 provino di cls per 300 m2 di piano dell'edificio, 3 campione di armatura per piano dell'edificio per elemento strutturale.

NOTE ESPLICATIVE ALLA TABELLA C8A.1.3a

Le percentuali di elementi da verificare ed il numero di provini da estrarre e sottoporre a prove di resistenza riportati nella Tabella C8A.1.3 hanno valore indicativo e vanno adattati ai singoli casi, tenendo conto dei seguenti aspetti:

(a) Nel controllo del raggiungimento delle percentuali di elementi indagati ai fini del rilievo dei dettagli costruttivi si tiene conto delle eventuali situazioni ripetitive, che consentano di estendere ad una più ampia percentuale i controlli effettuati su alcuni elementi strutturali facenti parte di una serie con evidenti caratteristiche di ripetibilità, per uguale geometria e ruolo nello schema strutturale.

(b) Le prove sugli acciai sono finalizzate all'identificazione della classe dell'acciaio utilizzata con riferimento alla normativa vigente all'epoca di costruzione. Ai fini del raggiungimento del numero di prove sull'acciaio necessario per il livello di conoscenza è opportuno tener conto dei diametri (nelle strutture in c.a.) o dei profili (nelle strutture in acciaio) di più diffuso impiego negli elementi principali con esclusione delle staffe.

(c) Ai fini delle prove sui materiali è consentito sostituire alcune prove distruttive, non più del 50%, con un più ampio numero, almeno il triplo, di prove non distruttive, singole o combinate, tarate su quelle distruttive.

(d) Il numero di provini riportato nella tabella 8A.3a può esser variato, in aumento o in diminuzione, in relazione alle caratteristiche di omogeneità del materiale. Nel caso del calcestruzzo in opera tali caratteristiche sono spesso legate alle modalità costruttive tipiche dell'epoca di costruzione e del tipo di manufatto, di cui occorrerà tener conto nel pianificare l'indagine. Sarà opportuno, in tal senso, prevedere l'effettuazione di una seconda campagna di prove integrative, nel caso in cui i risultati della prima risultino fortemente disomogenei.

#### C8A.1.B.5 Indicazioni supplementari per edifici in calcestruzzo armato

Per l'identificazione della geometria, i dati raccolti includono i seguenti:

- g) identificazione del sistema resistente alle forze orizzontali in entrambe le direzioni;
- h) tessitura dei solai;
- i) dimensioni geometriche di travi, pilastri e pareti;
- j) larghezza delle ali di travi a T;

- k) possibili eccentricità fra travi e pilastri ai nodi.

Per l'identificazione dei dettagli costruttivi, i dati raccolti devono includere i seguenti:

- l) quantità di armatura longitudinale in travi, pilastri e pareti;
- m) quantità e dettagli di armatura trasversale nelle zone critiche e nei nodi trave-pilastro;
- n) quantità di armatura longitudinale nei solai che contribuisce al momento negativo di travi a T;
- o) lunghezze di appoggio e condizioni di vincolo degli elementi orizzontali;
- p) spessore del copriferro;
- q) lunghezza delle zone di sovrapposizione delle barre.

Per l'identificazione dei materiali, i dati raccolti includono i seguenti:

- r) resistenza del calcestruzzo;
- s) resistenza a snervamento, di rottura e deformazione ultima dell'acciaio.

## 4. TIPOLOGIE DI INDAGINI

Al fine di esaminare lo stato dell'arte della struttura è stata organizzata una campagna di sopralluoghi in situ, predisponendo una serie di indagini, così come indicata nei paragrafi successivi, per qualificare i materiali e indagare i dettagli costruttivi. A valle di questa campagna di indagini verranno analizzati i dati raccolti e si potrà stilare una diagnosi sull'eventuale degrado dei materiali e su tutti gli aspetti rilevanti dal punto di vista strutturale. In base al livello di conoscenza prefissato e alla similarità di alcuni elementi strutturali, si è proceduto a definire tipologia e numero delle prove da effettuare sul generico corpo di fabbrica. Nel controllo del raggiungimento delle percentuali di elementi indagati ai fini del rilievo dei dettagli costruttivi si tiene conto delle eventuali situazioni ripetitive, che consentano di estendere ad una più ampia percentuale i controlli effettuati su alcuni elementi strutturali facenti parte di una serie con evidenti caratteristiche di ripetibilità, per uguale geometria e ruolo nello schema strutturale.

Di seguito sono descritte le indagini a cui dovrà attenersi l'operatore incaricato dell'esecuzione.

### 1. Carotaggio e prove di compressione

La procedura di prelievo di campioni (carote) di calcestruzzo è regolamentata dalla norma UNI 6131:1987, UNI EN 12390-1:2002 e UNI EN 12504-1:2002 le quali prevedono di prelevare campioni di diametro compreso tra 25 e 300 mm. Il carotaggio è una tecnica reversibile, ma richiede particolari cautele per non influenzare e/o danneggiare il campione durante la fase di estrazione. La scelta del diametro della carota è funzione della sezione dell'elemento esaminato e del diametro degli inerti. L'estrazione di carote comporta inevitabilmente un danneggiamento dell'elemento strutturale con l'effettiva riduzione delle sezioni resistenti. I campioni estratti sono identificati e opportunamente confezionati e riposti in idonei contenitori per il trasporto in laboratorio. Prima di eseguire la prova di schiacciamento le carote vengono rettificare per garantire la planarità, la perpendicolarità e le tolleranze dimensionali, così come previsto dalle norme di riferimento. La fase di estrazione delle carote è sempre preceduta dalle prove magnetometriche per determinare la posizione delle armature.

### 2. Estrazione di barre di armatura e prova di trazione

Le prove di trazione su barre di armatura d'acciaio estratte dalla struttura si riferiscono alla classica prova di trazione su barre d'armatura, così come regolata dalle NTC08 e dalla norma UNI EN 10002/1. Contrariamente al calcestruzzo, l'acciaio, essendo un prodotto industrializzato, possiede un'elevata stabilità di comportamento e le sue caratteristiche, all'epoca della realizzazione sono accertate già presso lo stabilimento di produzione. Pertanto,



soprattutto per le strutture recenti, quando ne è nota la provenienza e si dispone delle certificazioni, potrebbe risultare superfluo eseguire prelievi di barre d'armatura. In ogni caso appare opportuno limitarne il numero, data la notevole invasività dell'operazione e, per quanto detto, l'usuale buona costanza di caratteristiche dell'acciaio. Lo spezzone di barra da prelevare deve avere una lunghezza pari a circa 450 mm, per poter essere sottoposto alla prova di rottura per trazione in conformità alla norma UNI EN 10002/1. Particolare cura dovrà essere posta nel ripristino della capacità resistente originaria dell'elemento strutturale, verificando la saldabilità delle barre in opera, adottando l'opportuno tipo di elettrodo ed effettuando la saldatura tra il nuovo spezzone e la barra esistente con cordoni d'angolo di adeguata lunghezza, in ogni caso non mediante saldatura di testa.

### 3. Indagini magnetometriche

La magnetometria è una tecnica di diagnosi che consente di individuare in modo rapido i materiali ferromagnetici presenti nelle strutture. Nello specifico le applicazioni in edilizia consistono nell'individuare la posizione e l'orientamento delle armature presenti all'interno di un elemento strutturale (travi, pilastri, architravi, solai, muri in c.a., settori portanti ecc.); di stimare con buona approssimazione lo spessore del copriferro e del diametro dei tondini presenti negli elementi strutturali; di verificare il passo delle staffe. Nell'ambito del costruito, ove siano presenti strutture armate, la magnetometria è ritenuta un'indagine basilare che consente al tecnico di eseguire: una prima valutazione di consistenza della struttura stessa e delle sue caratteristiche meccaniche di resistenza (controllo di qualità); una prima valutazione dell'assetto statico; il controllo della corretta posa delle armature e dello spessore del copriferro e quindi di verificare la rispondenza alla normativa vigente e al progetto esecutivo. L'indagine è eseguita con uno strumento denominato pacometro, il cui principio di funzionamento è basato sull'induzione magnetica delle correnti alternate a frequenza costante che consente di percepire il campo magnetico generato dalla presenza di corpi metallici che sono per breve tempo magnetizzati. L'entità del corpo magnetico indotto, dipende essenzialmente dalla distanza tra la barra in profondità e la sonda di ricerca.

### 4. Saggi visivi su elementi in c.a.

Per la verifica del quantitativo e della disposizione delle barre di armatura in un elemento in c.a. è necessario effettuare dei saggi visivi su porzioni di elementi. In particolare la prova consiste nella rimozione di intonaco e copriferro su porzioni di travi e pilastri in c.a. (circa 50-100 cm) e la messa a nudo delle barre per la verifica della disposizione, del diametro, del passo delle staffe, per la misura dello spessore del copriferro e per la verifica dello stato di ossidazione dell'acciaio. La prova viene effettuata anche sui travetti che costituiscono i solai.

### 5. Scavi in fondazione

Scavo a mano o con mezzo meccanico e messa a nudo della fondazione per il rilievo della tipologia, delle dimensioni, della profondità del piano di posa, del rilievo di armatura, del prelievo di barre e provini in calcestruzzo.

### 6. Prove termografiche

La termografia è tra le metodiche non distruttive maggiormente utilizzate nella diagnostica delle patologie edilizie. Infatti tutti gli edifici, anche se realizzati a regola d'arte, sono soggetti a degrado a causa dell'invecchiamento dei materiali e della prolungata mancanza di manutenzione. La termografia, come tutte le altre prove non distruttive consente:

- di poter operare all'interno degli edifici senza dover sospendere le normali attività, limitando al minimo i disagi per gli abitanti;

- di evitare ulteriori traumi a strutture dissestate, limitando il numero dei saggi distruttivi ai punti realmente rappresentativi per la formulazione del quadro diagnostico generale.

I principali campi di applicazione nell'edilizia sono:

- verifica dell'isolamento

- verifica delle impermeabilizzazioni
- analisi del degrado dovuto ad umidità
- ricerca di cause di infiltrazioni idriche
- ricerca di elementi costruttivi nascosti (travi e pilastri)
- rilievo orditure dei solai

L'analisi termografica può essere condotta in condizioni attive e passive. Nel primo caso l'elemento da indagare viene riscaldato onde incrementare la risposta termografica e, contestualmente, attivare i flussi di calore che consentono di ottenere diverse risposte dagli elementi a diversa capacità termica. Nelle condizioni passive, invece, si analizza la superficie così come essa si presenta al momento dell'indagine. Questo caso è molto frequente in indagini che riguardano elementi esterni di edifici quali ad esempio terrazze di copertura e pareti. Normalmente tali indagini si effettuano sfruttando il soleggiamento diretto ed analizzando il transitorio termico durante l'indagine.

## 7. Rilievi geometrici

Al fine di definire i telai che compongono la struttura è necessario rilevare tutte le sezioni geometriche degli elementi strutturali trave e pilastro. Bisogna quindi effettuare il rilievo delle luci delle travi, delle dimensioni dei solai e delle altezze di interpiano.

## 6. LIVELLO DI CONOSCENZA PREFISSATO

Si è deciso di raggiungere il livello di conoscenza **LC3 (Accurata)**. In virtù del prefissato livello di conoscenza e della documentazione raccolta, la strada da seguire per l'esecuzione di indagini e prove è ben delineata e può essere predisposto il relativo piano delle indagini. Per tale livello di conoscenza il corrispondente fattore di confidenza è  $FC = 1.00$ .

Livello DI CONOSCENZA	Verifiche Limitate	Verifiche Estese	Verifiche Esaustive
QUALITA' E DISPOSIZIONE ARMATURA	Verificata per almeno il 15% degli elementi	Verificata per almeno il 35% degli elementi	Verificata per almeno il 50% degli elementi
PRELIEVO CAMPIONI	1 provino di cls per 300 m2 di piano dell'edificio, 1 campione di armatura per piano dell'edificio per elemento strutturale.	2 provino di cls per 300 m2 di piano dell'edificio, 2 campione di armatura per piano dell'edificio per elemento strutturale.	3 provino di cls per 300 m2 di piano dell'edificio, 3 campione di armatura per piano dell'edificio per elemento strutturale.

## 7. GEOMETRIA DELLA STRUTTURA

L'identificazione geometrica è stata effettuata in base alla tipologia strutturale dell'edificio e agli elementi presenti al fine di stabilire nella maniera più fedele lo schema strutturale completo dell'edificio

### CORPO 1

Livello	Tipologia	Superficie [m2]	N° pilastri	N° travi
1	Fondazione	307	0	36
2	Impalcato	307	25	36
3	Impalcato	132	10	14

### CORPO 2

Livello	Tipologia	Superficie [m2]	N° pilastri	N° travi
1	Fondazione	311	0	30

2	Impalcato	311	20	30
---	-----------	-----	----	----

La carpenteria degli elementi strutturali è ricavata da rilievo ex-novo completo.

## 8. ANALISI STORICO CRITICA E IDENTIFICAZIONE DETTAGLI COSTRUTTIVI

L'analisi storico-critica è stata basata sull'identificazione di alcune informazioni temporali utili sia alla definizione della geometria della costruzione, sia a stabilire le varie fasi costruttive dell'opera. La struttura è stata oggetto di verifiche in situ in modo da approfondire la conoscenza dei dettagli costruttivi per le varie tipologie di elementi. Gli elementi in c.a. sono stati indagati in maniera particolare nelle zone critiche in corrispondenza degli elementi principali nei riguardi della risposta strutturale. Le indagini sono state eseguite tenendo conto della funzione statica degli elementi e dei loro tassi di lavoro alle combinazioni quasi permanenti. I dettagli costruttivi degli elementi strutturali sono stati elaborati con l'ausilio di indagini magnetometriche e saggi visivi effettuati attraverso la rimozione di porzioni di copriferro e la messa a nudo delle armature.

La distinta delle armature degli elementi (trave e pilastro), ovvero la disposizione, il quantitativo e le dimensioni delle barre di armatura, è determinata da esaustive verifiche in situ.

Contestualmente alle fasi di identificazione dell'organismo strutturale si è provveduto ad effettuare una serie di operazioni volte a verificare l'esistenza di situazioni patologiche, in modo da valutare gli effetti sulle prestazioni, sulla vita residua e sulla sicurezza strutturale. La struttura non presenta fenomeni di degrado tali da comprometterne in alcun modo la stabilità, sia nei riguardi di meccanismi di dissesto globali, sia per fenomeni localizzati negli elementi strutturali.

## 9. PROGRAMMA DELLE INDAGINI

Le indagini sono state programmate in funzione del tipo di opera esistente e di intervento da realizzare, in modo da permettere la definizione dei parametri utili alla modellazione e alle verifiche di resistenza da effettuare. Il numero delle prove eseguite è stato scelto in funzione del livello di conoscenza prefissato. A supporto della documentazione esistente, al fine dell'identificazione dell'organismo strutturale è stata pianificata una campagna di indagini eseguite mediante termografia all'infrarosso.

La campagna di indagini redatta prevede solo prove di tipo distruttivo: prelievo di carote in cls e barre in acciaio.

### CORPO 1

Livello	Tipologia	Superficie [m2]	N° prelievi Calcestruzzo	N° prelievi Acciaio	N° prove SONreb	Ver. Arm. Pil	Ver. Arm. Trv
1	Fondazione	307	3	3	0	0	0
2	Impalcato	307	6	6	0	12	18
3	Impalcato	132	6	6	0	5	7

### CORPO 2

Livello	Tipologia	Superficie [m2]	N° prelievi Calcestruzzo	N° prelievi Acciaio	N° prove SONreb	Ver. Arm. Pil	Ver. Arm. Trv
1	Fondazione	311	3	3	0	0	0
2	Impalcato	311	6	6	0	10	15

## 10. DETTAGLIO DELLA CAMPAGNA DI PROVE STRUTTURALI

Di seguito si riporta il consuntivo, per ogni impalcato e livello di fondazione, delle prove e dei rilievi da effettuare sulla struttura in oggetto.

## PIANO DELLE INDAGINI

### **CORPO 1**

<b>LIVELLO FONDAZIONE</b>	<b>1</b>
Prelievo di carote di calcestruzzo per prova di compressione assiale (Trave)	3
Prelievo di barre di armatura per prova di trazione	3
Prove SONREB	0
Verifica armature travi (prove magnetometriche, saggi visivi)	0
Rilievo della geometria della sezione di fondazione	3

<b>IMPALCATO</b>	<b>1</b>
Prelievo di carote di calcestruzzo per prova di compressione assiale (Travi elevazione)	3
Prelievo di carote di calcestruzzo per prova di compressione assiale (Pilastri)	3
Prelievo di barre d'armatura per prove di trazione (Travi elevazione)	3
Prelievo di barre d'armatura per prove di trazione (Pilastri)	3
Prove SONREB su elementi trave e pilastro	0
Verifica armature pilastri (prove magnetometriche, saggi visivi)	12
Verifica armature travi (prove magnetometriche, saggi visivi)	18
Rilievo geometrico strutturale ed architettonico dell'impalcato	307 mq
Superficie solai Indagini termografiche con termocamera ad infrarossi	307 mq

<b>IMPALCATO</b>	<b>2</b>
Prelievo di carote di calcestruzzo per prova di compressione assiale (Travi elevazione)	3
Prelievo di carote di calcestruzzo per prova di compressione assiale (Pilastri)	3
Prelievo di barre d'armatura per prove di trazione (Travi elevazione)	3
Prelievo di barre d'armatura per prove di trazione (Pilastri)	3
Prove SONREB su elementi trave e pilastro	0
Verifica armature pilastri (prove magnetometriche, saggi visivi)	5
Verifica armature travi (prove magnetometriche, saggi visivi)	7
Rilievo geometrico strutturale ed architettonico dell'impalcato	132 mq
Superficie solai Indagini termografiche con termocamera ad infrarossi	132 mq

<b>TOTALE DELLE PROVE</b>	
Prelievo di carote di calcestruzzo	15
Prelievo di barre di armatura	15
Prove SONREB	0
Verifica armature	42

## PIANO DELLE INDAGINI

Rilievo geometrico strutturale ed architettonico	439 mq
Superficie solai Indagini termografiche	439 mq

### **CORPO 2**

<b>LIVELLO FONDAZIONE</b>	<b>1</b>
Prelievo di carote di calcestruzzo per prova di compressione assiale (Trave)	3
Prelievo di barre di armatura per prova di trazione	3
Prove SONREB	0
Verifica armature travi (prove magnetometriche, saggi visivi)	0
Rilievo della geometria della sezione di fondazione	3

<b>IMPALCATO</b>	<b>1</b>
Prelievo di carote di calcestruzzo per prova di compressione assiale (Travi elevazione)	3
Prelievo di carote di calcestruzzo per prova di compressione assiale (Pilastri)	3
Prelievo di barre d'armatura per prove di trazione (Travi elevazione)	3
Prelievo di barre d'armatura per prove di trazione (Pilastri)	3
Prove SONREB su elementi trave e pilastro	0
Verifica armature pilastri (prove magnetometriche, saggi visivi)	10
Verifica armature travi (prove magnetometriche, saggi visivi)	15
Rilievo geometrico strutturale ed architettonico dell'impalcato	311 mq
Superficie solai Indagini termografiche con termocamera ad infrarossi	311 mq

<b>TOTALE DELLE PROVE</b>	
Prelievo di carote di calcestruzzo	9
Prelievo di barre di armatura	9
Prove SONREB	0
Verifica armature	25
Rilievo geometrico strutturale ed architettonico	311 mq
Superficie solai per Indagini termografiche	311 mq

Da campagne di indagini preliminarmente effettuate si hanno a disposizione:

N. 7 prelievi di carote in calcestruzzo

N. 2 prelievi di barre di armatura

Comprese nel conteggio delle tabelle precedenti.

## **11. DETTAGLIO DELLA CAMPAGNA DI PROVE GEOLOGICHE**

## PIANO DELLE INDAGINI

SONDAGGIO A CAROTAGGIO CONTINUO FINO A 20 METRI DI PROFONDITA CON PRELIEVO DI 2 CAMPIONI INDISTURBATI CON ANNESSE CASSETTE CATALOGATRICI E 2 SPT IN FORO.	3,00
STENDIMENTO SISMICO A RIFRAZIONE	1,00
PROVE SPT E PROVE DI LABORATORIO	3,00

## 12. CONCLUSIONI

La campagna di indagini è stata opportunamente e attentamente progettata al fine di permettere di pervenire ad un modello numerico estremamente accurato e rappresentativo dello stato di fatto della struttura, consentendo di effettuare adeguate verifiche di sicurezza strutturale, la contestuale valutazione della capacità sismica allo stato attuale e procedere correttamente all'individuazione delle più idonee tecniche di miglioramento sismico, compatibili con tutte le altre esigenze tecniche e funzionali.

Il progettisti

*Arch. Giulio Cesare Guccione*

*Ing. Michele Leone*

*Ing. Immacolata Fontana*

*Geom. Lorenzo La Valle*

## Comune di SAN VINCENZO LA COSTA

### Computo della campagna di indagini

Campagna di indagini di livello LC3 (Accurata) per il progetto esecutivo di: **“Interventi di adeguamento sismico e adeguamento degli impianti tecnologici (elettrico, idrico-sanitario, antincendio e riscaldamento-condizionamento) della scuola primaria di via Antonio Gramsci”**

Tipologia indagini	unità	quantità	prezzo	tot.
<b>PRELIEVO DI CAMPIONI DI CALCESTRUZZO CEMENTIZIO O DI ROCCIA CON CAROTATRICE</b> - Prelievo di campioni cilindrici di cls o roccia, mediante carotaggio continuo con corona diamantata e con circolazione d'acqua. I prelievi saranno effettuati in conformità con la norma UNI EN 12504-1 “Prove su calcestruzzo nelle strutture - Carote - Prelievo, esame e prova di compressione”. Nel prezzo è compreso il ripristino della sezione carotata con malta fibrorinforzata a ritiro controllato. DIAMETRO COMPRESO TRA 60 E 100 MM E LUNGHEZZA FINO A 400 MM	cad	17,00	€170,00	€ 2.890,00
<b>VALUTAZIONE DELLO SPESSORE DELLO STRATO DI CLS. CARBONATATO</b> - Su carote o polveri appositamente prelevate, mediante il metodo del viraggio chimico, utilizzando come indicatore una soluzione di fenolfaleina all'1% in alcool etilico, in conformità alla norma UNI 9944: "Corrosione protezione dell'armatura del calcestruzzo - Determinazione della profondità di carbonatazione e del profilo di penetrazione degli ioni cloruro nel calcestruzzo". Nel prezzo è compresa l'elaborazione dei dati rilevati e la presentazione dei risultati.	cad	17,00	€27,00	€ 459,00
<b>PRELIEVO DI CAMPIONI DI BARRA DI ARMATURA</b> - Di lunghezza pari ad almeno 60 cm, mediante rimozione del copriferro e taglio delle barre; è compreso il ripristino della sezione mediante saldatura di una barra di uguale diametro agli spezzoni residui di quella prelevata, richiusura e saldatura delle barre trasversali eventualmente tagliate e ricostruzione del copriferro con malta fibrorinforzata a ritiro controllato.	cad	22,00	€297,00	€ 6.534,00
<b>SCAVO IN FONDAZIONE</b> - Esecuzione di scavi per il rilievo dimensionale e del piano di posa della fondazione e per la campionatura dei materiali (calcestruzzo e acciaio). Eseguito a mano o con ausilio di mezzo meccanico, compreso il rinterro e l'eventuale ripristino di massetti.	cad	2,00	€600,00	€ 1.200,00
<b>SAGGIO VISIVO SOLAIO</b> - Rimozione di intonaco e copriferro travetti, misurazione ed identificazione stratigrafica del solaio, prova endoscopica e ripristino di copriferro e intonaco.	cad	3,00	€160,00	€ 480,00
<b>RILIEVO MAGNETICO DELLE BARRE DI ARMATURA DI ELEMENTI STRUTTURALI IN CALCESTRUZZO ARMATO</b> - Esecuzione del rilievo delle barre di armatura di elementi strutturali in c.a. e c.a.p., mediante pacometro a scansione, in grado restituire graficamente la posizione delle barre individuate con livelli di grigio di intensità dipendente dalla profondità e dal diametro; è compresa l'esecuzione di eventuali saggi locali per la verifica del diametro delle barre di armatura; i rilievi eseguiti saranno restituiti in apposite schede in cui verranno fornite le immagini scansionate e riportate graficamente le dimensioni di carpenteria, e le posizioni e i diametri delle barre individuate. I rilievi magnetici saranno effettuati in conformità con la norma BS 1881-204 “Testing concrete. Recommendations on the use of electromagnetic covermeters”.	mq	53,58	€157,00	€ 8.412,04
<b>TERMOGRAFIA CON FOTOCAMERA AD INFRAROSSI SU STRUTTURE O PARTI DI STRUTTURE</b> - Indagini termografiche. Esecuzioni di indagini termografiche utilizzando una telecamera sensibile all'infrarosso che riprende la superficie da esaminare, sollecitata termicamente (o tramite insolazione naturale o dispositivi artificiali), con restituzione di immagine videoregistrata o ripresa fotograficamente, procedendo poi alla realizzazione di una mappa termografica in cui l'andamento delle bande di colore corrisponde alle linee isoterme, finalizzata all'analisi delle seguenti problematiche: analisi di omogeneità di paramenti murari; ricerca di cavità in parametri murari; analisi di fenomeni fessurativi al di sotto di rivestimento. A mq di superficie indagata. Escluso il compenso per prestazioni esterne e spese di viaggio. Valutato per campo solaio.	mq	45	€120,00	€ 5.400,00
<b>RILIEVO GEOMETRICO DI STRUTTURE</b> - Rilievo geometrico di ogni singola opera a travi in c.a.o., c.a.p., muratura o metalliche a parete piena. per mq di superficie d'impalcato. Definizione delle carpenterie di piano (sezioni travi e pilastri). Redazione di planimetrie e telai quotati in formato cartaceo e CAD.	mq	750	€7,50	€ 5.625,00
			<b>Importo netto:</b>	<b>€ 31.000,00</b>

di cui il 2% per oneri sicurezza non soggetti a ribasso euro 620,00 (30.380,00+620,00=31.000,00)