COMUNE DI CASTEL SAN GIORGIO
provincia di Salerno

Unione Europea

POR CAMPANIA FESR 2014-2020

REGIONE CAMPANIA

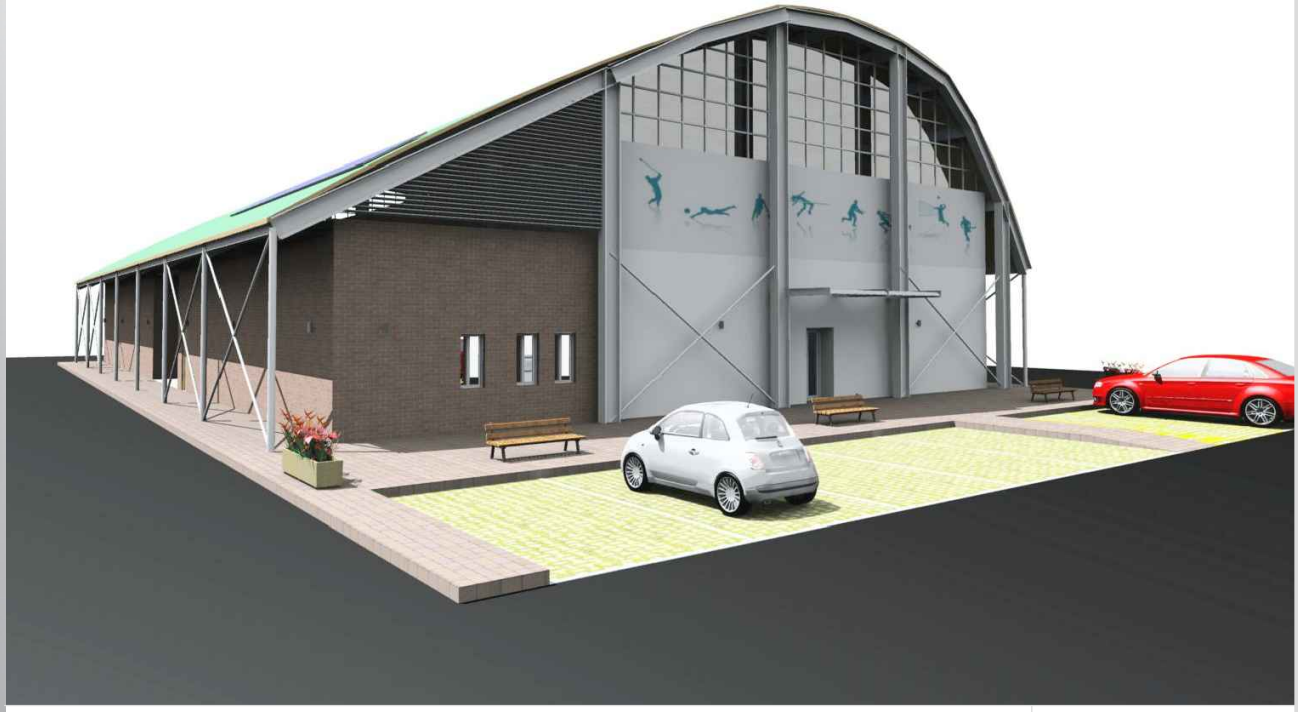
PROGETTO ESECUTIVO

decreto legislativo n. 50/2016

INTERVENTO DI SOSTITUZIONE EDILIZIA DI UNA PALESTRA SITA IN VIA G. DELLA MONICA

Piano triennale di edilizia scolastica (P.T.E.S.) della Regione Campania 2018-2020

Sindaco: Avv. Paola Lanzara
Ass. lavori pubblici: Franco Longanella
Ass. edilizia scolastica: Arch. Mena Pascariello



elaborato

VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITA' SISMICA FASE 2

20

scala

1:A

data

Giugno 2018

Progettazione

Ing. Paolo Sorrentino

ORDINE DEGLI INGEGNERI SALERNO 194

Verifica e validazione

IL R.U.P.
Arch. j. Carmine Russo

Piazza A. Amabile, 1
C.A.P. 84083
Castel San Giorgio (SA)
C.F. 80021560653
P.Iva 00264860651
Tel. 081 5163211
Fax. 081 5161900

COMUNE DI CASTEL SAN GIORGIO

PROVINCIA DI SALERNO

VERIFICA DELLA VULNERABILITA' SISMICA DEL PATRIMONIO EDILIZIO STRATEGICO E RILEVANTE

OO.P.C.M. 3274/03 - 3362/04

SCUOLA MEDIA CAPOLUOGO

Via avv. Aniello Capuano - CASTEL SAN GIORGIO (SA)

FASE 2

ELABORAZIONE DEI DATI RACCOLTI

VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITA' SISMICA

R.U.P. Dott. Arch. Antonella Mellini

Raggruppamento Temporaneo di Professionisti
Prof. Ing. Michele Brigante (capogruppo)
Dott. Ing. Pietro Barbarito
Dott. Arch. Massimo Coraggio
Dott. Ing. Francesco Vitale

TAVOLA		DATA
R02	VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITA' SISMICA	Novembre 2007
		RAPP.:

CSG - 03				

INDICE

PREMESSA 3

FASE 2 – ELABORAZIONE DEI DATI RACCOLTI - VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITA' SISMICA 4

2.1. DESCRIZIONE DELLE ATTIVITA'' 4
2.2. PROVE EFFETTUATE IN SITU ED IN LABORATORIO 9
2.2.1. Prove eseguite 10
2.2.1.1. stralcio del rilievo termografico 10
2.2.1.2. martinetti piatti 12
2.2.1.3. Osservazioni a valle delle prove sui materiali 24
2.3. RICOSTRUZIONE DELLO SCHEMA STRUTTURALE DELL'EDIFICIO IN ASSENZA DI DOCUMENTAZIONE TECNICA DISPONIBILE 27
2.3.1. descrizione del complesso scolastico 27
2.3.2. dettaglio dello schema strutturale 33
2.3.3. valutazione degli effetti di amplificazione locale 38
2.3.4. parametri sismici 39
2.4. VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITA' E DEL RISCHIO SISMICO 40
2.4.1. metodo di analisi e modello adottato 40
2.4.2. Caratteristiche dei materiali 42
2.4.3. Analisi dei carichi 42
2.4.4. Dati geometrici 43
2.4.5. Verifiche 43
2.5. CONCLUSIONI 44

PREMESSA

La presente relazione riferisce in ordine alle attività della 2^ FASE condotte sulla scuola di cui al titolo. E' stata redatta dal R.T.P. composto da ing. Michele Brigante (Capogruppo), ing. Pietro Barbarito, arch. Massimo Coraggio, ing. Francesco Vitale, in attuazione della Convenzione stipulata il 29 Maggio 2007 con il Comune di Castel San Giorgio (SA) ed è riferita all'edificio scolastico media "Capoluogo", ubicato in via Avv. Aniello Captano.

All'edificio scolastico è stato attribuito, nell'ambito della convenzione complessiva, il codice identificativo **CSG-03**.

Nella relazione delle attività preliminari è stata riportata la descrizione delle attività programmate per la fase seconda. In particolare sono state riportate le indicazioni emerse a valle della fase preliminare con il piano di prove finalizzato alla conoscenza dei materiali e dei particolari costruttivi, riferiti al livello di conoscenza LC2.

Nella stessa relazione preliminare (che integralmente si richiama) è stato riportato l'elenco dei documenti ritrovati nel corso delle ricerche condotte presso gli uffici competenti, riportati e riprodotti negli allegati A e B. Nell'allegato C è contenuta la documentazione fotografica.

RIFERIMENTI ALLA NORMATIVA PER LE ATTIVITA' SVOLTE.

Lo scrivente RTP ha seguito per le attività richieste le vigenti disposizioni normative, ovvero "Norme tecniche per il progetto, la valutazione e l'adeguamento sismico degli edifici" (Ord.P.C.M. n°3274/03, all.2 cap.11) e secondo le modalità descritte dal D.P.C.M. 21/10/2003 – D.P.C. "Disposizioni attuative dell'art.2, commi 2, 3 e 4, dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n°3274", la O.P.C.M 3362 del 8/7/2004, pubblicata sulla G.U. n. 165 del 16/07/2004, nonché le Linee Guida Regionali.

FASE 2 – ELABORAZIONE DEI DATI RACCOLTI - VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITA' SISMICA

2.1. DESCRIZIONE DELLE ATTIVITA''

Le operazioni legate alla seconda fase si concentrano sull'aspetto della conoscenza dell'edificio oggetto di studio, sia dal lato delle proprietà meccaniche dei materiali che dal lato del sistema strutturale, al fine di poter esprimere un adeguato ed affidabile giudizio sulla vulnerabilità delle strutture.

L'OPCM 3275/2003, come aggiornata dalla OPCM 3431/2005, fornisce indicazioni sulle modalità di svolgimento delle attività, individuando i livelli di conoscenza da conseguire per la valutazione della resistenza sismica, lasciando tuttavia ampio margine per la scelta dei criteri, delle metodologie di indagine, delle aree di prova ecc. Su questi aspetti il professionista è chiamato a giustificare le scelte, dimostrandone il rispetto delle norme e l'efficacia sui risultati conseguiti.

Si riportano tre tabelle (TAB. 1 e 1a - 2) estratte dalle citata OPCM che definiscono (TAB.1 e 1a) i livelli di conoscenza in funzione delle informazioni disponibili, i conseguenti metodi di analisi ammessi e i valori dei fattori di confidenza, mentre (TAB. 2) indicano le percentuali minime degli elementi strutturali primari da indagare, per ciascun livello di approfondimento.

I tre livelli di conoscenza, LC1-LC2-LC3, crescenti per grado e quantità di elementi determinabili, si associano ad una parallela e crescente conoscenza dei particolari costruttivi e dei materiali, in maniera paritetica o reciprocamente coerente. Un accrescimento delle prove sulle strutture o sui materiali, senza il parallelo approfondimento della conoscenza delle strutture e dei particolari costruttivi potrebbe non essere giustificato e corretto.

TAB. 1 *(edifici in muratura)*

Livello di Conoscenza	Geometria	Dettagli costruttivi	Proprietà dei materiali	Metodi di analisi	FC
LC1	Rilievo Strutturale	*limitate* verifiche in-situ	*limitate* indagini in-situ	Tutti	***1.35***
LC2		*estese* ed *esaustive* verifiche in-situ	*estese* indagini in-situ	Tutti	***1.20***
LC3			*esaustive* indagini in-situ	Tutti	***1.00***

TAB. 1a *(edifici in cemento armato, acciaio e acciaio - calcestruzzo)*

Livello di Conoscenza	Geometria (carpenterie)	Dettagli costruttivi	Proprietà dei materiali	Metodi di analisi	FC
LC1	Da disegni di carpenteria originali con rilievo visivo a campione oppure rilievo ex-novo completo	Progetto simulato in accordo alle norme dell'epoca e *limitate* verifiche in-situ	Valori usuali per la pratica costruttiva dell'epoca e *limitate* prove in-situ	Analisi lineare statica o dinamica	***1.35***
LC2		Disegni costruttivi incompleti con *limitate* verifiche in-situ Oppure *estese* verifiche in-situ	Dalle specifiche originali di progetto o dai certificati di prova originali con *limitate* prove in-situ oppure *estese* prove in-situ	Tutti	***1.20***
LC3		Disegni costruttivi completi con *limitate* verifiche in-situ Oppure *Esaustive* verifiche in-situ	Dai certificati di prova originali o dalle specifiche originali di progetto con *estese* prove in-situ oppure *esaustive* prove in-situ	Tutti	***1.00***

TAB. 2 *(definizione dei livelli di rilievo e prove per edifici in c.a.)*

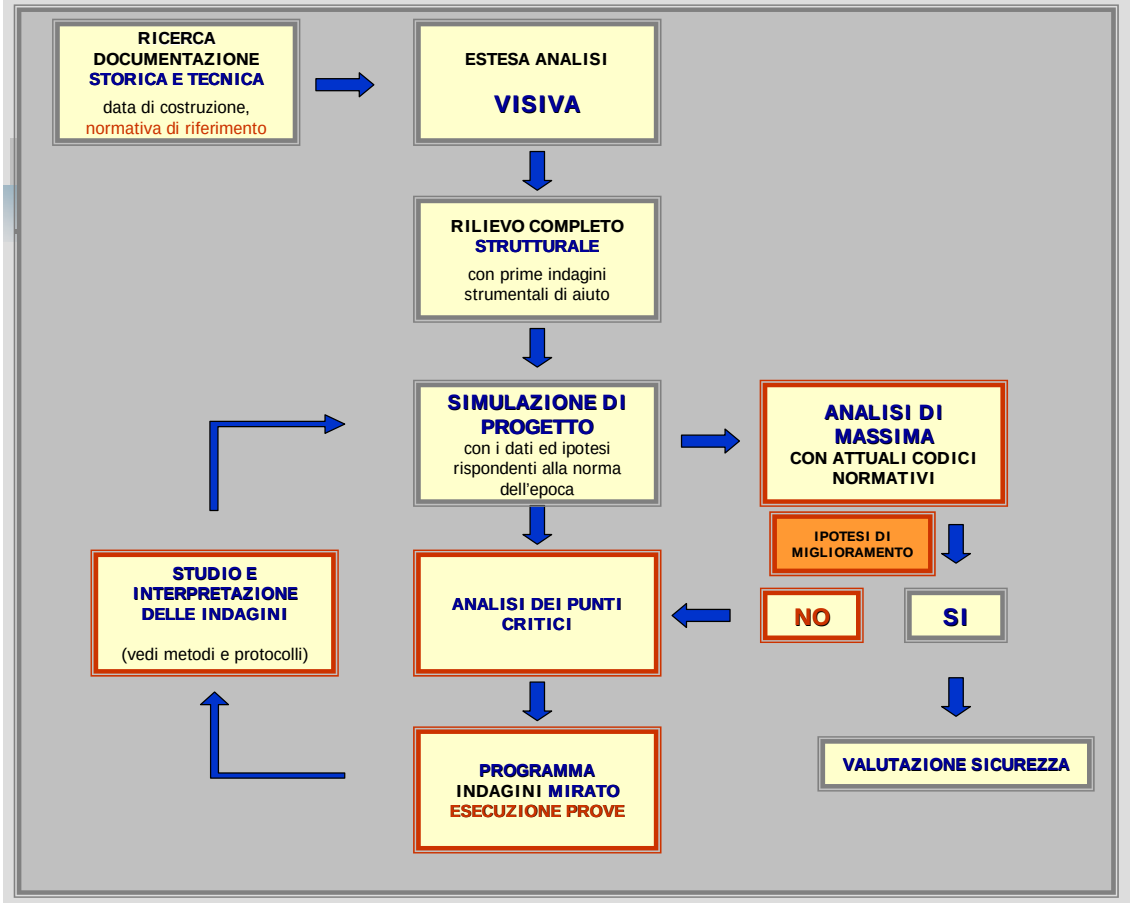
	Rilievo (dei dettagli costruttivi)	Prove (sui materiali)
	Per ogni tipo di elemento "primario" (trave, pilastro ...)	
Verifiche limitate	La quantità e disposizione dell'armatura è verificata per almeno il 15% degli elementi	1 provino di cls per 300 mq di piano dell'edificio, 1 campione di armatura per piano dell'edificio
Verifiche estese	La quantità e disposizione dell'armatura è verificata per almeno il 35% degli elementi	2 provini di cls per 300 mq di piano dell'edificio, 2 campioni di armatura per piano dell'edificio
Verifiche esaustive	La quantità e disposizione dell'armatura è verificata per almeno il 50% degli elementi	3 provini di cls per 300 mq di piano dell'edificio, 3 campioni di armatura per piano dell'edificio

Nel caso in esame si è proceduto secondo il criterio che di seguito si espone che ha consentito, dapprima il raggiungimento del livello LC1 e successivamente anche del livello LC2.

La procedura generale è schematicamente illustrata nella fig. 1 che riporta le successive fasi del percorso di approccio alla valutazione della vulnerabilità e che, di seguito, si illustra.

Essa ripercorre precisamente le Fasi 1-2-3 previste dalla convenzione stipulata dallo scrivente RTP con Comune di Castel San Giorgio, che ha previsto la produzione di una prima serie di documenti a corredo della relazione della 1^ FASE già richiamata (e che si intende allegata alla presente).

Raggruppamento Temporaneo di Professionisti
ing. Michele Brigante (Capogruppo), ing. Pietro Barbarito, arch. Massimo Coraggio, ing. Francesco Vitale
Sede: Lungomare Colombo 103 – 84129 – SALERNO – tel. 089 725113 – fax 089 724539



Il processo seguito è stato articolato:

1) *E' stata effettuata una approfondita ricerca di tutte le documentazioni disponibili presso gli uffici competenti in grado di fornire:*

- *elementi utili a ricostruire la storia dell'edificio, dalla data di progettazione ad oggi.*
- *Questa attività ha prodotto quanto riportato nel punto **1.1** e **1.2** della Relazione Preliminare, oltre agli allegati **A-B** posti a corredo della stessa Relazione Preliminare.*

2) *E' stata effettuata una vasta campagna di ispezioni visive, preliminari a qualsiasi attività di indagine e prove, finalizzata a raccogliere tutte le informazioni circa la morfologia del complesso edilizio, quali:*

a rispondenza dell'attuale stato dei luoghi al progetto originario,

- *la effettiva destinazione d'uso dell'immobile nella sua interezza e dei singolo locali,*
- *presenza di corpi di fabbrica indipendenti,*

- *presenza di giunti,*
- *organizzazione del sistema strutturale originario,*
- *presenza di eventuali segni di dissesto.*

*Queste operazioni sono descritte nella Relazione Preliminare nel punto **1.3**.*

3) *L'insieme delle attività precedenti ha suggerito di predisporre un rilievo delle strutture da riprodurre "ex novo" per la completa assenza di dati progettuali relativi. Questo rilievo è stato eseguito in più sottofasi, come detto anche nella relazione preliminare.*

- *Prioritariamente ed allo scopo di non effettuare saggi ed operazioni distruttive si è utilizzato un sistema di rilevazione termografico, che ha permesso di individuare oltre il 70% degli elementi strutturali, acquisendo informazioni sulle orditure dei solai, sulla ubicazione della travi a spessore, sulla presenza di solette piene, di elementi di ripartizione ecc.*
- *Sulla base di queste informazioni e sulla scorta di un ampio rilievo morfologico si è pervenuti ad una prima ricostruzione delle strutture con la elaborazione anche degli schemi di carpenteria e della orditura dei sistemi strutturali primari e secondari.*
- *Gli elementi ottenuti sono dettagliatamente descritti nel punto 1.4. della Relazione Preliminare e negli **allegati C,** che contengono tutti gli schemi delle indagini effettuate la documentazione termografica e fotografica.*
- *Con gli elementi raccolti è stato possibile effettuare una prima simulazione di progetto, utilizzando le metodologie, i criteri, i carichi e le resistenze dei materiali, coerenti con le normative vigenti all'epoca della costruzione che ha fornito utili indicazioni sulle condizioni di esercizio medie delle strutture, sul regime di sollecitazione presunto ed altri elementi riassunti nei punti 1.4.3., 1.4.4, 1.4.5,1.4.6 e 1.4.7 della citata Relazione preliminare.*
- *In questa maniera sono stati individuati una serie di "punti critici" ai quali riferire il successivo piano di approfondimento delle indagini in situ, anche con l'ausilio di strumentazioni non distruttive, oltre che quelle di tipo distruttivo.*

4) *A completamento della prima fase è stato prospettato il piano di indagine, descritto nel punto 1.5 della Relazione Preliminare, con l'indicazione dettagliata delle relative tipologie e la ubicazione precisa evidenziata in calce alla citata relazione (allegati P1-P2-P3).*

Raggruppamento **T**emporaneo di **P**rofessionisti
ing. Michele Brigante (Capogruppo), ing. Pietro Barbarito, arch. Massimo Coraggio, ing. Francesco Vitale
Sede: Lungomare Colombo 103 – 84129 – SALERNO – tel. 089 725113 – fax 089 724539

INIZIO DELLE OPERAZIONI DELLA SECONDA FASE

5) *Il piano di prove è stato eseguito completamente e si riferisce in dettaglio nel seguito di questa relazione.*

- *Sono state previste prove distruttive (prelievo di carote e campioni di acciaio, martinetti singoli e doppi) in ragione delle quantità suggerite dalla OPCM, così come sintetizzato nella precedente tabella 1.*
- *Benché tali prove potessero essere sufficienti, adottando i criteri di analisi basati sulla valutazione delle sole carote, sono state eseguite numerosissime prove non distruttive, in aggiunta ed a supporto alle prime, delle quali si riferisce in dettaglio nel punto specifico.*

6) *Si è proceduto alla elaborazione delle rilevazione in situ, procedendo ad una serie di valutazioni statistiche ottenute disarticolando i dati in maniera coerente con la tipologia delle strutture e la relativa ubicazione.*

Tutte le prove sono state eseguite con strumentazioni controllate e tarate; le modalità di prova sono state rispettose delle Norme UNI o UNI-EN di riferimento, come viene richiamato nelle sezioni di riferimento.

7) *Sono state elaborate le carpenterie complete dell'edificio riportando sulle stesse i dati rilevati nel corso delle indagini e le ubicazioni delle indagini stesse (allegati D e E)*

Le carpenterie ed i particolari riportati permettono di verificare che il livello di conoscenza delle strutture e dei particolari supera il 50% degli elementi specifici esistenti, cosicché esistono i presupposti per il raggiungimento del livello LC2.

8) *Si è proceduto, conseguentemente, ad una serie di verifiche strutturali per la determinazione del livello di vulnerabilità, così come richiesto*

- *Sono state sviluppate le analisi complete riportate integralmente nell'allegato **F**.*
- *Le verifiche riassunte nelle seguenti tabelle sono state ottenute mediante l'utilizzo di procedure automatiche sviluppate dallo scrivente RTP e testate in numerose applicazioni. I risultati sono poi stati confrontati con quelli evidenziati dall'utilizzo della procedura ideata e realizzata dal prof. Mauro Dolce e ing. Claudio Moroni, Versione beta 7_6VM e sviluppata nell'ambito del progetto SAVE del INGV – GNDT. riscontrandoli congruenti.*
- Nella presente relazione vengono riportati gli elementi significativi desumibili dalle relazioni complete allegate.

2.2. PROVE EFFETTUATE IN SITU ED IN LABORATORIO

Nel corso dell'espletamento dell'incarico sono state effettuate numerose prove in situ, stabilite in funzione degli obiettivi indicati nella relazione preliminare e finalizzati al livello di conoscenza LC2.

Tutte le prove sono state eseguite dal Laboratorio Ufficiale Prove Materiali e Strutture PLP Group SrL di Monitoro Inferiore. Il suddetto laboratorio ha rilasciato i certificati e rapporti di prova ufficiali che lo scrivente RTP trasmette in allegato con la terza fase della convenzione.

Questi rapporti riportano esclusivamente le letture dei parametri ottenuti in situ e sono privi di qualsiasi interpretazione, che invece è stata eseguita dallo scrivente RTP.

I risultati sono stati elaborati dallo scrivente secondo precisi criteri statistici e di calibrazione, utilizzati per rendere affidabili i risultati e ridurre la dispersione dei valori, con beneficio finale sulla interpretazione dei parametri rapportati alla resistenza del materiale.

Le prove eseguite sono state sia di tipo distruttivo che non distruttivo; sono state eseguite indagini idonee per gli edifici in muratura; anche gli elementi in cls sono stati oggetto di rilevazioni specifiche (distruttive e non distruttive).

I risultati delle prove vengono di seguito riportati e discussi,mentre i valori ottenuti durante le prove, riportati nei rapporti di prova, verranno allegati nella terza fase della convenzione.

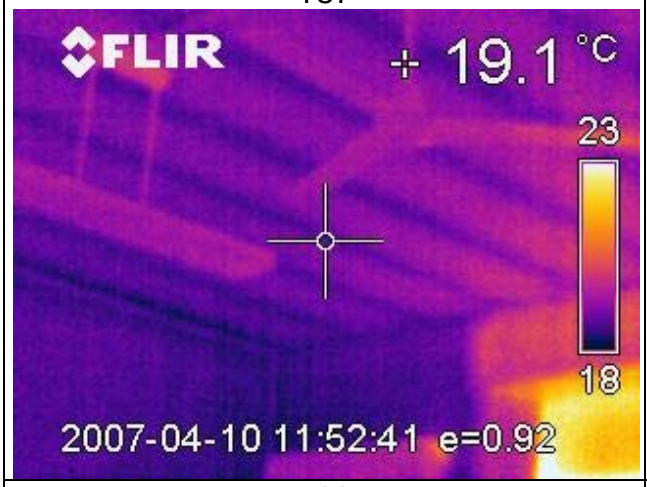
Le prove eseguite sono state:

- prove con martinetti piatti, relative alla valutazione dello stato tensionale e anche con la prova finalizzata alla misura del modulo elastico e la valutazione del carico di rottura;
- Prove con sclerometro;
- Prove con ultrasuoni;
- Determinazione del valore della resistenza con il metodo SonReB;
- Saggi diretti;
- Indagini termografiche;
- Indagini pacometriche.

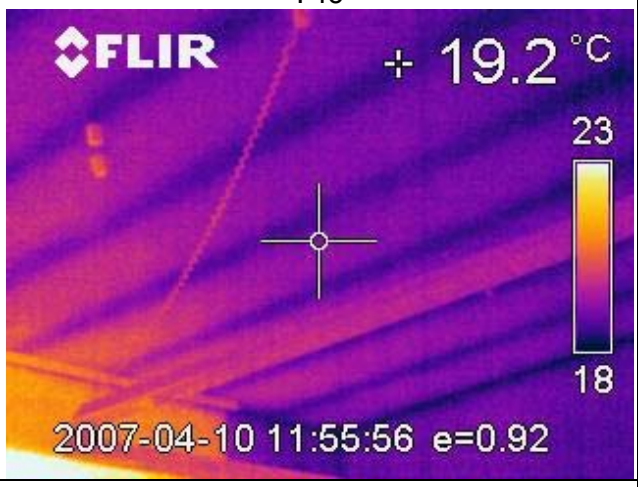
2.2.1. Prove eseguite

2.2.1.1. stralcio del rilievo termografico

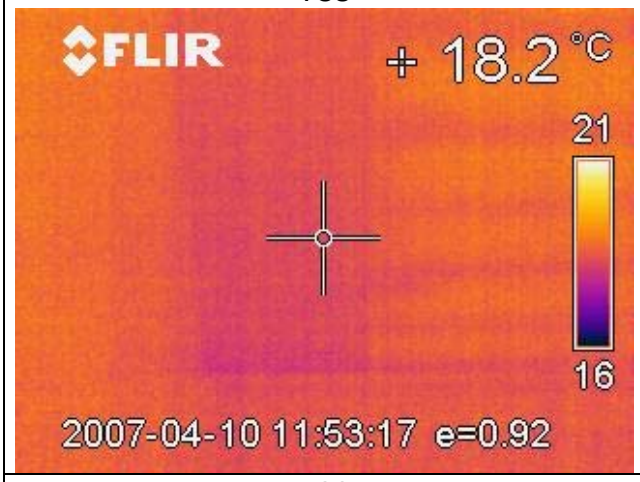
T37



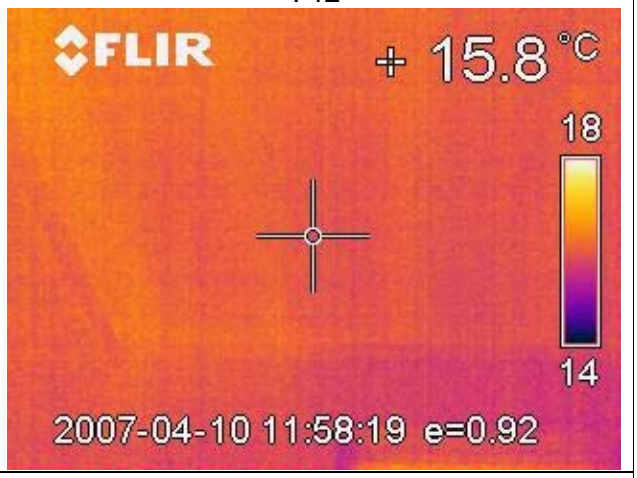
T40



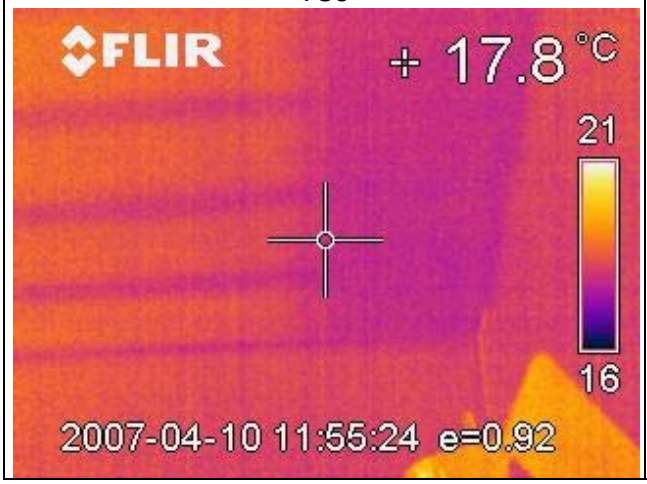
T38



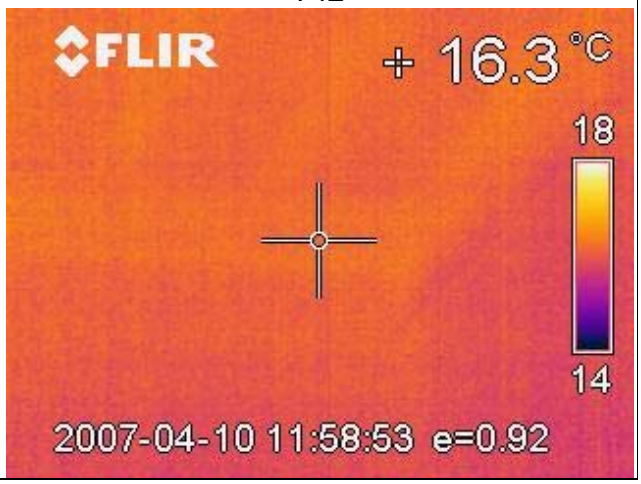
T41



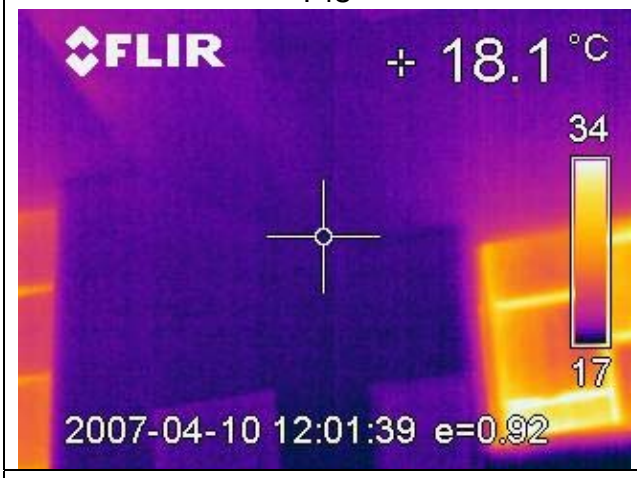
T39



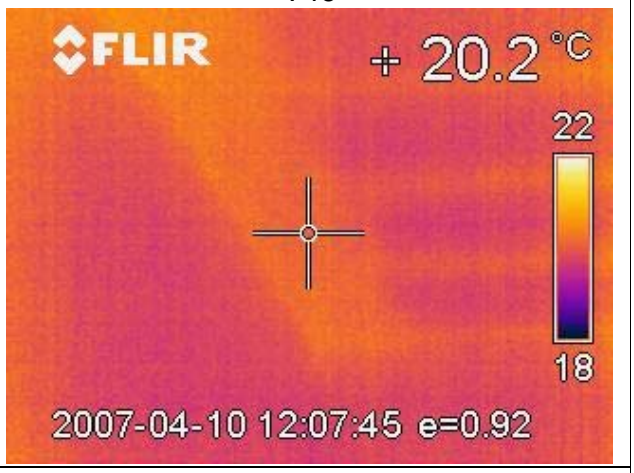
T42



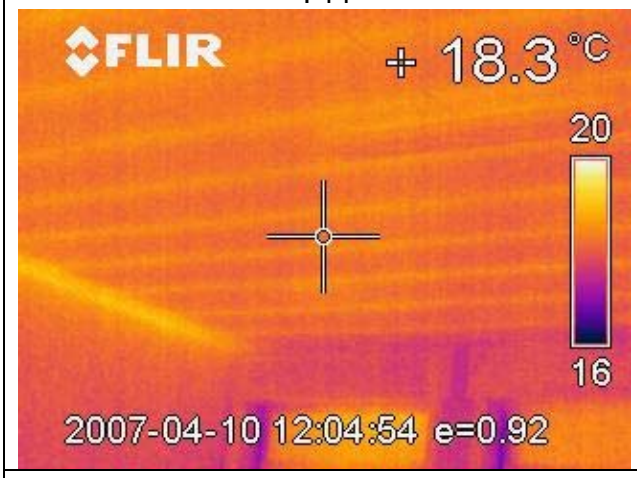
T43



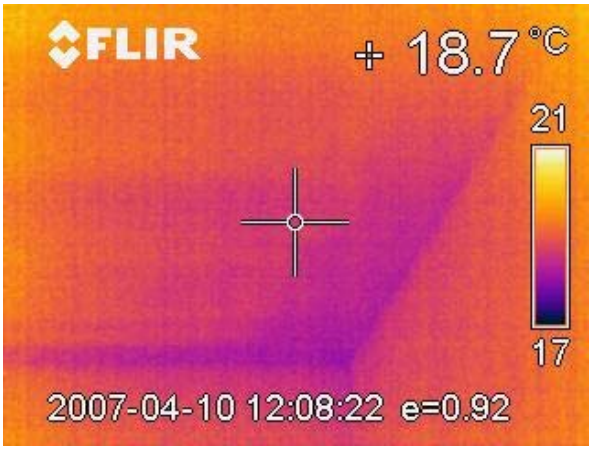
T46



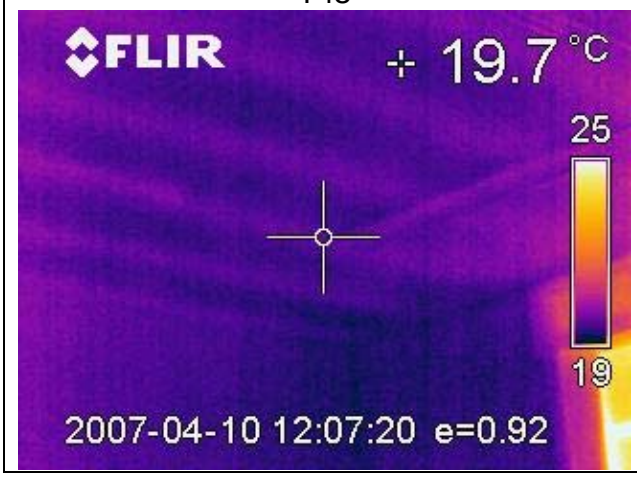
T44



T47



T45



T48

2.2.1.2. MARTINETTI PIATTI

Le prove effettuate con i martinetti piatti hanno mostrato che il tasso di lavoro registrato nelle murature è inferiore a 4 Kg/cm^2. Questi risultati sono anche coerenti con quello che emerge dalla successiva modellazione numerica sviluppata per i soli carichi verticali.
Il modulo elastico medio desunto dalle prove è attestato intorno a valori di 8.000 Kg/cm^2.

attrezzatura utilizzata

Martinetto di tipo semicircolare d=34,5 cm e mm 3 di spessore.
Pompa idraulica da 400 bar tipo Enerpack contrass.00b
Manometro WIKA da 0 - 100 bar n° 055
Deformometro RMU matr. 103-02-81

RISULTATI DELLE PROVE

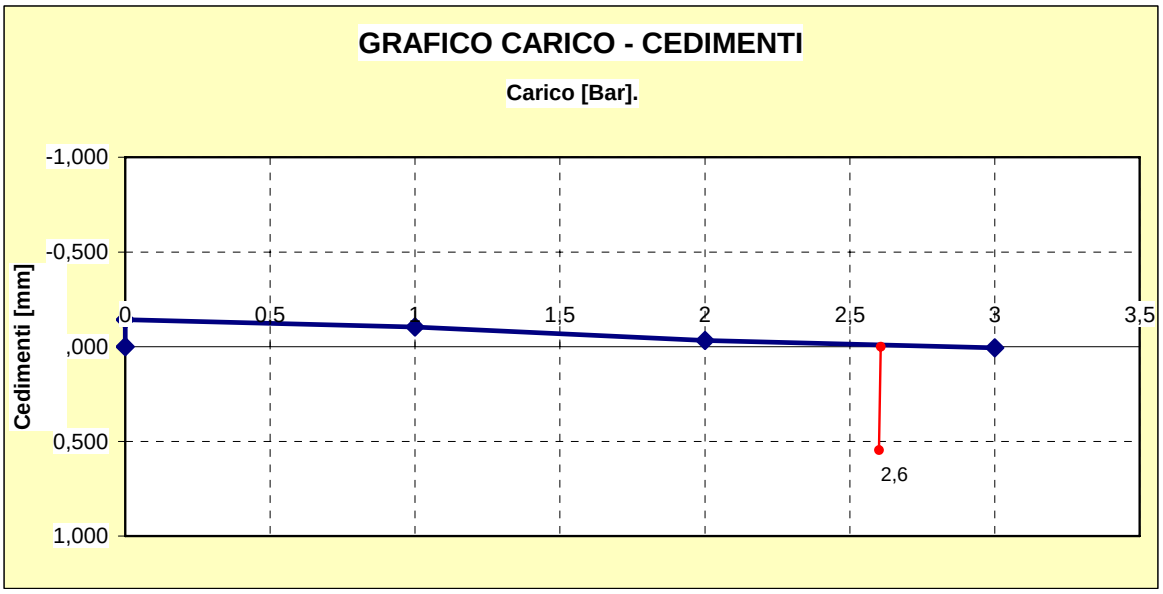
Verifica Stato tensionale della struttura.

Cantiere : Scuola Media Capoluogo Tasso
Prova M1 - Piano Terra

Superficie martinetto πr^2 /2+ 310,5 =777,9 cm^2.
Spessore martinetto 3 mm.
K_m = 0,88 coefficiente di rigidezza del martinetto
Superficie taglio =796 cm^2.
K_a =0,97 rapporto tra l'area del martinetto e l'area della superficie del taglio
Tensione = P x K_m x K_a = 2,6 x 0,88 x 0,97 =2,21 Kg/cmq

Tabella 1

Lettura	Pressione [Bar]	F1 [mm]	
1,824	0	0,000	Prima del taglio
1,682	0	-0,142	Dopo il taglio
1,720	1	-0,104	
1,792	2	-0,032	
1,830	3	0,006	



Raggruppamento Temporaneo di Professionisti
ing. Michele Brigante (Capogruppo), ing. Pietro Barbarito, arch. Massimo Coraggio, ing. Francesco Vitale
Sede: Lungomare Colombo 103 – 84129 – SALERNO – tel. 089 725113 – fax 089 724539

RISULTATI DELLE PROVE

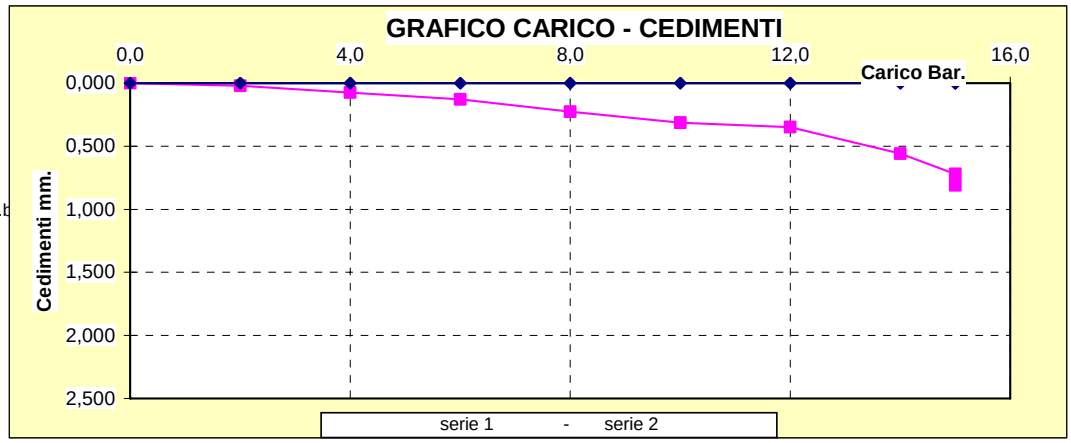
Determinazione delle caratteristiche di deformabilità

Cantiere : Scuola Media Capoluogo Tasso **Prova M1 - Piano Terra**	

Superficie martinetto πr^2 /2+ 310,5 =777,9 cm^2.
Spessore martinetto 6 mm.
Km = 0,89 coefficiente di rigidezza medio dei martinetti
Ka =0,96 rapporto tra l'area del martinetto e l'area della superficie del taglio
P1 = Carico di rottura = Px Km x Ka = 18,00 x 0,89 x 0,96 =12,80 Kg/cmq
E =*Modulo Elastico medio = 6408

Tabella 2

Lettura Base (1)	Lettura Base (2)	Pressione Bar	σ (1) Kg/cmq	σ (2) Kg/cmq	ε (1)	ε (2)	Cedimenti (1) mm	Cedimenti (2) mm
1,920	*	0,0	0,0	**	0,0000	**	0,000	**
1,900	*	2,0	1,7	**	0,0001	**	0,020	**
1,846	*	4,0	3,4	**	0,0002	**	0,074	**
1,791	*	6,0	5,1	**	0,0004	**	0,129	**
1,694	*	8,0	6,8	**	0,0008	**	0,226	**
1,606	*	10,0	8,5	**	0,0010	**	0,314	**
1,572	*	12,0	10,3	**	0,0012	**	0,348	**
1,362	*	14,0	12,0	**	0,0019	**	0,558	**
1,200	*	15,0	12,8	**	0,0024	**	0,720	**
1,110	*	15,0	12,8	**	0,0027	**	0,810	**



Raggruppamento Temporaneo di Professionisti
ing. Michele Brigante (Capogruppo), ing. Pietro Barbarito, arch. Massimo Coraggio, ing. Francesco Vitale
Sede: Lungomare Colombo 103 – 84129 – SALERNO – tel. 089 725113 – fax 089 724539

PROVE SUGLI ELEMENTI IN CALCESTRUZZO

Le prove hanno interessato le aree indicate nella tavola degli allegati. Sono state utilizzate le seguenti strumentazioni:

- Sistema ad ultrasuoni MATEST MOD. C368 dotato di una sonda trasmittente (connettore TX) ed una sonda ricevente (connettore RX) in grado di inviare impulsi ad ultrasuoni di ampiezza programmabile (1000 V – 750 V – 400 V – 250 V) e con selezione di frequenza di trasmissione degli impulsi (1, 2, 3, 4 impulsi/sec). Il grado di risoluzione e la precisione dello strumento dichiarato dalla ditta produttrice è di ± 16 msec.
- Sclerometro per cls SCHMIDT MOD.N/L.
- Pacometro PROFOMETER 5 Modell S/SCANLOG completo di sistema di rilevazione magnetica delle armature.

Le tabelle sinottiche di analisi dei risultati sono riportate di seguito e nell'allegato. Contengono i valori ottenuti con le indagini strumentali. Sono state successivamente costruite le correlazioni ottenute dalle prove sul campo, le calibrazioni, i diagrammi di dispersione dei risultati e le funzioni di correzione dei valori tabellari in maniera tale da poter ricavare i valori riferibili alla struttura in esame.

Di seguito, per comodità di consultazione, sono riportati i valori elaborati e desunti dalle tabelle allegate, dalle quali è stato ricavata anche un valore medio generale (riportato di seguito).

Si riportano in sequenza i risultati delle prove fornite dal laboratorio e l'elaborazione dei dati effettuata dallo scrivente RTP.

RISULTATI DELLE PROVE

I risultati delle prove non distruttive sono descritti nelle Tabelle riportate di seguito.
Per l'ubicazione degli elementi strutturali oggetto di indagine si veda la pianta allegata.

TAB.1

Zona e Sigla di identificazione del campione	Dimensione area investigata	Elemento	Misure Sclerometriche		Misure Ultrasoniche			
			Indice di Rimbalzo	Indice Medio	Metodologia di prova	Distanza sonde	Tempo	Velocità
	[cm]					[cm]	[microsec.]	[m/sec]
P1	40x40	**Pilastro**	26,00	27,20	Diretta	40,00	118,70	3350,08
			26,00					
			30,00					
			26,00					
			26,00			40,00	120,10	
			26,00					
			30,00					
			26,00					
			26,00			40,00	119,40	
			28,00					
			26,00					
			28,00					
VALORE SONREB R=1.2x10^{-9}x Indice medio^{1,058}x Velocità^{2,46}=						16,57	[Mpa]	

TAB.2

Zona e Sigla di identificazione del campione	Dimensione area investigata	Elemento	Misure Sclerometriche		Misure Ultrasoniche			
			Indice di Rimbalzo	Indice Medio	Metodologia di prova	Distanza sonde	Tempo	Velocità
	[cm]					[cm]	[microsec.]	[m/sec]
P2	40x40	**Pilastro**	28,00	27,20	Diretta	40,00	118,70	3352,89
			28,00					
			28,00					
			30,00					
			26,00			40,00	119,20	
			26,00					
			26,00					
			28,00					
			26,00			40,00	120,00	
			28,00					
			28,00					
			26,00					
VALORE SONREB R=1.2x10^{-9}x Indice medio^{1,058}x Velocità^{2,446}=						16,60	[Mpa]	

* non è stato possibile determinare le dimensioni dell'elemento strutturale oggetto di indagine.

*** non è stato possibile leggere il tempo di ritardo con lo strumento agli ultrasuoni.

Raggruppamento Temporaneo di Professionisti
ing. Michele Brigante (Capogruppo), ing. Pietro Barbarito, arch. Massimo Coraggio, ing. Francesco Vitale
Sede: Lungomare Colombo 103 – 84129 – SALERNO – tel. 089 725113 – fax 089 724539

RISULTATI DELLE PROVE

TAB.3

Zona e Sigla di identificazione del campione	Dimensione area investigata	Elemento	Misure Sclerometriche		Misure Ultrasoniche			
			Indice di Rimbalzo	Indice Medio	Metodologia di prova	Distanza sonde	Tempo	Velocità
	[cm]					[cm]	[microsec.]	[m/sec]
P3	30x50	**Pilastro esterno**	28,00	29,80	Diretta	30,00	101,00	2994,51
			30,00					
			32,00					
			30,00					
			28,00			30,00	99,45	
			30,00					
			30,00					
			30,00					
			32,00			30,00	100,10	
			28,00					
			30,00					
			28,00					
VALORE SONREB R=1.2x10^{-9}x Indice medio^{1,058}x Velocità^{2,446}=						13,87	[Mpa]	

TAB.4

Zona e Sigla di identificazione del campione	Dimensione area investigata	Elemento	Misure Sclerometriche		Misure Ultrasoniche			
			Indice di Rimbalzo	Indice Medio	Metodologia di prova	Distanza sonde	Tempo	Velocità
	[cm]					[cm]	[microsec.]	[m/sec]
**	**	**		*	*	*	*	
						*	*	
						*	*	
VALORE SONREB R=1.2x10^{-9}x Indice medio^{1,058}x Velocità^{2,446}=							[Mpa]	

* non è stato possibile determinare le dimensioni dell'elemento strutturale oggetto di indagine.

*** non è stato possibile leggere il tempo di ritardo con lo strumento agli ultrasuoni.

Raggruppamento Temporaneo di Professionisti
ing. Michele Brigante (Capogruppo), ing. Pietro Barbarito, arch. Massimo Coraggio, ing. Francesco Vitale
Sede: Lungomare Colombo 103 – 84129 – SALERNO – tel. 089 725113 – fax 089 724539

RISULTATI DELLE PROVE

INDAGINE PACOMETRICA

TAB.A

Zona e sigla dell'elemento strutturale investigato	Dimensioni	Elemento	Numero di barre longitudinali	Diametro barre longitudinali	Diametro barre trasversali	Passo delle barre trasversali	Copriferro
	[cm]			[mm]	[mm]	[mm]	(cm)
P1	40x40	**Pilastro**	4	D14	D8	200	3,00
P2	40x40	**Pilastro**	4	D14	D8	200	2,70
P3	50x30	**Pilastro**	6	D14	D8	200	3,00
**	**	**	**	**	**	**	**
**	**	**	**	**	**	**	**
**	**	**	**	**	**	**	**

Raggruppamento Temporaneo di Professionisti
ing. Michele Brigante (Capogruppo), ing. Pietro Barbarito, arch. Massimo Coraggio, ing. Francesco Vitale
Sede: Lungomare Colombo 103 – 84129 – SALERNO – tel. 089 725113 – fax 089 724539

DATI PROVE ULTRASONICE ESEGUITE SCUOLA MEDIA CAPOLUOGO (CASTEL SAN GIORGIO - SA)

	P1	
	t (micr.)	dist. (cm.)
A 40	138	40
B 40	136	
C 40	138	
D 40		
E 40		
	velocità media	
0		
	V_m(m/s)=	2913

0	P2	
	t (micr.)	dist. (cm.)
A 14	132	40
B 14	132	
C 14	132	
D 14		
E 14		
	velocità media	
0		
	V_m(m/s)=	3030

0	P3	
	t (micr.)	dist. (cm.)
A 14	165	50
B 14	165	
C 14	165	
D 14		
E 14		
	velocità media	
0		
	V_m(m/s)=	3030

0	P4	
	t (micr.)	dist. (cm.)
A 14	135	50
B 14	164	
C 14	166	
D 14		
E 14		
	velocità media	
0		
	V_m(m/s)=	3226

Raggruppamento **T**emporaneo di **P**rofessionisti
ing. Michele Brigante (Capogruppo), ing. Pietro Barbarito, arch. Massimo Coraggio, ing. Francesco Vitale
Sede: Lungomare Colombo 103 – 84129 – SALERNO – tel. 089 725113 – fax 089 724539

DATI PROVE SCLEROMETRICHE ESEGUITE SCUOLA MEDIA CAPOLUOGO (CASTEL SAN GIORGIO - SA)

tipo di correzione	elemento n°					
3	**P1**					
valore di Rimbalzo	scarto dalla media	media rimbalzo	rimbalzo corretto	resistenza letta sulle curve di calibrazione (kg/cmq)	resistenza con valore del rimbalzo corretto (kg/cmq)	E (modulo elastico tramite la formula (2)) (kg/cmq): valore corretto
30,00	0,4	**29,6**	**27**	**221**	**178**	**240480**
30,00	0,4					
28,00	-1,6					
27,00	-2,6					
28,00	-1,6					
31,00	1,4					
30,00	0,4					
32,00	2,4					
30,00	0,4					
30,00	0,4					
Ci sono	10					
scostano dal valore medio per più di 3 unità.						

tipo di correzione	elemento n°					
2	**P2**					
valore di Rimbalzo	scarto dalla media	media rimbalzo	rimbalzo corretto	resistenza letta sulle curve di calibrazione (kg/cmq)	resistenza con valore del rimbalzo corretto (kg/cmq)	E (modulo elastico tramite la formula (2)) (kg/cmq): valore corretto
30,00	0,2	**30**	**28**	**224**	**202**	**255960**
30,00	0,2					
29,00	-0,8					
28,00	-1,8					
29,00	-0,8					
30,00	0,2					
30,00	0,2					
32,00	2,2					
30,00	0,2					
30,00	0,2					
Ci sono	10					
scostano dal valore medio per più di 3 unità.						

tipo di correzione	elemento n°					
3	**P3**					
valore di Rimbalzo	scarto dalla media	media rimbalzo	rimbalzo corretto	resistenza letta sulle curve di calibrazione (kg/cmq)	resistenza con valore del rimbalzo corretto (kg/cmq)	E (modulo elastico tramite la formula (2)) (kg/cmq): valore corretto
30,00	0,1	**29,9**	**27**	**226**	**182**	**242994**
30,00	0,1					
27,00	-2,9					
28,00	-1,9					
32,00	2,1					
30,00	0,1					
30,00	0,1					
32,00	2,1					
30,00	0,1					
30,00	0,1					
Ci sono	10					
scostano dal valore medio per più di 3 unità.						

tipo di correzione	elemento n°					
1	**P4**					
valore di Rimbalzo	scarto dalla media	media rimbalzo	rimbalzo corretto	resistenza letta sulle curve di calibrazione (kg/cmq)	resistenza con valore del rimbalzo corretto (kg/cmq)	E (modulo elastico tramite la formula (2)) (kg/cmq): valore corretto
30,00	-0,1	**30,1**	**30**	**229**	**229**	**272360**
30,00	-0,1					
28,00	-2,1					
30,00	-0,1					
31,00	0,9					
30,00	-0,1					
30,00	-0,1					
32,00	1,9					
30,00	-0,1					
30,00	-0,1					
Ci sono	10					
scostano dal valore medio per più di 3 unità.						

Raggruppamento **T**emporaneo di **P**rofessionisti
ing. Michele Brigante (Capogruppo), ing. Pietro Barbarito, arch. Massimo Coraggio, ing. Francesco Vitale
Sede: Lungomare Colombo 103 – 84129 – SALERNO – tel. 089 725113 – fax 089 724539

GRAFICO 1
Correlazione resistenza a compressione (rilevato con sclerometro)
Velocità di attraversamento del mezzo con ultrasuoni
scuola media capoluogo

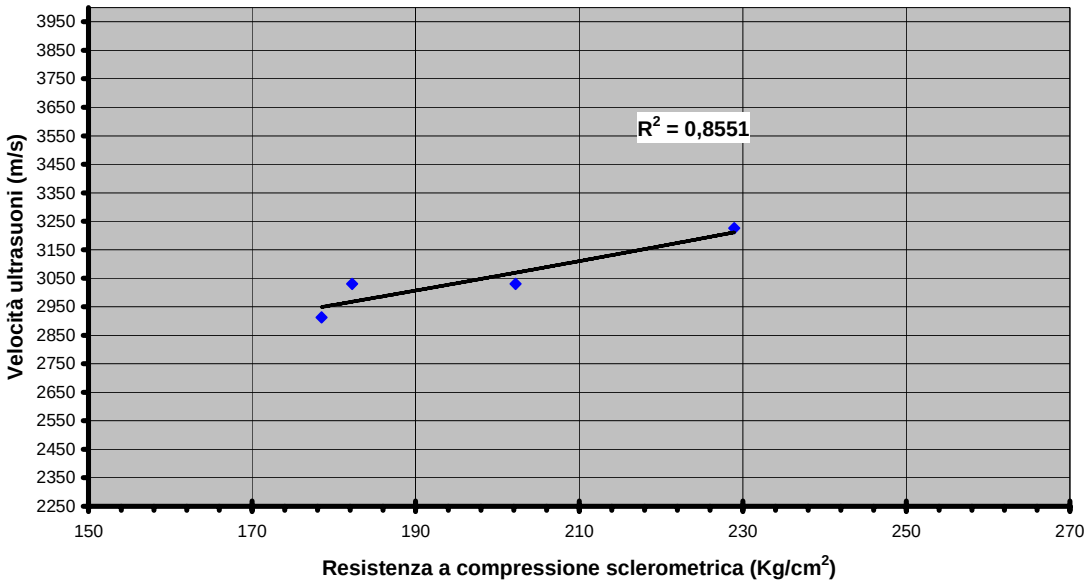
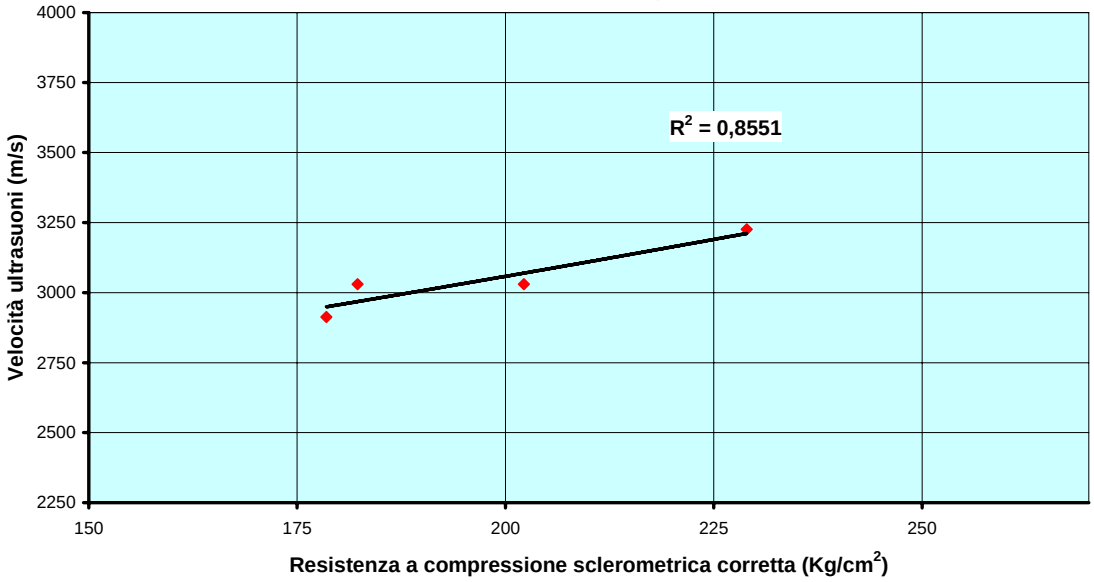


GRAFICO 2 TOTALE
Correlazione resistenza a compressione Corretta (rilevato con sclerometro)
Velocità di attraversamento del mezzo con ultrasuoni
scuola media capoluogo



Raggruppamento Temporaneo di Professionisti
ing. Michele Brigante (Capogruppo), ing. Pietro Barbarito, arch. Massimo Coraggio, ing. Francesco Vitale
Sede: Lungomare Colombo 103 – 84129 – SALERNO – tel. 089 725113 – fax 089 724539

GRAFICO 3

Correlazione resistenza a compressione (metodo SONREB)

Velocità di attraversamento del mezzo con ultrasuoni

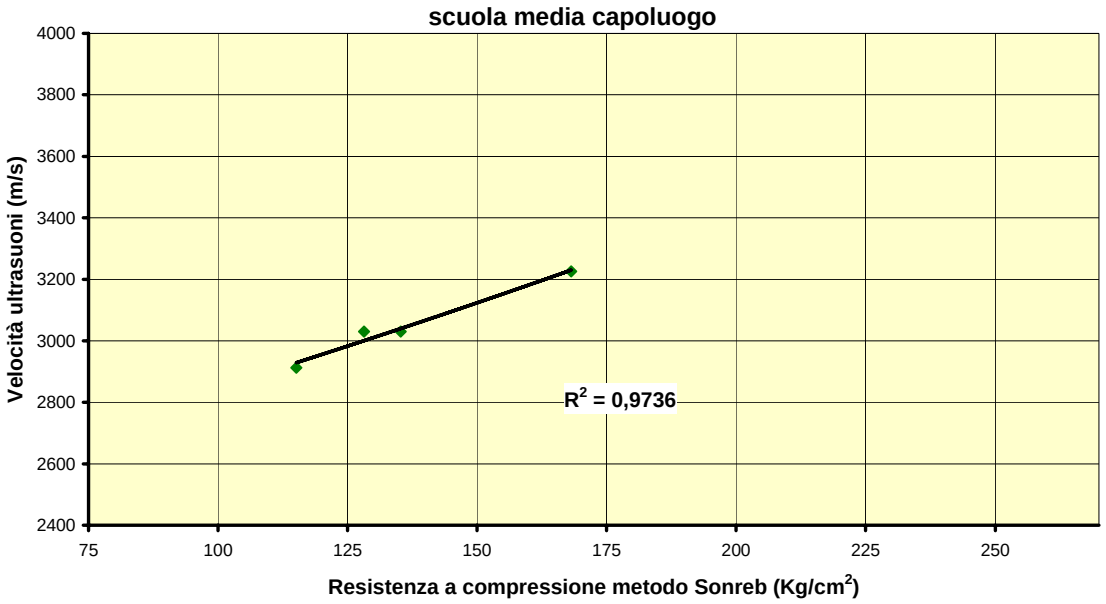
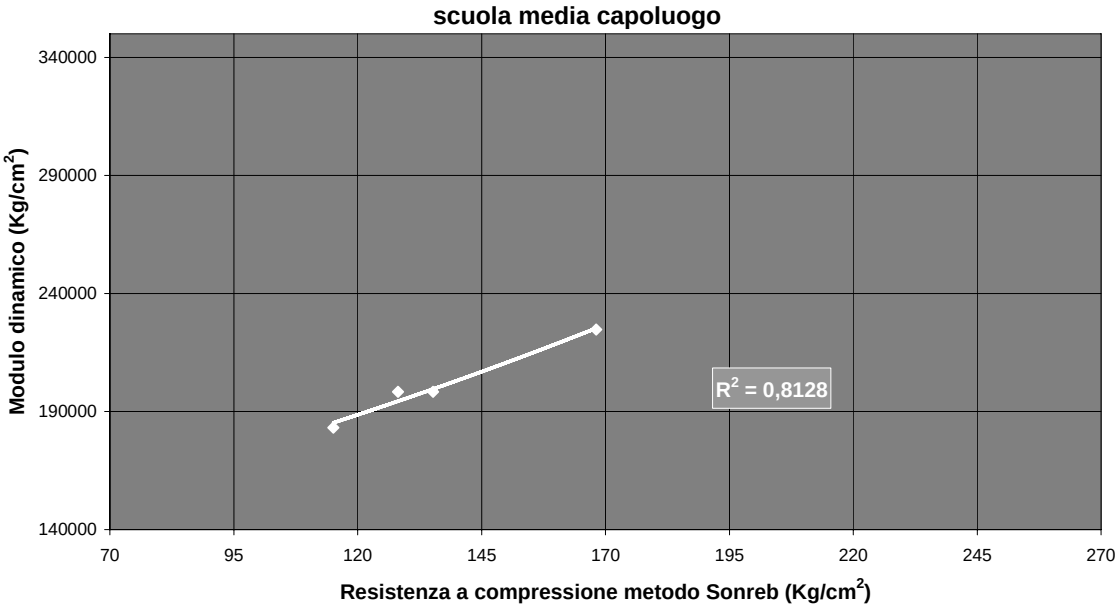


GRAFICO 4

Correlazione resistenza a compressione (metodo SONREB) Modulo dinamico



Raggruppamento **T**emporaneo di **P**rofessionisti
ing. Michele Brigante (Capogruppo), ing. Pietro Barbarito, arch. Massimo Coraggio, ing. Francesco Vitale
Sede: Lungomare Colombo 103 – 84129 – SALERNO – tel. 089 725113 – fax 089 724539

Tabella sintetica dei risultati delle prove indirette eseguite

n° progressivo elemento	Ultrasuoni velocità di propagazione (m/s)	valore di rimbalzo	valore di rimbalzo corretto	Sclerometro: resistenza a compressione Kg/cm^2	Sclerometro: resistenza a compressione corretta	sonreb: resistenza a compressione Kg/cm^2	modulo elastico dinamico Kg/cm^2	classe del cls
P1	2913	30	27	221	178	115	183224	B
P2	3030	30	28	224	202	135	198330	B
P3	3030	30	27	226	182	128	198330	B
P4	3226	30	30	229	229	168	224746	C

METODO SONREB

tipo di correzione	elemento n°				
3	**P1**				
A	**B**	**C**	**V (m/s)**	**I**	**Rc (kg/cmq)**
1,2E-09	1,058	2,446	2913	27	**115**

tipo di correzione	elemento n°				
2	**P2**				
A	**B**	**C**	**V (m/s)**	**I**	**Rc (kg/cmq)**
1,2E-09	1,058	2,446	3030	28	**135**

tipo di correzione	elemento n°				
3	**P3**				
A	**B**	**C**	**V (m/s)**	**I**	**Rc (kg/cmq)**
1,2E-09	1,058	2,446	3030	27	**128**

tipo di correzione	elemento n°				
1	**P4**				
A	**B**	**C**	**V (m/s)**	**I**	**Rc (kg/cmq)**
1,2E-09	1,058	2,446	3226	30	**168**

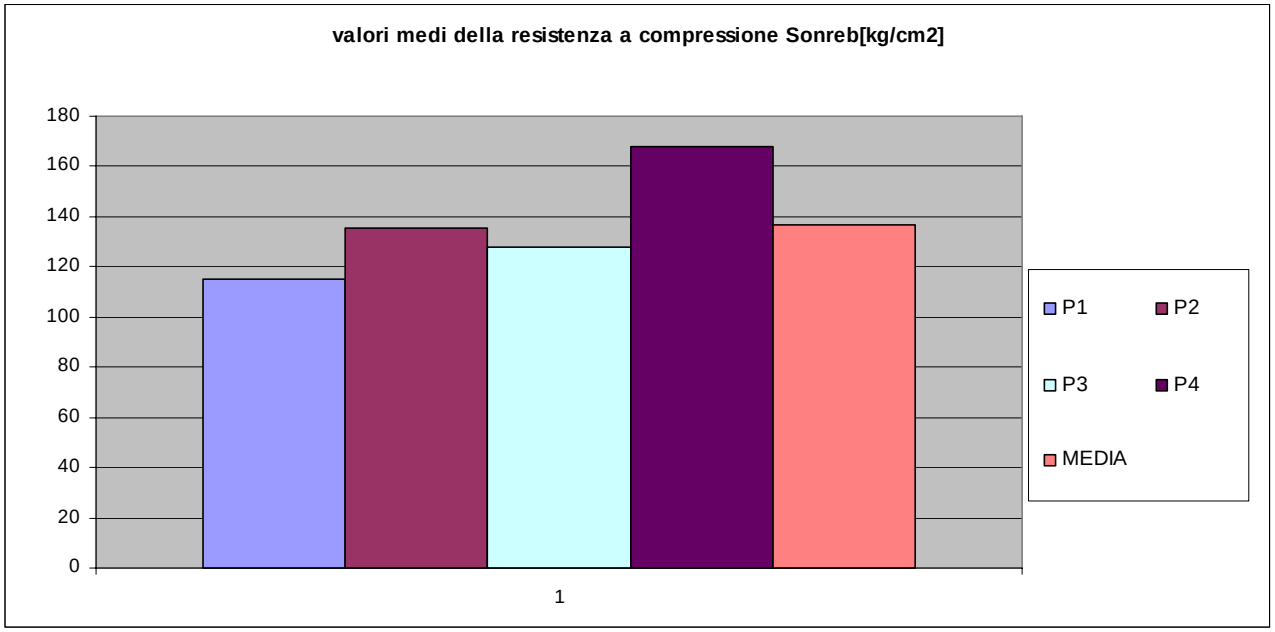
TAB. 1b Calcolo del modulo Elastico dinamico Ed con la prova ultrasonica

tipo di correzione	elemento n°		
3	**P1**	**0**	
Vp	**ρ (kg/mc) / (m/s^2)**	**ν**	**Ed (kg/cmq)**
2913	230	0,16	**183224**

tipo di correzione	elemento n°		
2	**P2**	**0**	
Vp	**ρ (kg/mc) / (m/s^2)**	**ν**	**Ed (kg/cmq)**
3030	230	0,16	**198330**

tipo di correzione	elemento n°		
3	**P3**	**0**	
Vp	**ρ (kg/mc) / (m/s^2)**	**ν**	**Ed (kg/cmq)**
3030	230	0,16	**198330**

tipo di correzione	elemento n°		
1	**P4**	**0**	
Vp	**ρ (kg/mc) / (m/s^2)**	**ν**	**Ed (kg/cmq)**
3226	230	0,16	**224746**



Raggruppamento Temporaneo di Professionisti
ing. Michele Brigante (Capogruppo), ing. Pietro Barbarito, arch. Massimo Coraggio, ing. Francesco Vitale
Sede: Lungomare Colombo 103 – 84129 – SALERNO – tel. 089 725113 – fax 089 724539

2.2.1.3. Osservazioni a valle delle prove sui materiali

Il grado di approfondimento della conoscenza delle strutture, degli schemi statici adottabili, dei particolari costruttivi raggiunti con le verifiche in situ ed i rilievi è soddisfacente, come dimostra l'elaborato grafico delle carpenterie.

Le prove effettuate con i martinetti piatti hanno mostrato che il tasso di lavoro registrato nelle murature è inferiore a 2.5 Kg/cm^2. Questi risultati sono anche coerenti con quello che emerge dalla successiva modellazione numerica sviluppata per i soli carichi verticali. I valori superiori che si hanno in questa verifica sono legati alle ipotesi molto restrittive sulla distribuzione dei carichi concentrati dovuti alle travi.

Il modulo elastico medio può essere assunto pari a 7.000 Kg/cm^2 .

La caratterizzazione del calcestruzzo effettuata con le prove ha fornito risultati che corrispondono all'età della costruzione. Il calcestruzzo può contare su una resistenza cubicadi riferimento collocabile in una fascia compresa tra **14-16 N/mm^2** .

Tali valori costituiscono un dato abbastanza attendibile.

Il Livello di conoscenza raggiunto è LC2 con FC 1,2 come previsto dalla OPCM 3274 e successive modifiche.

Livello di Conoscenza	Geometria	Dettagli costruttivi	Proprietà dei materiali	Metodi di analisi	FC
LC1	Rilievo Strutturale	*limitate* verifiche in-situ	*limitate* indagini in-situ	Tutti	***1.35***
LC2		*estese* ed *esaustive* verifiche in-situ	*estese* indagini in-situ	Tutti	***1.20***
LC3			*esaustive* indagini in-situ	Tutti	***1.00***

Nella successiva tabella, invece, vengono indicati i valori di riferimento per i valori dei parametri meccanici della struttura muraria

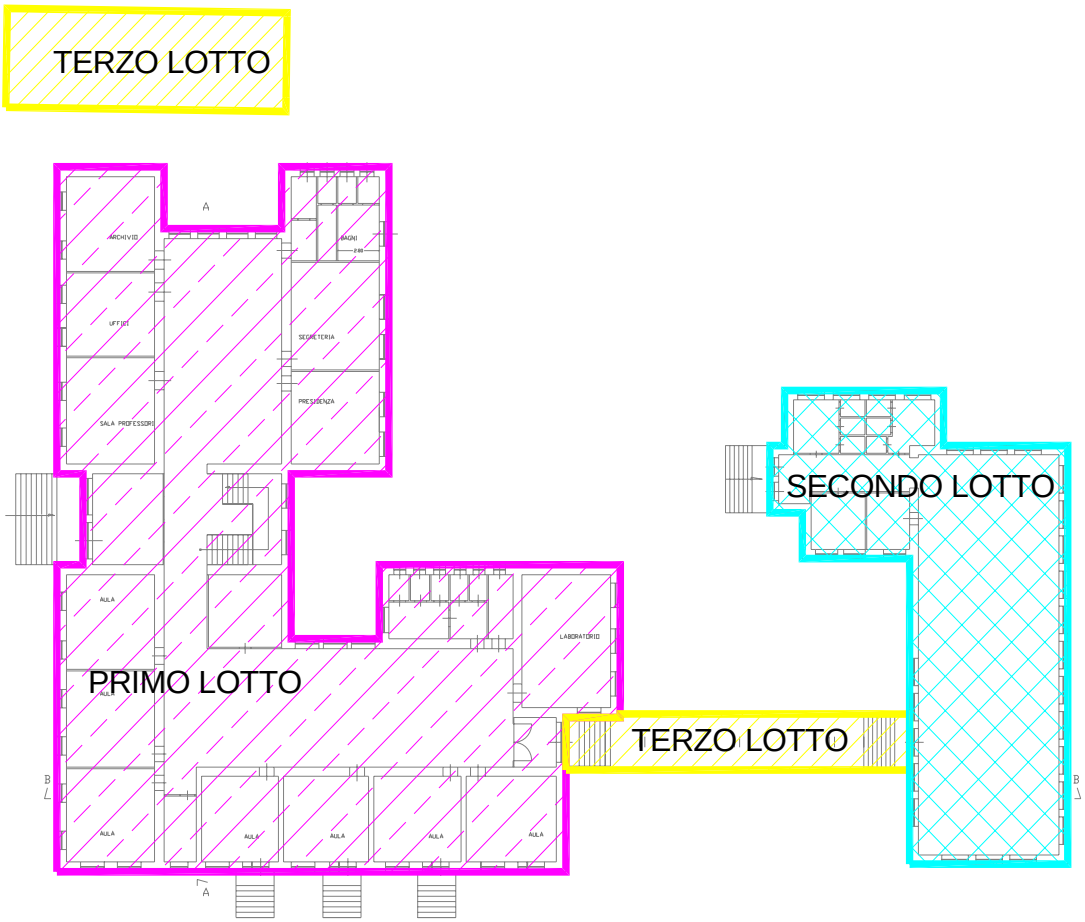
Muratura

Tipologia della muratura		f_m (N/cm2)	τ_0 (N/cm2)	E (N/mm2)	G (N/mm2)	W (KN/m3)
		Min/max	Min/max	Min/max	Min/max	
Muratura	tufo giallo	95	4,8	700	120	16.8
	mattoni pieni	145	7,25	1500	250	18

Raggruppamento Temporaneo di Professionisti
ing. Michele Brigante (Capogruppo), ing. Pietro Barbarito, arch. Massimo Coraggio, ing. Francesco Vitale
Sede: Lungomare Colombo 103 – 84129 – SALERNO – tel. 089 725113 – fax 089 724539

SINTESI DELLE VERIFICHE STRUTTURALI ED ANALISI DELLA VULNERABILITA'

Si riporta nella figura seguente la pianta schematica dell' edificio con l'individuazione dei corpi di fabbrica.



Le dimensioni planimetriche di ciascuna parte, le altezze dei corpi di fabbrica, i dettagli delle destinazioni d'uso dei diversi locali sono riportate nelle tavole grafiche allegate che ricostruiscono l'attuale stato dei luoghi e la destinazione d'uso e sono riepilogati nelle tabelle del punto 2 della relazione.

Raggruppamento **T**emporaneo di **P**rofessionisti
ing. Michele Brigante (Capogruppo), ing. Pietro Barbarito, arch. Massimo Coraggio, ing. Francesco Vitale
Sede: Lungomare Colombo 103 – 84129 – SALERNO – tel. 089 725113 – fax 089 724539

2.3. RICOSTRUZIONE DELLO SCHEMA STRUTTURALE DELL'EDIFICIO IN ASSENZA DI DOCUMENTAZIONE TECNICA DISPONIBILE

2.3.1. descrizione del complesso scolastico

Il rilievo delle strutture è stato completamente effettuato nel corso del lavoro affidato allo scrivente RTP ed attuato in una prima stesura allegata alla Relazione Preliminare, che ha permesso una prima analisi delle strutture che ha condotto ai risultati consegnati nella relazione medesima.

Successivamente il rilievo è stato approfondito ed ha restituito i grafici allegati **E**, completi dei particolari desumibili nel corso delle indagini.

Gli elementi emersi nel corso della prima fase sono riportati, per comodità di consultazione, anche in questa relazione.

I - i dati dell'edificio.

II - principali aspetti strutturali

III - rilievo dei dissesti

IV – Analisi dei carichi

V - Segnalazioni

I - Descrizione dell'edificio

Dati generali			
1.	**Periodo di costruzione**		1963-1964
2.	**Periodo lavori successivi**		1966-1971
3.	**Destinazione d'uso originaria**	Edificio scolastico	
4.	**Destinazione d'uso attuale**	Edificio scolastico	
5.1	**Numero livelli strutturali I° LOTTO**		2 + 1
5.2	**Numero livelli strutturali II° e III° LOTTO**		1
6.	**Superficie piano [m²] I° LOTTO**	Piano seminterrato (impalcato non strutturale)	252
		Piano rialzato (252 m² sono strutturali)	1227
		Piano primo	1227
		Copertura	1227
	Superficie piano [m²] II° LOTTO	Piano rialzato (impalcato non strutturale)	395
		Copertura	395
	Superficie piano [m²] II° LOTTO	Piano rialzato (impalcato non strutturale)	122
		Copertura	122+85
7.	**Elementi corpi di fabbrica**	Numero di corpi di fabbrica	4
		Presenza dei giunti	Corpi separati

		Caratteristica dei giunti	Ampiezza giunti	
			Sufficienza giunti	
			Efficacia sismica giunto	
8.	**Tipologia strutturale:**	c.a.		X
		Muratura o mista		X
9.	**Tipologia Solaio**	Latero-cementizi con travetti gettati in opera		X
		Latero-cementizi con travetti prefabbricati		
		Latero-cementizi tipo SAP		
		Soletta in c.a.		
		Acciaio e Laterizi		
		Lamiera grecata		
10.	**Tipologia delle fondazioni**	Plinti		
		Travi rovesce		
		Platea		
		Plinti su pali		
		Continua in muratura e cls		X
11.	**Tipologia Murature**	Muratura in pietrame squadrato		
		Mattoni Pieni o Semipieni Artificiali		
		Mattoni Pieni in Pietra Naturale		
		Muratura portante in tufo giallo		X
12.	**Interventi successivi al completamento dell'edificio**	Sopraelevazione e/o ampliamento		Lotti succ.
		Riorganizzazione delle aperture nelle pareti murarie		
		Apertura di vani nelle pareti murarie portanti		
		Sostituzione solai		
		Miglioramento		
		Adeguamento sismico		
		Riattazione		

II - Principali aspetti strutturali

Principali aspetti strutturali			
1.	**Superficie piano [m²] I° LOTTO**	Configurazione in pianta compatta e approssimativamente simmetrica rispetto a due direzioni ortogonali, in relazione alla distribuzione di massa e rigidezza	
		Rapporto tra i lati di un rettangolo in cui l'edificio risulta inscritto inferiore a 4	
		Eventuali rientri o sporgenze non superiori al 25% della dimensione totale dell'edificio nella direzione del rientro o della sporgenza	
		Solai infinitamente rigidi nel loro piano rispetto agli elementi verticali	X

Raggruppamento Temporaneo di Professionisti
ing. Michele Brigante (Capogruppo), ing. Pietro Barbarito, arch. Massimo Coraggio, ing. Francesco Vitale
Sede: Lungomare Colombo 103 – 84129 – SALERNO – tel. 089 725113 – fax 089 724539

	Superficie piano [m²] II° LOTTO	Configurazione in pianta compatta e approssimativamente simmetrica rispetto a due direzioni ortogonali, in relazione alla distribuzione di massa e rigidezza	
		Rapporto tra i lati di un rettangolo in cui l'edificio risulta inscritto inferiore a 4	
		Eventuali rientri o sporgenze non superiori al 25% della dimensione totale dell'edificio nella direzione del rientro o della sporgenza	
		Solai infinitamente rigidi nel loro piano rispetto agli elementi verticali	X
	Superficie piano [m²] III° LOTTO	Configurazione in pianta compatta e approssimativamente simmetrica rispetto a due direzioni ortogonali, in relazione alla distribuzione di massa e rigidezza	X
		Rapporto tra i lati di un rettangolo in cui l'edificio risulta inscritto inferiore a 4	X
		Eventuali rientri o sporgenze non superiori al 25% della dimensione totale dell'edificio nella direzione del rientro o della sporgenza	X
		Solai infinitamente rigidi nel loro piano rispetto agli elementi verticali	X
2.	**Regolarità in altezza I° LOTTO**	Sistemi resistenti verticali estesi per tutta l'altezza dell'edificio	X
		Massa e rigidezza costanti o riduzioni graduali (<20% tra i piani) dalla base alla cima	X
		Restringimenti ai piani superiori minore del 30% rispetto al primo piano e minore del 10% rispetto al piano immediatamente sottostante	X
	Regolarità in altezza II° LOTTO	Sistemi resistenti verticali estesi per tutta l'altezza dell'edificio	X
		Massa e rigidezza costanti o riduzioni graduali (<20% tra i piani) dalla base alla cima	X
		Restringimenti ai piani superiori minore del 30% rispetto al primo piano e minore del 10% rispetto al piano immediatamente sottostante	X
	Regolarità in altezza III° LOTTO	Sistemi resistenti verticali estesi per tutta l'altezza dell'edificio	X
		Massa e rigidezza costanti o riduzioni graduali (<20% tra i piani) dalla base alla cima	X
		Restringimenti ai piani superiori minore del 30% rispetto al primo piano e minore del 10% rispetto al piano immediatamente sottostante	X
3.	**Possibili difetti nei particolari costruttivi**	Eccentricità travi-pilastro	
		Eccentricità pilastro-pilastro	
		Presenza di elementi verticali portanti in falso	
		Presenza di pilastri tozzi	
		Collegamento tra le pareti in muratura	X
		Collegamento tra orizzontamenti e pareti murarie	X
		Altro	
4.	**Organizzazione strutturale**	Presenza di controventi verticali efficaci in entrambe le direzioni	
		Presenza di nuclei, pareti o corpi scala in posizione eccentrica rispetto alla distribuzione delle masse e delle rigidezze in pianta	
		Presenza di elementi prefabbricati	
		Strutture orizzontali spingenti – Volte	

Raggruppamento Temporaneo di Professionisti
ing. Michele Brigante (Capogruppo), ing. Pietro Barbarito, arch. Massimo Coraggio, ing. Francesco Vitale
Sede: Lungomare Colombo 103 – 84129 – SALERNO – tel. 089 725113 – fax 089 724539

			Capriate	
			Altro	
		Eccentricità delle pareti esterne al primo livello rispetto alla geometria delle masse		
		Pareti del piano interrato con funzioni anche di contenimento del terreno		
		Presenza di strutture esterne spingenti		

III - Rilievo dei dissesti e stato generale di conservazione

Elementi strutturali					
	1.	Fuori piombo costruttivi		**FP**	no
	2.	Corrosione delle armature		**CA**	X
	3.	Espulsione copriferri		**EC**	no
	4.	Nidi di ghiaia		**NG**	no
	5.	Lesioni da ritiro nel c.a.		**LR**	
	6.	Presenza di lesioni verticali nelle murature portanti		**LV**	limitat
	7.	Schiacciamenti		**SC**	no
	8.	Fessurazioni a taglio/flessione		**FT**	Limit.
	9.	Marcata inflessione degli orizzontamenti		**IO**	
	10.	Degrado delle malte e/o degli inerti costituenti la muratura		**DM**	Limit.
	11.	Spanciamenti nelle pareti murarie		**SP**	no
	12.	Cedimenti fondali		**CF**	no
	13.	Danni dovuti a sismi precedenti o ad azioni accidentali		**DP**	no
	14.	Lesioni parallele ai travetti del solaio		**/ /TR**	X
Elementi non strutturali					
	15.	Infiltrazioni		**IN**	
	16.	Umidità		**UM**	X
	17.	Fessurazioni	Tompagni esterni	**FET**	
			Pareti divisorie	**FEI**	X
			Muratura Portante	**FEMP**	X
	18.	Imperfetta chiusura degli infissi e delle porte		**CP**	
	19.	Distacco		**DT**	X

Raggruppamento **T**emporaneo di **P**rofessionisti
ing. Michele Brigante (Capogruppo), ing. Pietro Barbarito, arch. Massimo Coraggio, ing. Francesco Vitale
Sede: Lungomare Colombo 103 – 84129 – SALERNO – tel. 089 725113 – fax 089 724539

IV - Analisi dei carichi

PESO PROPRIO	Solaio di Copertura Palestra (c.a.o. 32+5) [daN/m²]	Solaio di Calpestio (c.a.o. 28+5) [daN/m²]
Solaio	320,00	365,00
Massetto		40,00
Pavimentazione		40,00
Intonaco Intradosso	30,00	30,00
Incidenza tramezzi		50,00
Impermeabilizzazione	10,00	
Massetto Pendenze	40,00	
Tegole		
Controsoffitto		
Totale carico fisso	400,00	525,00
CARICO ACCIDENTALE		
Scuola	200,00	400,00
CARICO TOTALE	600,00	985,00

La tabella riporta i carichi di riferimento, presumibilmente utilizzati in fase di progetto originario.

V - Segnalazione di eventuali manifeste condizioni di pericolo strutturale

Condizioni di pericolo strutturale	
Schiacciamenti elementi strutturali verticali	Limit.
Marcata inflessione degli orizzontamenti	Limit.
Spanciamenti delle pareti murarie	NO
Tassi di lavoro degli elementi verticali elevati	Limit.
Cedimenti differenziali considerevoli	NO
Fuori piombo considerevoli	NO
Carenza del controvento verticale	SI
Possibili crolli di elementi o parti di elementi strutturali e non strutturali	Limit.
Altro	

Come riassunto dalle tabelle precedenti, sono stati rilevati alcuni fattori di particolare criticità.

In particolare vanno segnalate:

palestra: carenza del controvento trasversale; tipologia del solaio con possibilità di limitati distacchi di intonaci e, persistendo il degrado dei materiali, anche il distacco di limitate

zone strutturali; scarichi concentrati elevati, senza adeguata struttura di ripartizione, in corrispondenza dell'appoggio delle travi di copertura sulla sottostante muratura;

corpo aule: La carenza del controvento trasversale va segnalata anche per il corpo aule dove sono rilevabili alcune lesioni sulle pareti murarie; negli atri sono evidenti grosse travi che poggiano direttamente sulle murature determinando scarichi concentrati rilevanti e non adeguatamente ripartiti.

Vanno inoltre evidenziate le luci di alcuni solai che presenta una deformabilità elevata da considerare adeguatamente nei successivi interventi sulla struttura.

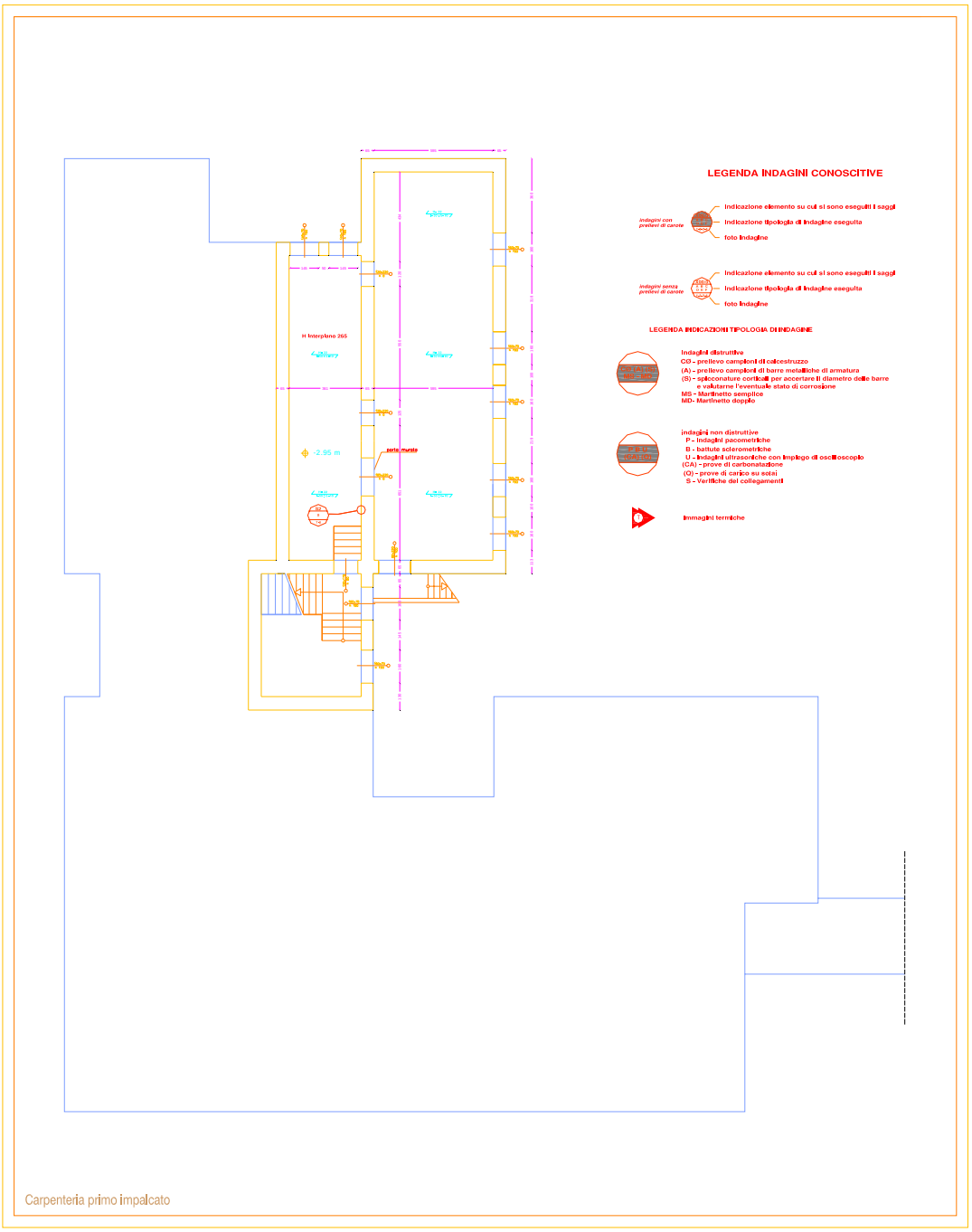
Dalle analisi effettuate e dalle elaborazioni numeriche risulta evidente che i particolari costruttivi, i collegamenti tra le murature, la ripartizione dei carichi sulle murature, l'eccessiva dimensione di murature libere nel piano ortogonale rappresentano gli elementi di maggiore criticità.

2.3.2. dettaglio dello schema strutturale

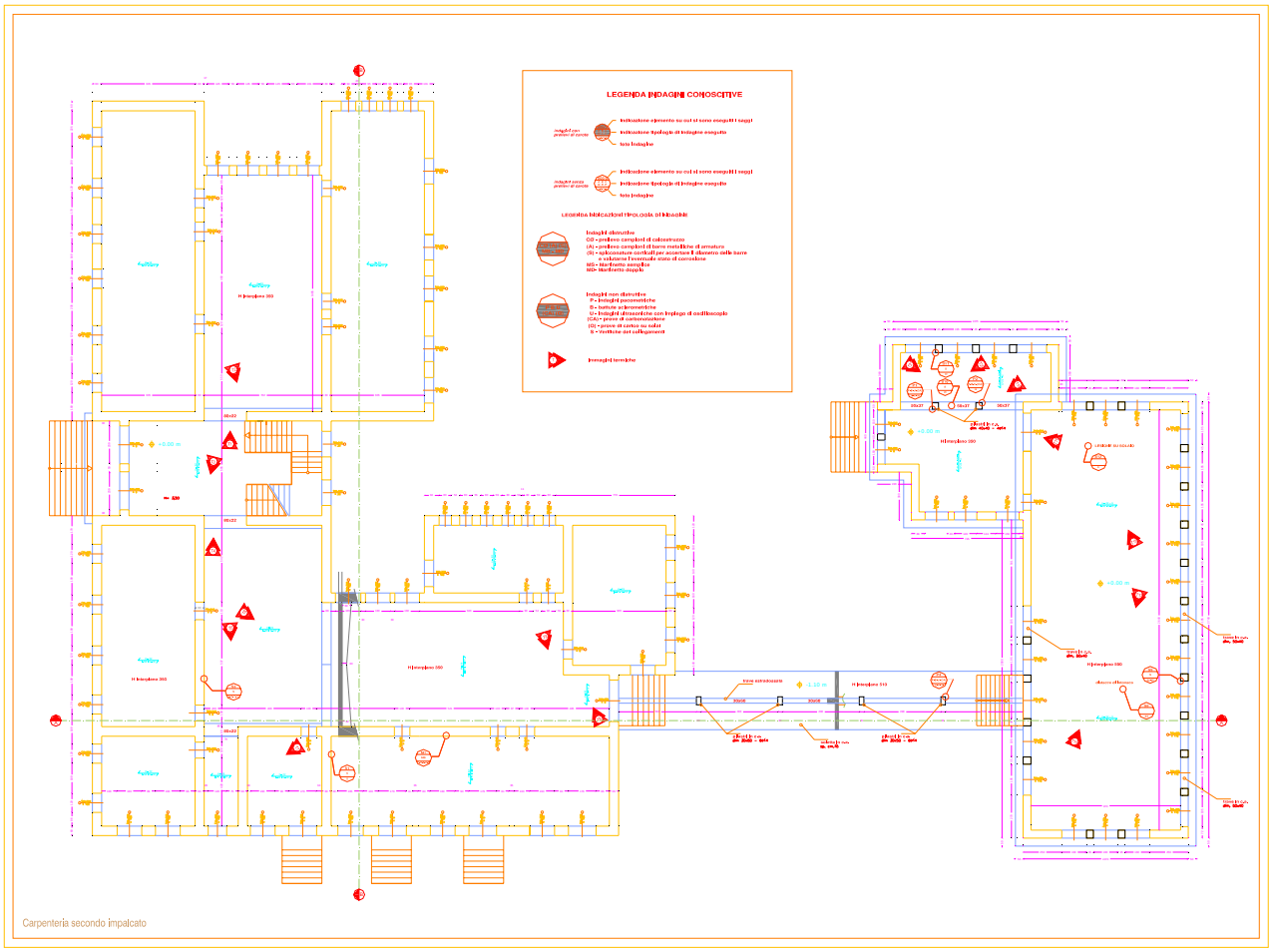
Il livello di conoscenza dello schema strutturale dell'edificio raggiunto già in fase preliminare è risultato più che soddisfacente grazie anche all'ausilio di strumentazioni e tecniche appropriate. In questa fase si è pertanto mirato a risolvere dubbi e aspetti analizzabili soltanto con indagini invasive ed a ricercare tutti i residui elementi necessari per l'esecuzione delle valutazioni di vulnerabilità.

Gli allegati grafici elaborati (allegato E) riportano elementi strutturali con caratteristiche geometriche, altezze di interpiano, tessitura dei solai con caratteristiche dimensionali e tipologiche, armature dei pilastri e delle travi principali, tipologia e spessore delle murature portanti e gli elementi e le parti sottoposte a prove in-situ e saggi.

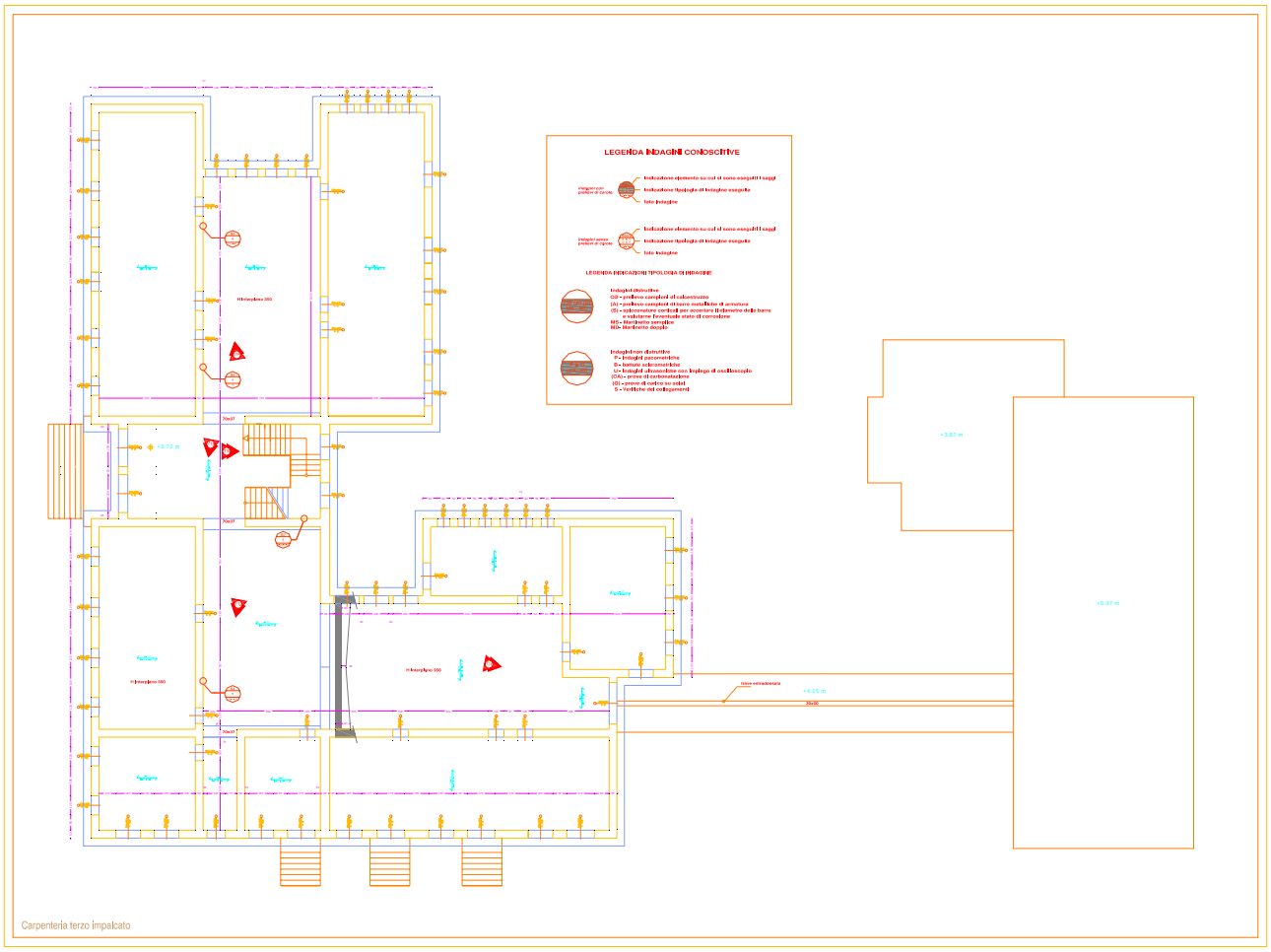
Nel seguito vengono riportati in scala ridotta i grafici elaborati allegato E.



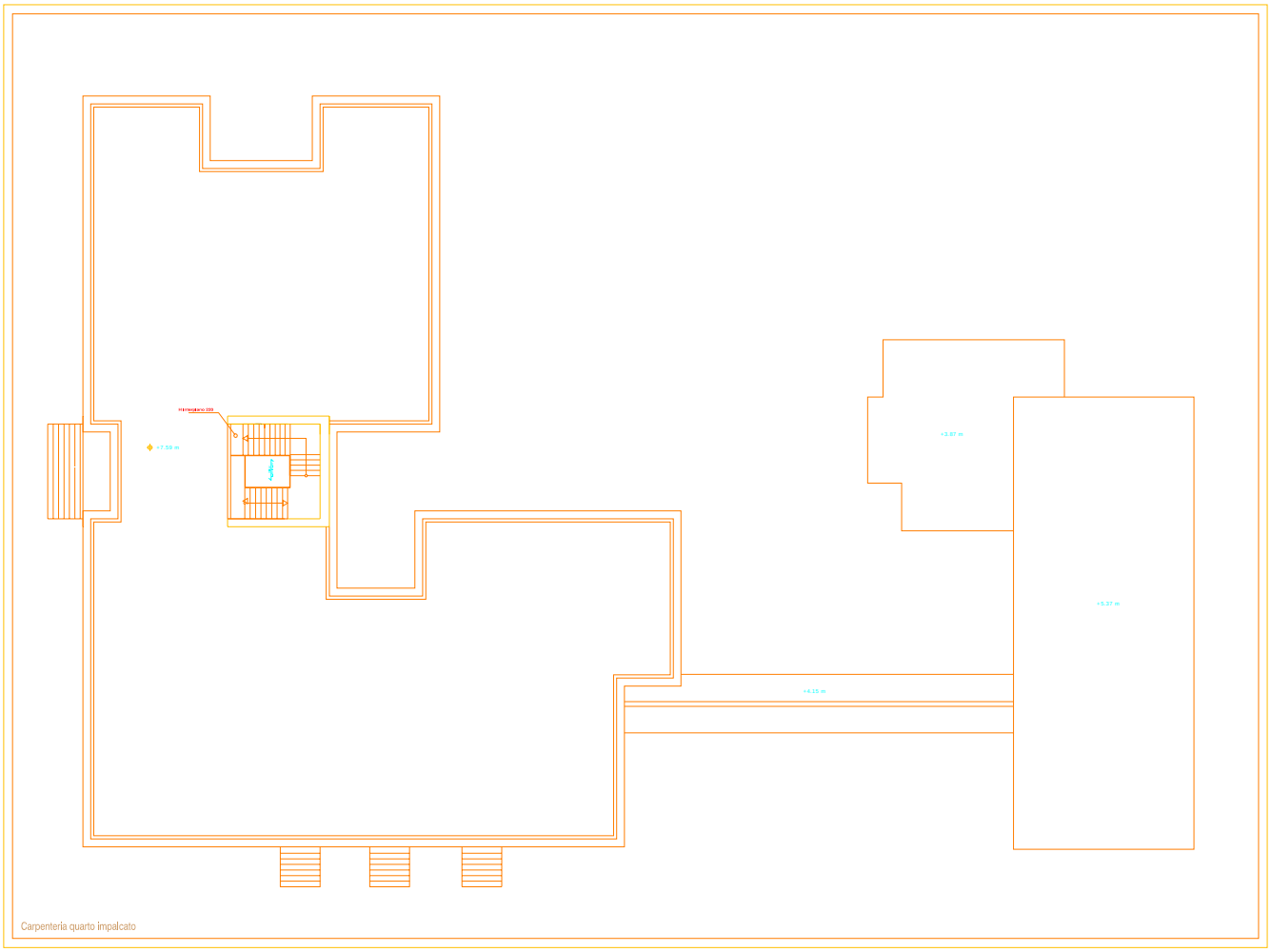
Raggruppamento **T**emporaneo di **P**rofessionisti
ing. Michele Brigante (Capogruppo), ing. Pietro Barbarito, arch. Massimo Coraggio, ing. Francesco Vitale
Sede: Lungomare Colombo 103 – 84129 – SALERNO – tel. 089 725113 – fax 089 724539



Raggruppamento **T**emporaneo di **P**rofessionisti
ing. Michele Brigante (Capogruppo), ing. Pietro Barbarito, arch. Massimo Coraggio, ing. Francesco Vitale
Sede: Lungomare Colombo 103 – 84129 – SALERNO – tel. 089 725113 – fax 089 724539



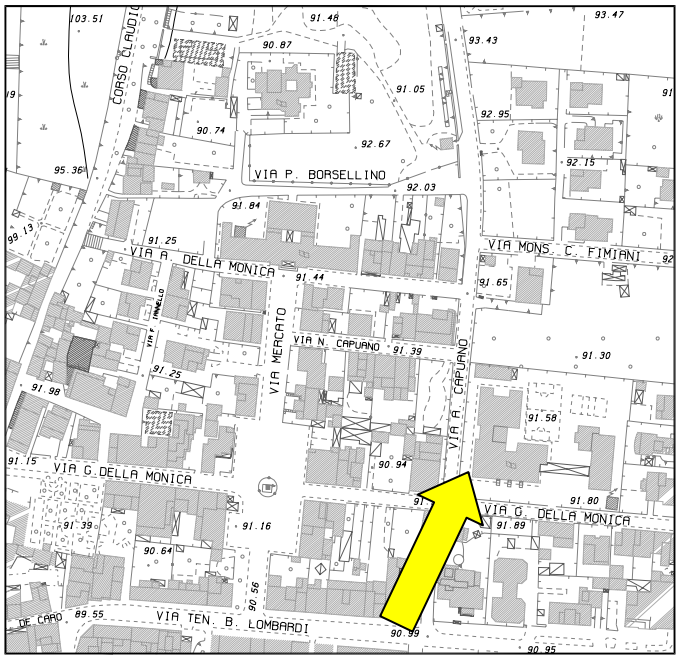
Raggruppamento **T**emporaneo di **P**rofessionisti
ing. Michele Brigante (Capogruppo), ing. Pietro Barbarito, arch. Massimo Coraggio, ing. Francesco Vitale
Sede: Lungomare Colombo 103 – 84129 – SALERNO – tel. 089 725113 – fax 089 724539



Raggruppamento **T**emporaneo di **P**rofessionisti
ing. Michele Brigante (Capogruppo), ing. Pietro Barbarito, arch. Massimo Coraggio, ing. Francesco Vitale
Sede: Lungomare Colombo 103 – 84129 – SALERNO – tel. 089 725113 – fax 089 724539

2.3.3. valutazione degli effetti di amplificazione locale

Nella figura che segue è riportato uno stralcio aerofotogrammetrico con l'individuazione dell'edificio scolastico interessato.

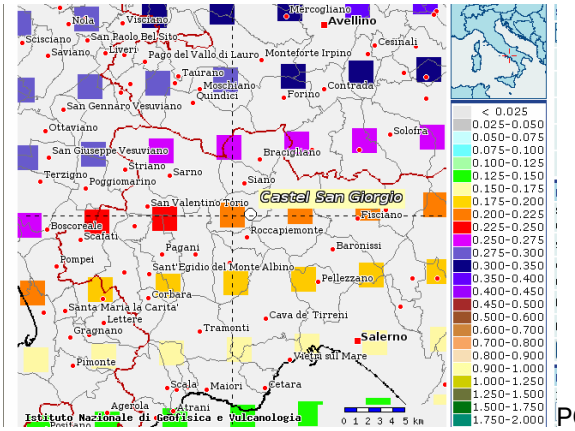


quota dal p.c.[m.]	descizione
0.00 → -11,00	*limi sabbiosi piroclastici, bruni, con ghiaia prevalentemente pomicea*
-11,50 → -13,00	*Sabbia piroclastica addensata, con pomici ghiaiose e materiali femici.*
-13,00 → -15,00	*cappellaccio di alterazione del tufo grigio*

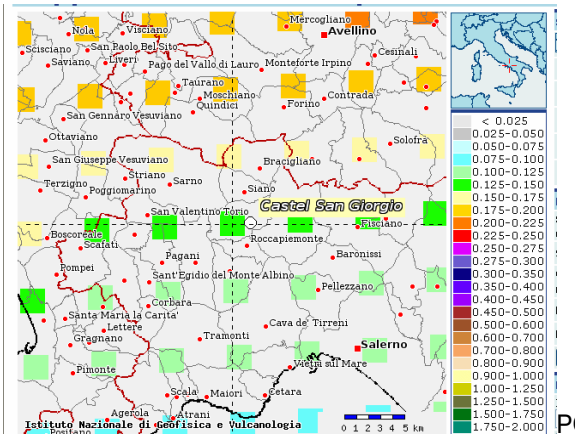
	Categoria di suolo	
A	Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi	
B	Depositi di sabbie e ghiaie molto addensate o argille molto consistenti	
C	Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate o di argille di media consistenza	**X**
D	Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti	**X**
E	Profili di terreno costituiti da strati superficiali alluvionali	
S1	Depositi costituiti da, o che includono, uno strato di argille/limi	
S2	Depositi di terreni soggetti a liquefazione ...	
	Dati non sufficienti	

2.3.4. parametri sismici

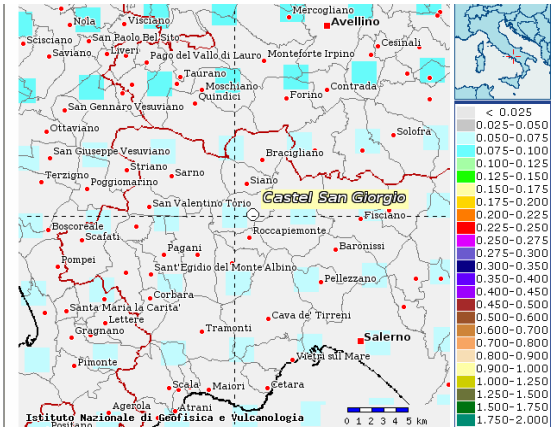
Sono stati individuati i seguenti parametri di pericolosità sismica:



PGA 2% = 0,2206



PGA 10% = 0,1332



PGA 50% = 0,0646

Gruppo di Lavoro MPS (2004). Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCM 3274 del 20 marzo 2003. Rapporto Conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano-Roma, aprile 2004, 65 pp. + 5 appendici.

2.4. VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITA' E DEL RISCHIO SISMICO

2.4.1. metodo di analisi e modello adottato

Le verifiche semplificate sono state effettuate mediante l'utilizzo di procedure automatiche sviluppate dallo scrivente RTP e testate in numerose applicazioni. I risultati sono poi stati confrontati con quelli evidenziati dall'utilizzo della procedura ideata e realizzata dal prof. Mauro Dolce e ing. Claudio Moroni, Versione beta 6_7VM e sviluppata nell'ambito del progetto SAVE del INGV – GNDT riscontrandoli confrontabili.

La vulnerabilità viene riferita alla condizione limite di operatività (DL) e alla condizione di collasso incipiente (DS). La vulnerabilità, pertanto, viene intesa come stima dell'intensità del terremoto per la quale l'edificio raggiunge le due condizioni dette. La metodologia utilizzata è basata su di un modello di calcolo semplificato (analisi piano per piano) che risulta commisurato al livello di conoscenza della struttura reale. La procedura viene applicata inserendo i fattori di confidenza, così come definiti nell'OPCM 3274, ottenendo pertanto una valutazione cautelativa della reale vulnerabilità e del rischio sismico dell'edificio in esame.

Si ipotizza inoltre un buon collegamento fra pareti e solai ed una adeguata rigidezza nel piano degli orizzontamenti stessi tali da determinare, al fine del calcolo della vulnerabilità sismica, unicamente meccanismi di collasso per azioni nel piano. Le ipotesi operate vanno ovviamente verificate caso per caso.

Il modello di calcolo considera le modalità di plasticizzazione e rottura per taglio e/o per pressoflessione dei maschi murari sollecitati nel proprio piano, determinando il taglio complessivo portato dalla struttura. La resistenza all'azione orizzontale del maschio murario i-esimo, al j-esimo piano, nella direzione dell'analisi, sollecitato nel proprio piano, viene valutata considerando il valor medio della sua resistenza unitaria a taglio, secondo la formulazione di Turnsek-Cacovic. La formula originaria esprime bene la resistenza di un maschio murario quando la rottura avviene per taglio, mentre ne fornisce una sovrastima quando il maschio murario è snello e soggetto ad una tensione di compressione bassa, a causa del sopraggiungere della crisi per flessione, prima che si determini la crisi per taglio. Per tener conto di questa eventualità, si applica un fattore riduttivo della resistenza specifica tangenziale [M. Dolce, 1991], funzione della snellezza e della tensione di compressione media.

La resistenza complessiva in ciascuna direzione è ottenuta sommando i contributi dei singoli maschi murari del livello in esame sollecitati parallelamente. La rigidezza dei singoli maschi murari viene valutata tenendo conto della deformabilità a taglio e la deformabilità a flessione. Nella relazione della seconda fase sono descritti tutti gli elementi di input per la descrizione del modello e per l'esecuzione delle verifiche di vulnerabilità.

Gli elaborati con la ricostruzione dello schema strutturale sono:

- E01-carpenteria 1° impalcato
- E02-carpenteria 2° impalcato
- E03-carpenteria 3° impalcato
- E04-carpenteria 4° impalcato
- E05-sezioni strutturale A-A e B-B

2.4.2. Caratteristiche dei materiali

Muratura

Tipologia della muratura		f_m (N/cm2)	τ_0 (N/cm2)	E (N/mm2)	G (N/mm2)	W (KN/m3)
		Min/max	Min/max	Min/max	Min/max	
Muratura	tufo giallo	95	4,8	700	120	16.8
	mattoni pieni	145	7,25	1500	250	18

2.4.3. Analisi dei carichi

PESO PROPRIO	Solaio di Copertura Palestra (c.a.o. 32+5) [daN/m²]	Solaio di Calpestio (c.a.o. 28+5) [daN/m²]
Solaio	320,00	365,00
Massetto		40,00
Pavimentazione		40,00
Intonaco Intradosso	30,00	30,00
Incidenza tramezzi		50,00
Impermeabilizzazione	10,00	
Massetto Pendenze	40,00	
Tegole		
Controsoffitto		
Totale carico fisso	400,00	525,00
CARICO ACCIDENTALE		
Scuola	200,00	400,00
CARICO TOTALE	600,00	985,00

2.4.4. Dati geometrici

Le geometrie e le tipologie degli elementi strutturali, fori, spessori, interpiani, ecc., sono perfettamente riportati nelle allegate tavole grafiche di ricostruzione degli schemi strutturali.

2.4.5. Verifiche

Le verifiche sono state effettuate mediante l'utilizzo di procedure semplificate sviluppate dallo scrivente RTP e testate in numerose applicazioni. I risultati sono poi stati confrontati con quelli evidenziati dall'utilizzo della procedura ideata e realizzata dal prof. Mauro Dolce e ing. Claudio Moroni, Versione beta 6_7VM e sviluppata nell'ambito del progetto SAVE del INGV –

Si riporta nel seguito una tabella di sintesi dei risultati ottenuti nelle quali si riportano i valori fondamentali richiesti e si rimanda ai tabulati sopra richiamati per una completa analisi.

EDIFICIO SCOLASTICO

$PGA_{10\%}$ = 0.1332g PGA_{DS} = 0.116g	$PGA_{50\%}$ = 0.0646g PGA_{DL} = 0.084g
$\alpha_u = PGA_{DS} / PGA_{10\%}$ = **0,871**	$\alpha_e = PGA_{DL} / PGA_{50\%}$ = **1,300**

PALESTRA

$PGA_{10\%}$ = 0.1332g PGA_{DS} = 0.090g	$PGA_{50\%}$ = 0.0646g PGA_{DL} = 0.056g
$\alpha_u = PGA_{DS} / PGA_{10\%}$ = **0,676**	$\alpha_e = PGA_{DL} / PGA_{50\%}$ = **0,867**

2.5. CONCLUSIONI

I risultati ottenuti con le prove previste dal protocollo sono stati tutti concordi: questo permette di esprimere con sufficiente garanzia un giudizio.

I risultati delle campagne di prova sono restituiti nelle certificazioni e nei rapporti di prova, delle quali in seguito si riporta una sintesi. L'insieme dei risultati ha consentito di avere gli elementi essenziali per la caratterizzazione dei materiali da assumere a base delle verifiche statiche anche in funzione di una successiva strategia di interventi finalizzati ad un sensibile miglioramento strutturale.

Le prove eseguite sono state:

- prove con martinetti piatti, relative alla valutazione dello stato tensionale e anche con la prova finalizzata alla misura del modulo elastico e la valutazione del carico di rottura;
- Prove con sclerometro;
- Prove con ultrasuoni;
- Determinazione del valore della resistenza con il metodo SonReB;
- Saggi diretti;
- Indagini termografiche;
- Indagini pacometriche;

I principali risultati desumibili dalle indagini eseguiti sono stati quelli che di seguito si riassumono.

Muratura

Tipologia della muratura		f_m (N/cm2)	τ_0 (N/cm2)	E (N/mm2)	G (N/mm2)	W (KN/m3)
		Min/max	Min/max	Min/max	Min/max	
Muratura	tufo giallo	95	4,8	700	120	16.8
	mattoni pieni	145	7,25	1500	250	18

Raggruppamento Temporaneo di Professionisti
ing. Michele Brigante (Capogruppo), ing. Pietro Barbarito, arch. Massimo Coraggio, ing. Francesco Vitale
Sede: Lungomare Colombo 103 – 84129 – SALERNO – tel. 089 725113 – fax 089 724539

calcestruzzo

i valori di resistenza riscontrati per gli elementi in calcestruzzo risultano sufficientemente omogenei. E' possibile pertanto assegnare una resistenza di riferimento cubica per il calcestruzzo pari a **14-16 N/mm^2**

Il Livello di conoscenza raggiunto è LC2-LC1. Si è adottato un FC 1,35 come previsto dalla OPCM 3274 e successive modifiche per LC1.

Come già evidenziato in precedenza sono stati rilevati alcuni fattori di particolare criticità.

Vanno segnalati:

palestra: carenza del controvento trasversale; tipologia del solaio (determina la possibilità di distacchi di intonaci e, persistendo il degrado dei materiali, anche il distacco di limitate zone strutturali); scarichi concentrati elevati, senza adeguata struttura di ripartizione, in corrispondenza dell'appoggio delle travi di copertura sulla sottostante muratura;

corpo aule: carenza del controvento trasversale; lesioni sulle pareti murarie; ampiezza degli atri con travi poggianti direttamente sulle murature e conseguenti scarichi concentrati non adeguatamente ripartiti; discrete luci di alcuni solai e deformabilità elevata da considerare adeguatamente nei successivi interventi sulla struttura.

Va inoltre segnalato che i particolari costruttivi, i collegamenti tra le murature, la ripartizione dei carichi sulle stesse, l'eccessiva dimensione di murature libere nel piano ortogonale rappresentano gli elementi di maggiore criticità. Tale caratteristica è del resto risultata comune a tutte le scuole in muratura oggetto di valutazione di vulnerabilità nell'ambito della presente convenzione

Con riguardo alle sollecitazioni di tipo sismico è opportuno evidenziare che la scuola è stata costruita tenendo conto delle normative vigenti all'epoca e quindi non è stata considerata alcuna normativa di tipo sismico. Deve comunque evidenziarsi che i criteri costruttivi adottati sono apparsi buoni. Anche gli schemi strutturali e costruttivi sono apparsi chiari, dal momento che – all'epoca – le modellazioni disponibili erano improntate con carattere di semplicità, ricorrendo a schemi usuali, con l'adozione di adeguati coefficienti di sicurezza.

Questo permette di ritenere che esistano le condizioni per apportare miglioramenti strutturali, fino ad un discreto grado di adeguamento anche nei confronti del sisma, adottando regole di semplice integrazione strutturale e rafforzamento locale.

In definitiva è possibile catalogare in "**alto livello di vulnerabilità**" la palestra e "**basso livello di vulnerabilità**" l'edificio, frutto delle combinazioni delle analisi dei materiali, delle verifiche sulle strutture e della dimensione dell'edificio.