

Committente: ARCIDIOCESI di S. Angelo dei L. - Conza - Nusco – Bisaccia
C.E.I. Conferenza Episcopale Italiana Servizio Nazionale per l'Edilizia di Culto

Lavori di: **Messa in sicurezza sismica della TORRE CIVICA correlata alla Chiesa
di San Martino in Cairano (Av)**

R.u.P: Mons. Tarcisio Luigi GAMBALONGA

Progettista: Arch. Lucrezia V. RICCIARDI



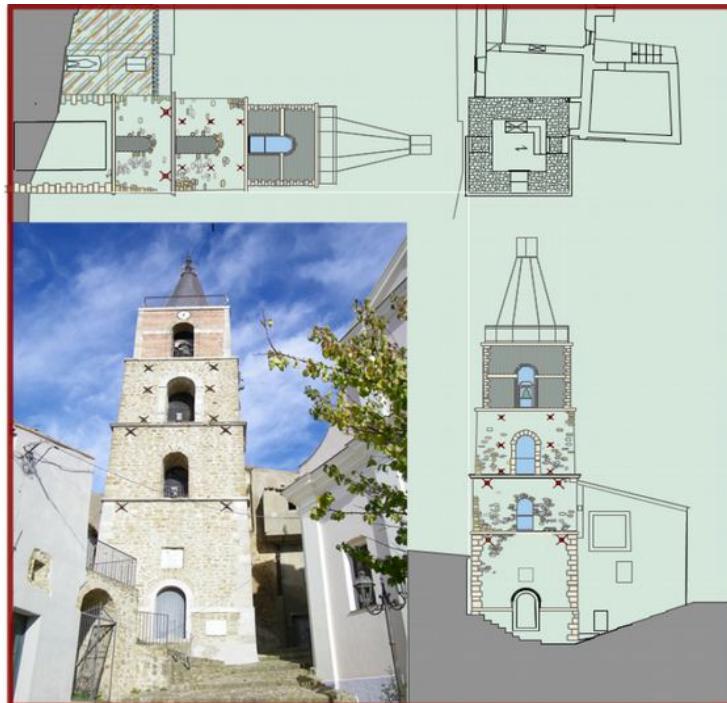
**Finanziato
dall'Unione europea**
NextGenerationEU



**ARCIDIOCESI
di
Sant'ANGELO
dei
LOMBARDI
CONZA
NUSCO
BISACCIA**



**MINISTERO
DELLA
CULTURA**



PNRR – MISSIONE 1 – DIGITALIZZAZIONE, INNOVAZIONE, COMPETITIVITÀ E CULTURA, COMPONENTE 3 –CULTURA 4.0 (M1C3), MISURA 2 “Rigenerazione di piccoli siti culturali, patrimonio culturale, religioso e rurale, INVESTIMENTO 2.4: “sicurezza sismica nei luoghi di culto, restauro del patrimonio culturale del fec e siti di ricovero per le opere d’arte (recovery art)” – LINEA D’AZIONE N. 1 SICUREZZA SISMICA NEI LUOGHI DI CULTO, TORRI E CAMPANILI

Cod. Unico Progetto (CUP) F86J22000080006

Codi.Identificativo Gara (CIG) A007FD3CAF

PROGETTO ESECUTIVO

elaborato:

elab. B.01_ Piano delle indagini strutturali e geologiche_ Computo

estimativo indagini _Autorizzazione esecuzione

indagini_Risultati indagini strutturali e geognostiche

(ITALPROVE srl)_Report fotografico _Studio Geologico-tecnico

e sismico (dott. G. ROSA).

Indice

a1. Premessa.....	1
a2. Note storiche sulla chiesa di San Martino e la torre campanaria.....	1
a3. Indagini conoscitive:.....	2
a4. Torre campanaria: stato di conservazione e problemi strutturali riscontrati.....	3
a5. Elenco indagini sugli elementi strutturali della torre.....	3
a6. Elenco indagini sugli elementi strutturali dei fabbricati contigui alla torre.....	4
a7. Documentazione fotografica e cartografica.....	6
a8. Indagini geognostiche, geotecniche e geofisiche (dott. Geologo G. Rosa)	9
a9. Computo metrico indagini strutturali ed indagini geognostiche, geotecniche e geofisiche	12

a1. Premessa

La presente relazione illustra il Piano delle indagini strutturali propedeutiche al progetto di *"Messa in sicurezza sismica della Torre civica correlata alla chiesa di San Martino, Cairano (Av)"* che con Decreto della Segreteria Generale del Ministero della Cultura n. 455 del 07/06/2022 è stato ammesso a finanziamento. L'intervento sarà effettuato nell'ambito del Piano nazionale di ripresa e resilienza (pnrr) – missione 1 – investimento 2.4: “Sicurezza sismica nei luoghi di culto, restauro del patrimonio culturale del fece e siti di ricovero per le opere d’arte (recovery art)” – linea d’azione n. 1: sicurezza sismica nei luoghi di culto, torri e campanili. La torre campanaria risulta essere vincolata ai sensi del Decreto legislativo 22/01/2004 n° 42 e lo studio di prefattibilità tecnica-economica in itinere è incentrato sul suo miglioramento sismico, si vuole pertanto delineare un piano di indagini per avere un quadro conoscitivo dettagliato dell'aspetto strutturale di questa torre campanaria, attualmente sono pochi i dati di cui disponiamo, un precedente intervento risalente al 2002 ha risolto alcune problematiche strutturali insorte in seguito al sisma del 1980, altre problematiche devono ancora essere risolte, in particolare per ciò che attiene il piano fondale e la valutazione delle interferenze dovute alla presenza di alcuni edifici contigui ammorsati nella torre campanaria.

a2. Note storiche sulla chiesa di San Martino e la torre campanaria

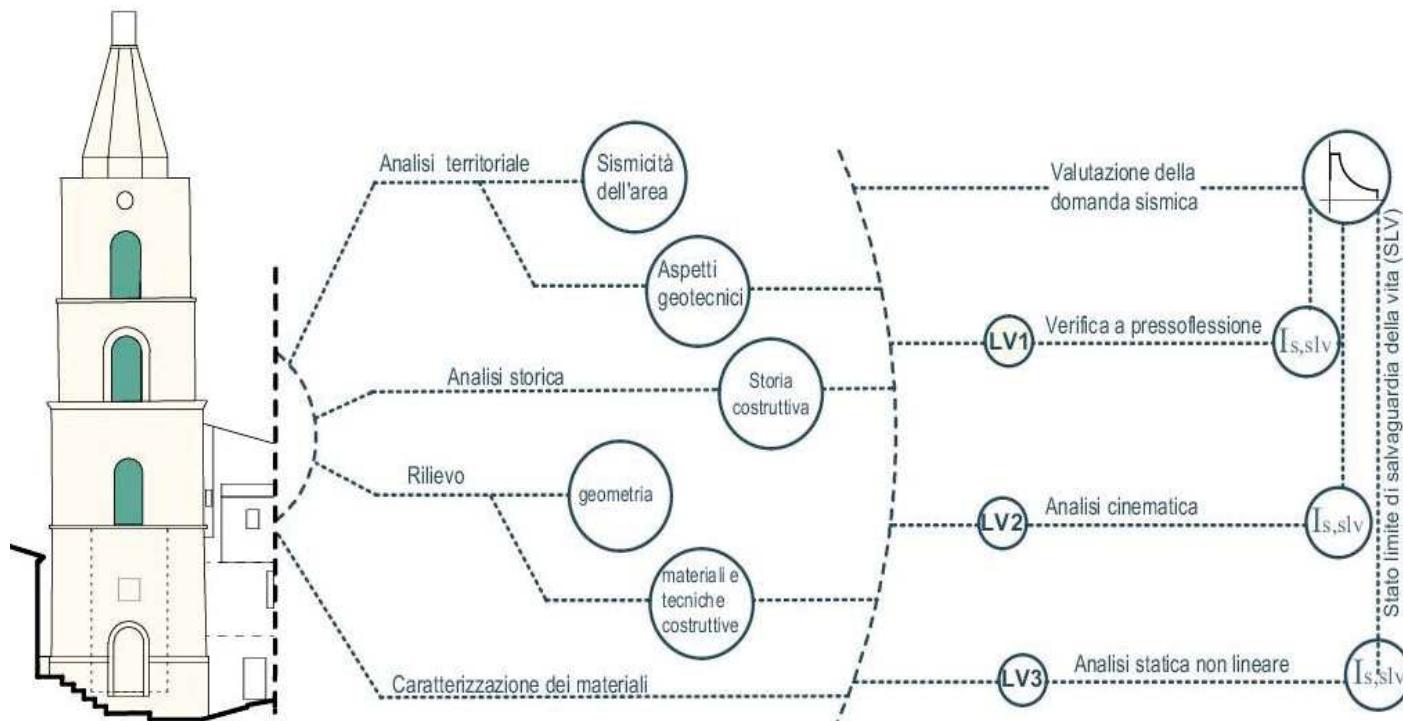
Nel fitto tessuto di gradoni e case che circondano la chiesa di San Martino in Cairano (Av) si erge la torre campanaria a cui la chiesa è correlata, di forma quadrangolare questa torre si compone di quattro ordini che vanno a degradare verso l'alto ed in sommità presenta una cuspide ottagonale che fa da tetto alla torre. Poche sono le notizie storiche riguardanti le origini della torre, si presume sia coeva alla chiesa trecentesca ed edificata sulle spoglie di una precedente costruzione longobarda fortificata, la torre segue con ogni probabilità le alterne vicende edilizie della chiesa, sia nella fase rinascimentale che in quella barocca. Nel 1867 la torre campanaria divenuta pericolante è stata ricostruita quasi nella sua interezza e questo impianto ottocentesco con il sua elevazione è rimasto inalterato fino al terremoto del 1980. Questo sisma ha provocato crolli di notevole entità su gran parte del patrimonio edilizio pubblico e privato e si sono avuti danni ingenti sia al campanile che alla chiesa.

Dopo il 1980 la torre campanaria fu messa in sicurezza mediante un intervento di somma urgenza sulla parte terminale, con l'abbattimento del quarto ordine e con cerchiature metalliche agli ordini inferiori. Nel 1998 si è dato avvio ad un progetto di restauro della torre campanaria incentrato sulla riparazione dei danni subiti dal sisma e su un generale consolidamento delle murature fuori terra e degli orizzontamenti.

Dai sopralluoghi effettuati si è potuto rilevare che la torre campanaria è costituita da muratura in pietrame calcareo per i primi tre ordini ed il quarto ordine è invece in muratura di mattoni pieni. La parte sommitale, a forma di cuspide ottagonale è costituita da una struttura metallica rivestita da pannellature in legno e guaina impermeabile soprastante, tutti e tre i livelli sono collegati da una scala in ferro. Le parti ex-novo ricostruite dopo il 1998 sono state: i solai per ogni ordine della cella campanaria con una scala che li collega ed il quarto ordine con soprastante cuspide metallica apicale, altri interventi hanno poi riguardato lavori di consolidamento e di finitura. Nel 2002 la torre campanaria è stata inaugurata con la messa in funzione delle campane e dell'orologio.

a3. Indagini conoscitive:

Il piano fondale della cella campanaria ha una impronta di metri 5,70x5,95, dal piano di calpestio della cella di ingresso al campanile e nella sua interezza la torre misura una altezza pari a metri 17,80 ca, si dispone poi di elaborati grafici relativi al deposito al Genio Civile di Avellino n. 51957 fatto in data 23/08/2000 di cui si può tener conto per avere informazioni sui lavori già eseguiti. Non disponiamo di dati metrici relativi allo spessore delle murature portanti alla base del campanile né delle caratteristiche che queste murature hanno in termini di composizione e rottura, non disponiamo di rilievi dettagliati delle murature degli altri edifici che nel campanile si vanno ad ammorsare. In linea di massima la conoscenza di una costruzione storica costituisce il presupposto di base per ottenere una valutazione attendibile della sicurezza della sua struttura portante, i passi necessari ad acquisire un livello di conoscenza adeguato per l'applicazione dei modelli di vulnerabilità proposti dalla Direttiva 09 Febbraio 2011 "Linee Guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale-allineamento alle nuove Norme tecniche per le costruzioni" richiedono il reperimento di informazioni e l'approfondimento di indagini relative a diversi aspetti: rilievo geometrico, analisi storica degli eventi e delle trasformazioni edilizie, rilievo materico costruttivo e dello stato di conservazione, caratterizzazione meccanica dei materiali e informazioni sul terreno.



L'insieme dei sondaggi e delle prove fatte in *sito* e in laboratorio ci permetteranno di analizzare in primis il suolo in profondità per conoscere la sua stratigrafia e le caratteristiche geologiche e geotecniche, si passerà poi ad analizzare lo stato di conservazione e le caratteristiche delle murature portanti della torre campanaria. E' bene evidenziare che l'indagine conoscitiva del piano fondale e delle murature della torre sarà estesa anche all'immediato tessuto edilizio che su due lati si ammorsa alla parete nord e al cantonale nord-est della torre. Nel caso in esame per la prima volta sarà eseguita una analisi geologica-geotecnica ad *hoc*, portando macchinari idonei a perforare il sottosuolo proprio in prossimità della torre campanaria per avere una più dettagliata ed aggiornata raccolta di dati.

a4. Torre campanaria: stato di conservazione e problemi strutturali riscontrati

Come già detto la torre è costituita per i primi tre ordini da muratura in pietrame calcareo e il quarto ordine (ricostruito ex-novo tra il 1998 ed il 2002) in muratura di mattoni pieni, la parte sommitale a forma di cuspide ottagonale è costituita da una struttura metallica rivestita da pannellature in legno con guaina impermeabile soprastante. Nella parte basamentale, a diretto contatto con la torre e presumibilmente ammorsate in essa si trovano murature portanti di ambienti abitativi in disuso, lo studio di prefattibilità tecnica-economica è incentrato sul miglioramento sismico della torre campanaria, una particolare attenzione è rivolta quindi al piano fondale del campanile e alle interferenze dovute al tessuto edilizio contiguo alla torre. L'indagine geologica e strutturale in itinere è a supporto delle verifiche previste e di cui al Cap.8 delle N.T.C. 2018, i sondaggi sul terreno permetteranno di analizzare il suolo in profondità per conoscerne la stratigrafia e la valutazione delle caratteristiche geologiche e geotecniche. I sondaggi sulle murature tra cui carotaggio, prove endoscopiche, martinetti, ci forniranno una serie di prove che restituiranno, in *sito* e in laboratorio, un quadro generale sul quale impostare il successivo livello di progettazione. Una possibile classificazione degli interventi da realizzarsi ed individuati già dal Documento preliminare alla progettazione (D.I.P.P.) è la seguente:

- Bonifica e risanamento delle pareti 'condominiali' ovvero in comunione con i fabbricati contigui;
- Miglioramento dei collegamenti tra murature ortogonali e orizzontamenti;
- Revisione dell'ordine preesistente (ricostruito nel 1998) e della copertura lignea;
- Ispezione, revisione ed eventuale miglioramento dell'apparato fondale.

Indagare le murature controterra del campanile e le murature contigue al campanile significa individuare le azioni progettuali più idonee a limitare interferenze strutturali estranee alla scatola muraria del campanile.

a5. Elenco prove sugli elementi strutturali della torre

- Lato NORD (interno cella, livello ingresso): n.1 prova di esecuzione carotaggio orizzontale all'interno di muratura mediante circolazione d'acqua con corona diamantata di diametro compreso tra 50 e 100 mm, con lo scopo di identificare la stratigrafia muraria. Prelievo di campione di muratura ed esecuzione prova a compressione in laboratorio. Profondità di carotaggio prev. 2,00-2,50 m;
- Lato NORD (interno cella, livello ingresso): n.1 prova con martinetto piatto singolo per la stima dello stato di tensione locale della muratura e prova con n.1 prova martinetto piatto doppio per la stima delle caratteristiche di deformabilità della muratura e della resistenza a rottura.

- Lato EST; Lato OVEST liv. Ingresso; Lato OVEST liv. 2° ordine-: n.3 prove di indagine endoscopica eseguita mediante endoscopio inserito nella muratura all'interno di cavità con fori da realizzare al fine di rilevare la sezione muraria, la tipologia di materiali e l'eventuale presenza di vuoti e cavità.

a6. Elenco prove sugli elementi strutturali dei fabbricati contigui alla torre

- Lato EST (esterno cella, edificio laterale): n.1 prova con martinetto piatto singolo per la stima dello stato di tensione locale della muratura e prova con n.1 prova martinetto piatto doppio per la stima delle caratteristiche di deformabilità della muratura e della resistenza a rottura.
- Attività di prospezione strutturale-geognostica dei fabbricati contigui alla torre:
- Lato NORD (esterno campanile- edificio sul retro) n.1 cavo geognostico con profondità max di 1,20 m per stabilire caratteristiche e piano di posa delle fondazioni;
- LATO EST (esterno campanile - edificio laterale) n.1 cavo geognostico con profondità max di 1,20 m per stabilire caratteristiche e piano di posa delle fondazioni.

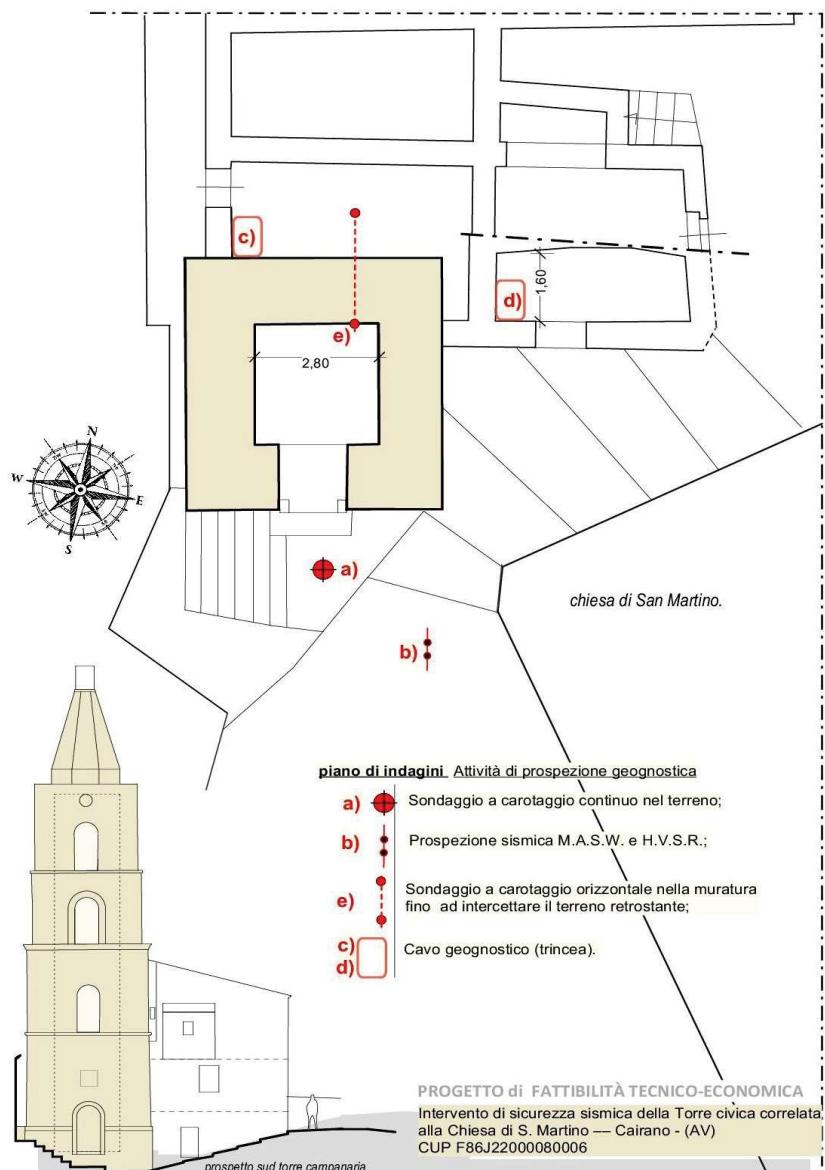


Grafico con individuazione INDAGINI sul TERRENO

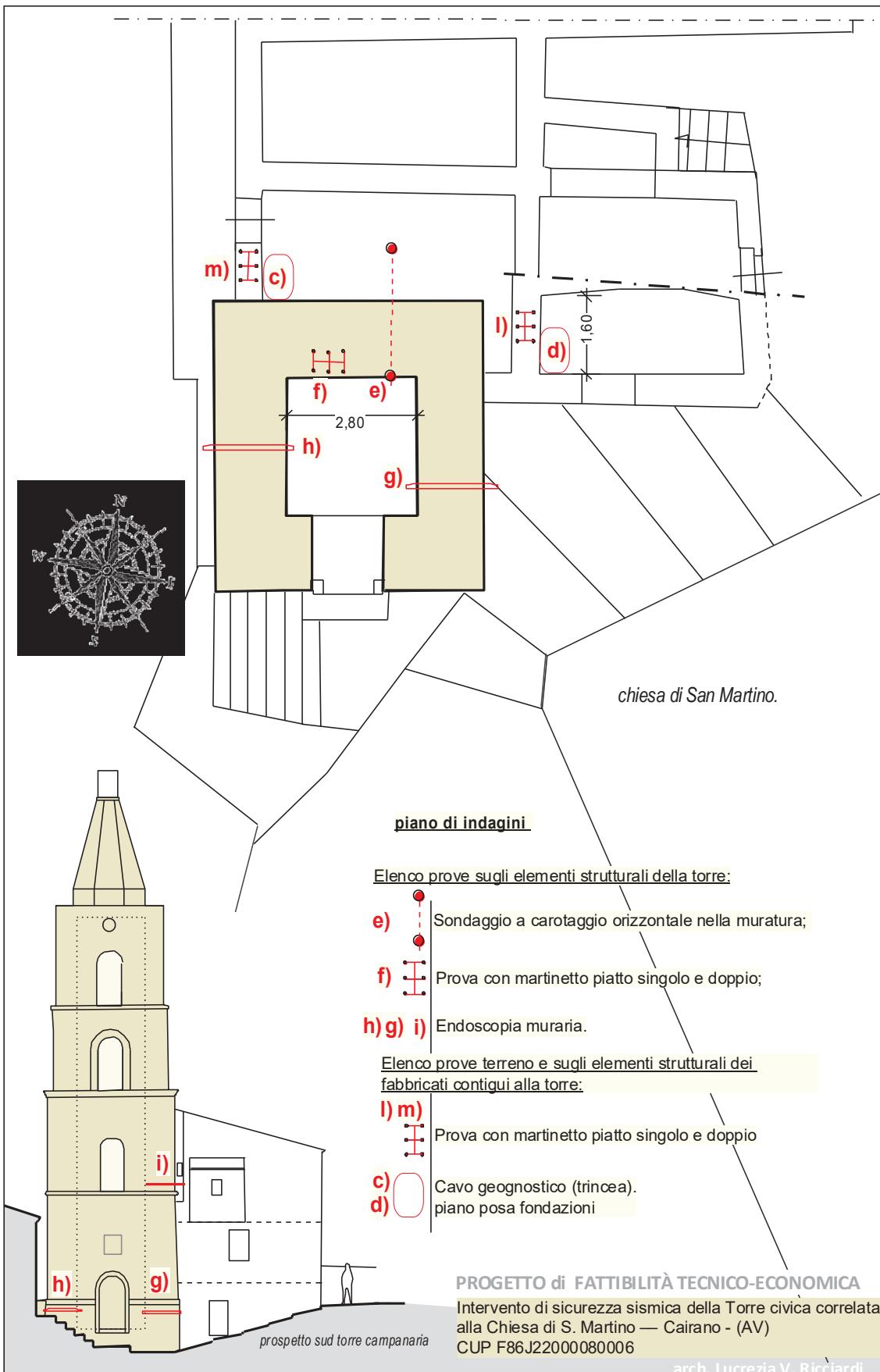
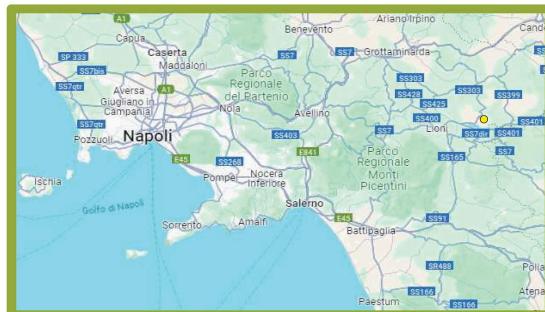
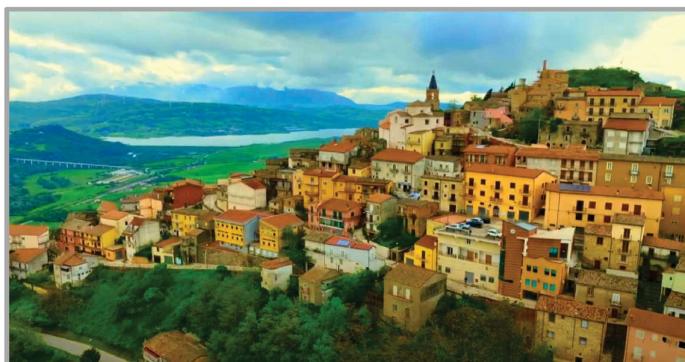
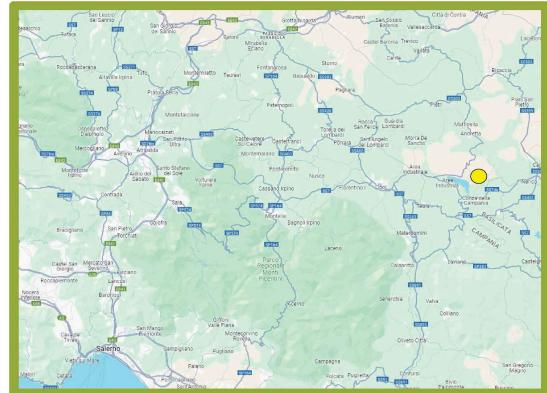


Grafico con individuazione INDAGINI elementi strutturali della torre e degli edifici contigui

a7. Documentazione fotografica e cartografica



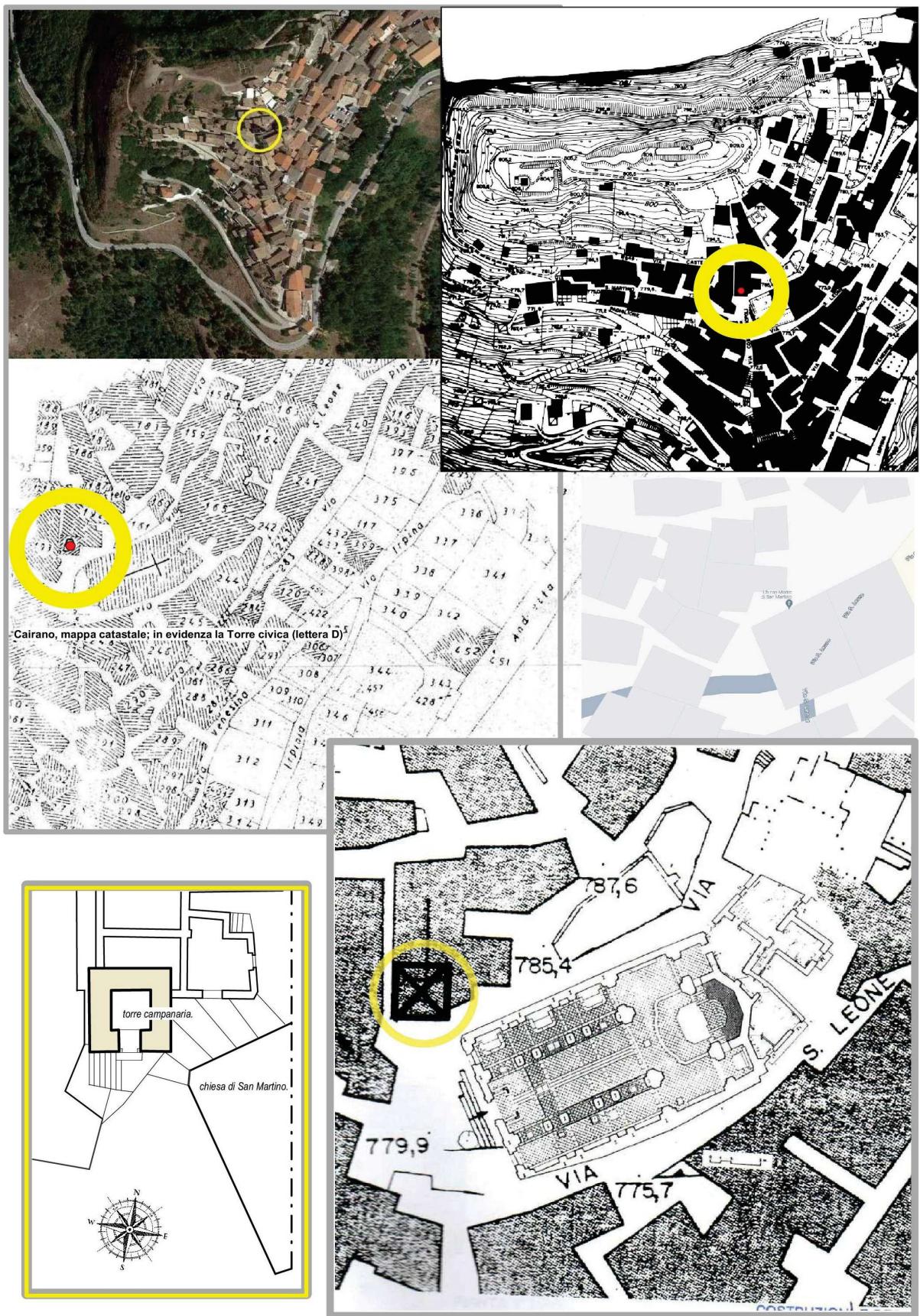
mappa cartografica google 2024

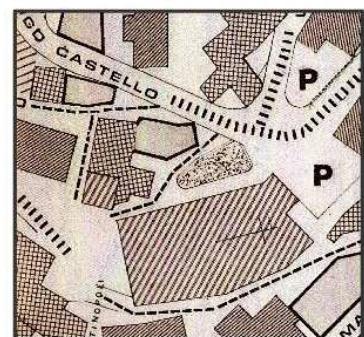


vista satellitare google earth e dal drone

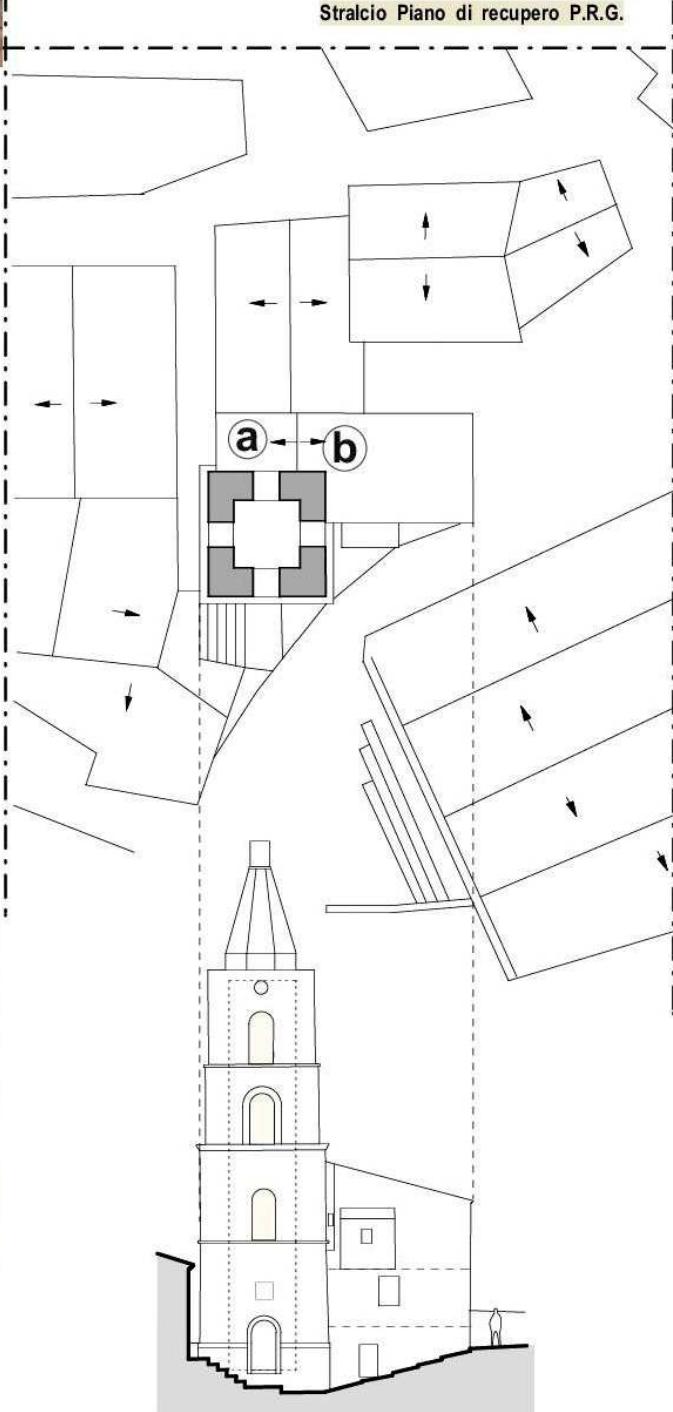


Cairano: inquadramento territoriale





Stralcio Piano di recupero P.R.G.



La torre campanaria e gli edifici al contorno

Dott. Giuseppe Rosa

*Geologo
Via G. Leopardi, 15
83040 Conza della Campania (AV)
e-mail: peppinorosa@alice.it

Cell.: 328/1908599

COMUNE DI CAIRANO

Provincia di Avellino

MESSA IN SICUREZZA SISMICA DELLA TORRE CIVICA CORRELATA ALLA CHIESA DI SAN MARTINO, CAIRANO (AV)

INDAGINI GEOGNOSTICHE, GEOTECNICHE E GEOFISICHE

PIANO INDAGINI

Aprile 2024

IL TECNICO

Dott. Geol. Giuseppe ROSA



1 - PREMESSA

Con riferimento all'incarico professionale inerente progetto di "Messa in sicurezza sismica della TORRE civica correlata alla CHIESA DI SAN MARTINO, CAIRANO (AV)", è stato approntato un inquadramento geologico strutturale dell'area d'intervento e un programma delle indagini da eseguire.

2 – INQUADRAMENTO GEOLOGICO STRUTTURALE

L'abitato di Cairano insiste sul fianco Nord della sinclinale il cui asse coincide con l'alta valle del fiume Ofanto. La predetta struttura si è originata nella fase tettonica compressiva medio pliocenica ed è delimitata a Sud dall'anticlinale di Pescopagano e a Nord dall'anticlinale di M. Mattina.

I terreni affioranti, ascrivibili al ciclo di sedimentazione del Pliocene inferiore medio, alla sommità sono costituiti dalla formazione arenaceo-conglomeratica di spessore superiore ai 100 mt e alla base dalle argille grigio-azzurre con una potenza dell'ordine delle centinaia di metri. Nella parte più orientale dell'abitato, zona del cimitero, i terreni arenaceo-conglomeratici sono ricoperti da alternanze di sabbie ed argille di spessore variabile da qualche metro a qualche decina di metri.

Questi terreni giacciono su rocce prevalentemente argillose ed arenacee attribuibili alle Unità Irpine e alle Unità Lagonegresi, hanno uno spessore complessivo di 2500-3000 mt circa e a loro volta, poggiano sulle rocce calcaree della piattaforma abruzzese-campana.

Il territorio comunale viene a trovarsi in posizione centrale rispetto alle principali strutture sismogenetiche. Quest'ultime orientate NW-SE coincidono con le faglie profonde che bordano una fascia ampia da 30 a 40 Km che da circa 700.000 anni è andata soggetta a notevoli sollevamenti. Tale fascia è delimitata ad Ovest dall'allineamento che partendo dall'alta valle dell'Agri, attraverso la valle del Melandro e le alte valli del Sele, dell'Ofanto e del Calore raggiunge il Matese orientale e ad Est dalla direttrice che dal Vulture, attraverso Aquilonia e la Baronia raggiunge Ariano Irpino.

Il Comune di Cairano, quindi, è ubicato in una fascia che risente soprattutto dei sismi che si originano lungo le strutture sismogenetiche profonde del margine occidentale.

3 – PROGRAMMA DELLE INDAGINI

In sintonia con la normativa tecnica di riferimento (linee guida sulle tipologie e classi di indagini geologiche, geofisiche e geotecniche utilizzabili per l'analisi del comportamento del sistema struttura-terreno di fondazione sotto le azioni prodotte da un evento sismico) e in particolare ai sensi:

- ⇒ del DM 21 gennaio 1981;
 - ⇒ del DM 11 marzo 1988
 - ⇒ della Delibera di G.R. n° 5447 del 07/11/2002 - (*Aggiornamento della classificazione sismica dei comuni della Regione Campania*);
- e più specificatamente in linea con le nuove disposizioni di cui:
- ⇒ al D.M. 17/1/2018 "Nuove Norme Tecniche sulle Costruzioni";
- ai fini della caratterizzazione e modellazione geologica del sito, nonché del modello geotecnico e sismico del sottosuolo è necessario eseguire, nel rispetto delle norme di cui alla Circolare Ministero LL.PP. n° 349/STC del 16 dicembre 1999, le indagini di seguito riportate:
- n° 1 Perforazione con sonda a rotazione e carotaggio continuo, a secco o a circolazione d'acqua, spinta alla profondità di 10 metri (per l'impossibilità di accedere con trivelle di maggiore potenza), con carotieri di diametro compreso fra 86 e 127 mm, in terreni a granulometria grossolana quali ghiaie sabbiose, ghiaie, ciottoli, blocchi e in rocce lapidee;
 - n° 1 Prelievo di campione indisturbato con campionatore a pareti sottili tipo Shelby e/o con doppio campionatore a rotazione destinato all'esecuzione di prove ed analisi di laboratorio;
 - n° 1 Prospettazione geofisica con tecnica MASW, eseguita con sismografo ad almeno 24 canali, 24 bit di risoluzione ed energizzazione mediante cannoncino sismico denominato "minibang", compresi elaborazione e restituzione grafica dei dati e dei sismogrammi;
 - Prove di laboratorio consistenti in:
 - ◆ Caratteristiche fisiche generali
 - ◆ Analisi granulometrica per setacciatura e per sedimentazione
 - ◆ Prova di taglio diretto consolidata drenata (C.I.D.)

Num.Ord. TARIFFA	DESIGNAZIONE DEI LAVORI	DIMENSIONI				Quantità	IMPORTI	
		par.ug.	lung.	larg.	H/peso		unitario	TOTALE
	R I P O R T O							
LAVORI A MISURA								
1 CAM24_S01 .010.010.A	Approntamento dell'attrezzatura di perforazione, compreso il carico, lo scarico e la revisione a fine lavori Approntamento dell'attrezzatura di perforazione a rotazione fino a 80 m, compreso il carico, lo scarico e la revisione a fine lavori Per ogni attrezzatura S1					1,000	1,00	
							1,00	
							<hr/>	
2 CAM24_S01 .010.030.B	Attrezzature installate in ciascun punto, su aree pianeggianti accessibili ai normali mezzi di trasporto. Attrezzature installate in corrispondenza di ciascun punto di perforazione ... tamento sottoservizi sino a -1,50 mt dal p.c., compreso il rispristino dello stato dei luoghi Per distanze oltre i 300 m S1					1,000	1,00	
							1,00	
							<hr/>	
3 CAM24_S01 .011.030.A	Perforazione ad andamento verticale a carotaggio continuo, con carotieri fra 86 e 127 mm, in terreni grossolani Perforazione ad andamento verticale eseguita a rotazione a carotaggi ... aie sabbiose, ghiaie, ciottoli, blocchi e in rocce lapidee ecc. Per ogni metro lineare fino a 20 m dal piano di campagna S1					10,000	10,00	
							10,00	
							<hr/>	
4 CAM24_S01 .040.030.A	Prelievo di campioni indisturbati nel corso dei sondaggi a rotazione, compresa la fornitura della fustella Prelievo di campioni indisturbati, compatibilmente con la natura dei terr ... voro, ovvero da compensare con il relativo prezzo se non restituita. Per ogni prelievo fino a 20 m dal piano di campagna S1					1,000	1,00	
							1,00	
							<hr/>	
5 CAM24_S01 .040.050.A	Standard Penetration Test eseguito nel corso di sondaggi a rotazione con campionatore tipo Raymond a punta chiusa o aperta. Per ogni prova fino a 20 m dal piano di campagna SPT1					1,000	1,00	
							1,00	
							<hr/>	
6 CAM24_S01 .060.010.A	Cassetta catalogatrice delle dimensioni di 0,5 x 1 m, completa di scomparti e di coperchio S1					2,000	2,00	
							2,00	
							<hr/>	
7 CAM24_S01 .060.020.A	Pozzetti di protezione strumentazione. Compresa la relativa posa in opera e lucchetto di chiusura S1					1,000	1,00	
							1,00	
							<hr/>	
8 CAM24_S02 .010.010.A	Voci generali Apertura di campione contenuto in fustella cilindrica (PVC, acciaio, ecc.) mediante estrusore, compreso l'esame preliminare e la descrizione, eseguita secondo le UNI EN ISO 14688-1 C1					1,000	1,00	
							<hr/>	
	A R I P O R T A R E						1,00	
								2'415,83

Num.Ord. TARIFFA	DESIGNAZIONE DEI LAVORI	DIMENSIONI				Quantità	IMPORTI	
		par.ug.	lung.	larg.	H/peso		unitario	TOTALE
	R I P O R T O					1,00		2'415,83
	SOMMANO cad					1,00		
9 CAM24_S02 .010.010.B	Voci generali Apertura di campione rimaneggiato contenuto in sacchetto o altro contenitore compreso l'esame preliminare e la descrizione litologica C1					1,000	1,00	24,01
10 CAM24_S02 .010.010.C	SOMMANO cad					1,000	1,00	10,91
11 CAM24_S02 .020.050.E	Voci generali Fotografia a colori di campione o di un provino formato 10x15 cm in triplice copia con scala metrica di riferimento C1					1,000	1,00	10,91
12 CAM24_S02 .020.050.F	SOMMANO cad					1,000	1,00	11,18
13 CAM24_S02 .020.010.A	Determinazione della percentuale di materiale passante al vaglio n. 200 (0,074 mm) Determinazione del contenuto d'acqua allo stato naturale. Eseguita secondo la UNI CEN ISO 17892-1 C1					1,000	1,00	18,23
14 CAM24_S02 .020.010.B	SOMMANO cad					1,000	1,00	18,23
15 CAM24_S02 .020.040.A	Analisi granulometrica con setacci per caratteristiche fisiche e meccaniche. Per via secca su quantità <= 5kg, con un massimo di 8 vagli. Eseguita secondo la UNI CEN ISO 17892-4 C1					1,000	1,00	43,46
16 CAM24_S02 .030.010.A	SOMMANO cad					1,000	1,00	43,46
17 CAM24_S02 .030.010.N	Analisi granulometrica con setacci per caratteristiche fisiche e meccaniche. Per via umida su quantità <= 5kg, con un massimo di 8 vagli. Eseguita secondo la UNI CEN ISO 17892-4 C1					1,000	1,00	52,05
	SOMMANO cad					1,000	1,00	52,05
	Analisi granulometrica per sedimentazione con densimetro, esclusa la determinazione del peso specifico. Eseguita secondo la UNI CEN ISO 17892-4 C1					1,000	1,00	66,04
	SOMMANO cad					1,000	1,00	66,04
	Caratteristiche fisiche e meccaniche Prova di taglio diretto consolidata drenata con tempo di deformazione finale <8h (procedura standard 3 provini). Eseguita secondo la UNI CEN ISO 17892-10 C1					1,000	1,00	378,12
	SOMMANO cad					1,000	1,00	378,12
	Caratteristiche fisiche e meccaniche Prova di compressione edometrica fino a 3200 kPa in unico ciclo di carico e scarico su provino 40-50 mm a gradini definiti con mantenimento di ogni							
	A R I P O R T A R E							3'042,02

Num.Ord. TARIFFA	DESIGNAZIONE DEI LAVORI	DIMENSIONI				Quantità	IMPORTI	
		par.ug.	lung.	larg.	H/peso		unitario	TOTALE
	R I P O R T O							3'042,02
	gradino per un tempo minore o uguale a 24 ore per complessivi 12 gradini. Eseguita secondo la UNI CEN ISO 17892-5 C1					1,000	1,00	
	SOMMANO cad						1,00	
18 CAM24_S02 .030.010.O	Caratteristiche fisiche e meccaniche Elaborazione prova edometrica con determinazione dei coefficienti Cv, K, Eed, compresa la preparazione dei diagrammi 2H/log t; Cv/log sv, Eed / log sv C1					1,000	1,00	189,54
	SOMMANO cad						1,00	189,54
19 CAM24_A00 .020.200.A	Carotaggio e lettura della carota: esecuzione di carotaggio nelle murature per il prelievo di campioni di muratura e per la verifica dello stato di conservazione interno eseguito m ... della prova su adeguata base grafica precedentemente fornita. Esclusi oneri dei trabattelli e/o ponteggi fino ad 1 metro					1,000	1,00	39,65
	SOMMANO ml						1,00	39,65
20 CAM24_A00 .020.200.B	Carotaggio e lettura della carota: esecuzione di carotaggio nelle murature per il prelievo di campioni di muratura e per la verifica dello stato di conservazione interno eseguito m ... della prova su adeguata base grafica precedentemente fornita. Esclusi oneri dei trabattelli e/o ponteggi oltre un 1 metro					1,500	1,50	400,51
	SOMMANO ml						1,50	400,51
21 NP2.a	Prova del martinetto piatto singolo Verifica dello stato tensionale mediante martinetto piatto singolo: esecuzione di verifiche dello stato tensionale mediante martinetto piatto qu ... e l'ubicazione della prova su adeguata base grafica precedentemente fornita. Esclusi oneri dei trabattelli e/o ponteggi					3,000	3,00	900,00
	SOMMANO cad						3,00	900,00
22 NP2.b	Prova dei martinetti piatti doppi Prove di compressione mediante martinetti piatti doppi: esecuzione di prove di compressione mediante martinetti piatti quadrati doppi per la valut ... e l'ubicazione della prova su adeguata base grafica precedentemente fornita. Esclusi oneri dei trabattelli e/o ponteggi					3,000	3,00	400,00
	SOMMANO cad						3,00	400,00
23 NP1	Esame videoscopico Esame videoendoscopico all'interno del foro per ricostruzione della tipologia muraria. Da eseguirsi nella muratura originaria mediante l'uso di microtelecamera i ... della prova su adeguata base grafica precedentemente fornita. Esclusi oneri dei trabattelli e/o ponteggi fino ad 1 metro					3,000	3,00	960,00
	SOMMANO cad						3,00	960,00
24 CAM24_E01 .020.020.B	Scavo a sezione obbligato eseguito a mano Scavo a sezione obbligata, eseguito a mano, anche in presenza di battente d'acqua fino a 20 cm sul fondo, compresi i trovanti di volume fi ... dicati dal D.L. nell'ambito del cantiere. Compresi il rispetto di costruzioni preesistenti sotterranee. In rocce lapidee							7'110,47
	A R I P O R T A R E							7'110,47

*M**Atta*

Ministero della cultura

DIREZIONE GENERALE ARCHEOLOGIA BELLE ARTI E PAESAGGIO
 SOPRINTENDENZA ARCHEOLOGIA BELLE ARTI E PAESAGGIO
 PER LE PROVINCE DI SALERNO E AVELLINO

Soprintendenza Speciale per il Piano
 Nazionale di Ripresa e Resilienza
 Via di San Michele, 22 - 00153 Roma
ss-pnrr@pec.cultura.gov.it

Arcidiocesi di Sant'Angelo dei Lombardi
 – Conza – Nusco - Bisaccia
diocesisantangelo.utm@pec.it

e.p.c.

Comune di Cairano (Av)
Sindaco.cairano@asmepec.it

Oggetto:

Comune di Cairano (Av)

Arcidiocesi di Sant'Angelo dei Lombardi – Conza – Nusco - Bisaccia

Torre Civica correlata alla Chiesa di San Martino

PNRR Missione 1 – Digitalizzazione, Innovazione, Competitività e Cultura Componente 3

Cultura 4.0 (M1C3) - Misura 2 “Rigenerazione di piccoli siti culturali, patrimonio culturale, religioso e rurale, investimento 2.4: “Sicurezza sismica nei luoghi di culto, restauro del patrimonio culturale del FEC e siti di ricovero per le opere d’arte (Recovery art) – Linea d’azione n. 1 Sicurezza sismica nei luoghi di culto, torri e campanili.

INTERVENTI DI SICUREZZA SISMICA

Cup F86J22000080006

D. Lgs. n. 42/2004 e s.m.i. art.li 10 -21 -

AUTORIZZAZIONE ALLA ESECUZIONE DELLE INDAGINI

In relazione alla richiesta di autorizzazione di cui all’oggetto, inviata con nota pec del 12.04.2024, acquisita al protocollo di questo ufficio al n. 9444 in data 16.04.2024 , con la quale sono stati trasmessi gli elaborati relativi al progetto di cui si tratta:

- **Visto** il D. L.vo 42/04 in particolare gli art. 10-21 e s.m.i.
- **Visti** gli elaborati relativi alle prove che si intendono eseguire;

questa Soprintendenza

Valutata la documentazione nel suo complesso, nulla osta alla esecuzione delle indagini riguardanti la geometria degli elementi strutturali, dei dettagli strutturali, delle caratteristiche dei materiali e dell’interfaccia terreno – struttura.

Verificato che le indagini previste sono da ritenersi ammissibili in rapporto alle vigenti norme sulla tutela delle cose d’interesse artistico e storico;



SOPRINTENDENZA ARCHEOLOGIA BELLE ARTI E PAESAGGIO PER LE PROVINCE DI SALERNO E AVELLINO

Via Tasso, 46 – 84121 Salerno; Tel. 089.318174
 Via Dalmazia, 22 – 83100 Avellino; Tel. 0825.279111 o 784265
 PEC: sabap-sa@pec.cultura.gov.it
 PEO: sabap-sa@cultura.gov.it

Visto l'allegato II. 18 "Qualificazione dei soggetti, progettazione e collaudo nel settore dei beni culturali" del D.Lgvo 36 del 31/03/2023 "Nuovo Codice degli appalti" e le disposizioni in esso contenute;
Ritenuto, per quanto di propria competenza ai sensi dell'art.21 del D. L.vo n 42/2004 e ss.mm.ii.

AUTORIZZA

l'esecuzione delle indagini, ai sensi dell'art. 21 e segg. del D. Lgs 42/2004, di cui si tratta e così come proposto negli elaborati progettuali allegati.

La successiva e dovuta autorizzazione in merito al procedere dei lavori sarà condizionata dai risultati suddetti che dovranno essere tempestivamente comunicati e valutati da codesti uffici nei modi e nelle forme previste dall'allegato II. 18 del Nuovo Codice degli appalti.

A tale proposito si stabilisce, altresì, la condizione di comunicare per iscritto, con anticipo di almeno 15 giorni rispetto alla data di inizio dei lavori di cui alla presente nota.

Questo ufficio si riserva l'Alta Sorveglianza sui lavori ai sensi di quanto disposto dal Decreto Legislativo n.42/04.

Si ricorda la **necessità di acquisire i pareri relativi all'aspetto archeologico e paesaggistico, qualora dovuti**, secondo le disposizioni del codice dei Beni Culturali con regolare istanza presso gli Uffici preposti.

Si rammenta inoltre che qualsiasi circostanza che, durante i lavori, venga a modificare i presupposti congetturali o, di fatto, sui quali la concessione della presente approvazione si fonda (es. la scoperta di pitture murali, decorazioni, rilevanti elementi architettonici o strutturali ecc.) dovrà essere immediatamente notificata allo scrivente Ufficio, con il quale dovranno essere preventivamente concordati, in corso d'opera, gli interventi da realizzare.

Il responsabile dell'istruttoria

geom. **Lucio Raffaele Marseglia**

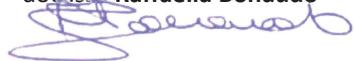
tel.0825279222

mail: lucioraffaele.marseglia@cultura.gov.it



IL SOPRINTENDENTE

dottoressa **Raffaella Bonaudo**




SOPRINTENDENZA ARCHEOLOGIA BELLE ARTI E PAESAGGIO PER LE PROVINCE DI SALERNO E AVELLINO

Via Tasso, 46 – 84121 Salerno; Tel. 089.318174

Via Dalmazia, 22 – 83100 Avellino; Tel. 0825.279111 o 784265

PEC: sabap-sa@pec.cultura.gov.it

PEO: sabap-sa@cultura.gov.it



Laboratorio Prove | Controlli e prove non distruttive | Collaudi | Monitoraggi | Prove chimiche
Geotecnica Stradale | Conglomerati Bituminosi | Marcatura CE Materiali da Costruzione



Sicignano Degli Alburni (SA) - Uscita Autostrada A2 del Mediterraneo

Tel. 320 6869486 - 333 9176001 – 333 4530390
info@italprove.it

RELAZIONE TECNICA

INDAGINI GEOGNOSTICHE

OGGETTO LAVORI

MESSA IN SICUREZZA SISMICA DELLA TORRE CIVICA CORRELATA ALLA CHIESA DI SAN MARTINO, CAIRANO (AV)

Ministero della Cultura - Soprintendenza ABAP di Salerno Avellino

PNRR – MISSIONE 1 – DIGITALIZZAZIONE, INNOVAZIONE, COMPETITIVITÀ E CULTURA, COMPONENTE 3 –CULTURA 4.0 (M1C3), MISURA 2 “Rigenerazione di piccoli siti culturali, patrimonio culturale, religioso e rurale, INVESTIMENTO 2.4: “sicurezza sismica nei luoghi di culto, restauro del patrimonio culturale del fec e siti di ricovero per le opere d’arte (recovery art)” – LINEA D’AZIONE N. 1 SICUREZZA SISMICA NEI LUOGHI DI CULTO, TORRI E CAMPANILI

COMMITTENTE

ARCIDIOCESI DI S. ANGELO DEI L. - CONZA - NUSCO – BISACCIA

C.E.I. CONFERENZA EPISCOPALE ITALIANA SERVIZIO NAZIONALE PER L'EDILIZIA DI CULTO

RICHIEDENTE

DOTT. GEOL. GIUSEPPE ROSA

DATA INTERVENTO

19/07/2024 – 23-24/09/2024

PROTOCOLLO

RP-PE-24-630 DEL 15/07/2024

IL RESPONSABILE DEL LABORATORIO

ING. GIOVANNI MARCO FERNICOLA



INDICE

■ PREMESSA.....	4
■ SONDAGGIO A CAROTAGGIO CONTINUO	6
UBICAZIONE DEL SONDAGGIO A CAROTAGGIO CONTINUO.....	7
DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA - SONDAGGIO S1.....	8
STRATIGRAFIA SONDAGGIO S1.....	12
■ INDAGINE SISMICA MASW.....	13
ELABORAZIONE INDAGINE SISMICA MASW 1.....	22
CARATTERIZZAZIONE SISMOSTRATI	23
CONCLUSIONI.....	24
■ PROSPEZIONE SISMICA PASSIVA HVSR	25
HVSR_1	27
■ UBICAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE	33
■ ALLEGATI.....	34
■ ALLEGATO 1 CERTIFICATI LABORATORIO TERRE	35



PREMESSA

I giorni 19 Luglio, 23 e 24 settembre 2024, su incarico dell' "ARCIDIOCESI di S. Angelo dei L. - Conza - Nusco - Bisaccia", tecnici di questo laboratorio hanno eseguito una campagna di indagini geognostiche nell'ambito dei lavori aventi ad Messa In Sicurezza Sismica Della Torre Civica Correlata Alla Chiesa Di San Martino, Cairano (AV) - Ministero Della Cultura - Soprintendenza ABAP Di Salerno Avellino - PNRR - MISSIONE 1 - DIGITALIZZAZIONE, INNOVAZIONE, COMPETITIVITÀ E CULTURA, COMPONENTE 3 -CULTURA 4.0 (M1C3), MISURA 2 "Rigenerazione di piccoli siti culturali, patrimonio culturale, religioso e rurale, INVESTIMENTO 2.4: "Sicurezza sismica nei luoghi di culto, restauro del patrimonio culturale del fec e siti di ricovero per le opere d'arte (recovery art)" – LINEA D'AZIONE N. 1 SICUREZZA SISMICA NEI LUOGHI DI CULTO, TORRI E CAMPANILI. Le prove sono state richieste dal Geol. Giuseppe Rosa.



Fig. 1: Esecuzione sondaggio geognostico.



Le attività eseguite in sito consistono in:

Nome Prova	Quantità
Sondaggi a carotaggio continuo	1
Prelievi di campioni indisturbati e relative prove di laboratorio	2
Prospezione sismica MASW	1
Misure di microtremore HVSR	1



SONDAGGIO A CAROTAGGIO CONTINUO

Nell'area oggetto di indagine, i giorni 23 e 24 settembre 2024, è stato eseguito un sondaggio a carotaggio continuo spinto fino alla profondità di 30 m dal p.c. La terebrazione è stata eseguita utilizzando il carotiere semplice del diametro di 101 mm. E' stato prelevato N. 1 campione indisturbato. Sul campione prelevato sono state effettuate le seguenti prove di laboratorio: determinazione delle caratteristiche fisiche generali, analisi granulometrica, prova di taglio diretto e prova edometrica.

Nella tabella seguente vengono sintetizzate le caratteristiche dei sondaggi effettuati.

Sondaggio	Profondità dal p.c.(m)	Tubi in foro	Campioni indisturbati	Campioni rimaneggiati	N. SPT
S1	30	-	1	-	-

Sigla Campione	Sondaggio	Profondità dal p.c. (m)	Prove di laboratorio
S1 C1	S1	3.4 – 3.9	CFG – GRAN – TAGLIO - EDOM



UBICAZIONE DEL SONDAGGIO A CAROTAGGIO CONTINUO

Sigla	COORDINATE
S1	40°53'44"N 15°22'00"E



Fig. 2: Ubicazione sondaggio geognostico. Fonte Google Earth.



DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA - SONDAGGIO S1



Sondaggio S1 0-5m



Sondaggio S1 5-10m





Sondaggio S1 10-15m



Sondaggio S1 15-20m





Sondaggio S1 20-25m



Sondaggio S1 25-30m





Esecuzione sondaggio



Esecuzione sondaggio



STRATIGRAFIA SONDAGGIO S1

Pro fondi tà (m)	Spes sore (m)	Stratigrafa	Campi pioni	Descrizione	falda	%caro taglio	diam. carotato (mm)	diam. rives.to (mm)	S.P.T.
0	0,3			Copertura cemento;					
0,3				litotipi limo-sabbirosi poco addensati;					
1				Conglomerati in matrice sabbiosa, addensati;					
2	3,9								
3				Livello limo-sabbiroso deb. argilloso, presenza di clasti arrotondati;					
4	0,5			Conglomerati in matrice sabbiosa addensati;					
5									
6	1,7			Sabbia addensata;					
7	0,3			Conglomerati in scarsa matrice sabbiosa addensati;					
8									
9	1,5			Sabbia addensata con presenza clasti arrotondati;					
10									
11				Conglomerati in scarsa matrice sabbiosa;					
12									
13				Sabbia addensata con clasti a spigoli vivi;					
14	9,5								
15									
16									
17									
18									
19									
20	0,7								
21									
22									
23									
24									
25	9,8								
26									
27									
28									
29									
30									

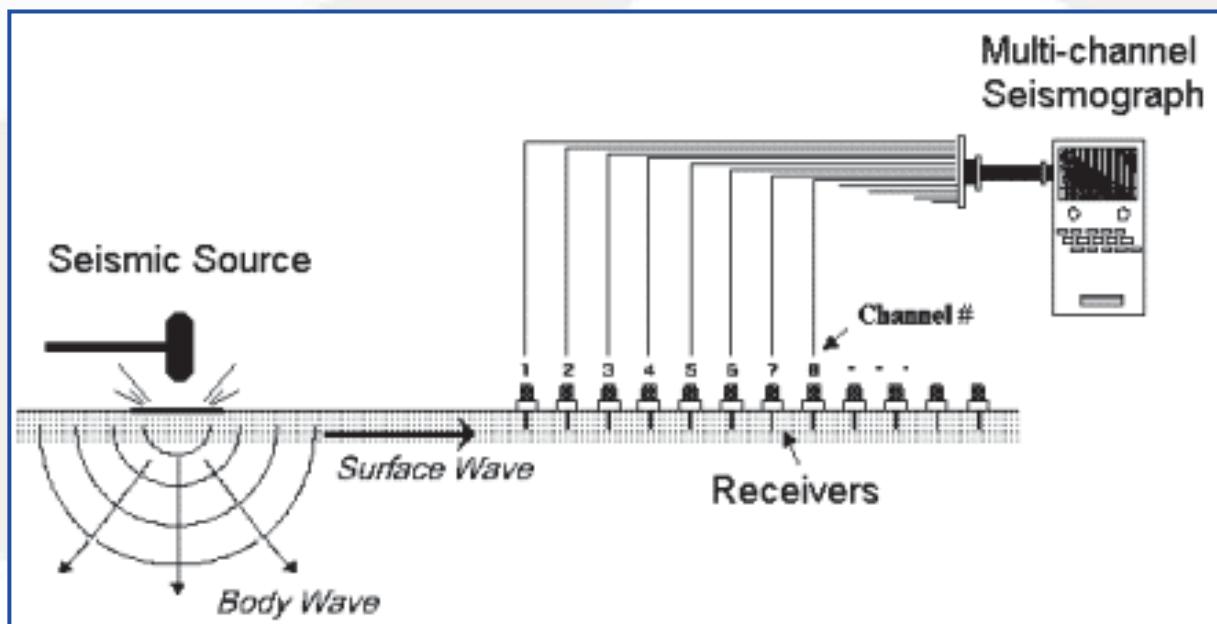


INDAGINE SISMICA MASW

L'analisi multicanale delle onde superficiali di Rayleigh – MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) – è un efficiente metodologia sismica per la determinazione delle velocità delle onde di taglio Vs. Tale metodo utilizza le onde superficiali di Rayleigh registrate da una serie di geofoni lungo uno stendimento rettilineo e collegati ad un comune sismografo multicanale. Le onde di Rayleigh, durante la loro propagazione vengono registrate lungo lo stendimento di geofoni e vengono successivamente analizzate attraverso complesse tecniche computazionali, simili alla tecnica SASW, basate su un approccio di riconoscimento di modelli multistrato di terreno.

L'intera procedura per una MASW consiste di 4 passi fondamentali:

1. Ripetute acquisizioni multicanale dei segnali sismici (Fig. 2), generati da una sorgente energizzante artificiale (mazza battente su piastra), lungo uno stendimento rettilineo di sorgente-geofoni (Fig. 1) che viene spostato lungo la linea dello stendimento stesso dopo ogni acquisizione;



- Fig. 1 – Schema di acquisizione dei segnali sismici con metodo MASW.



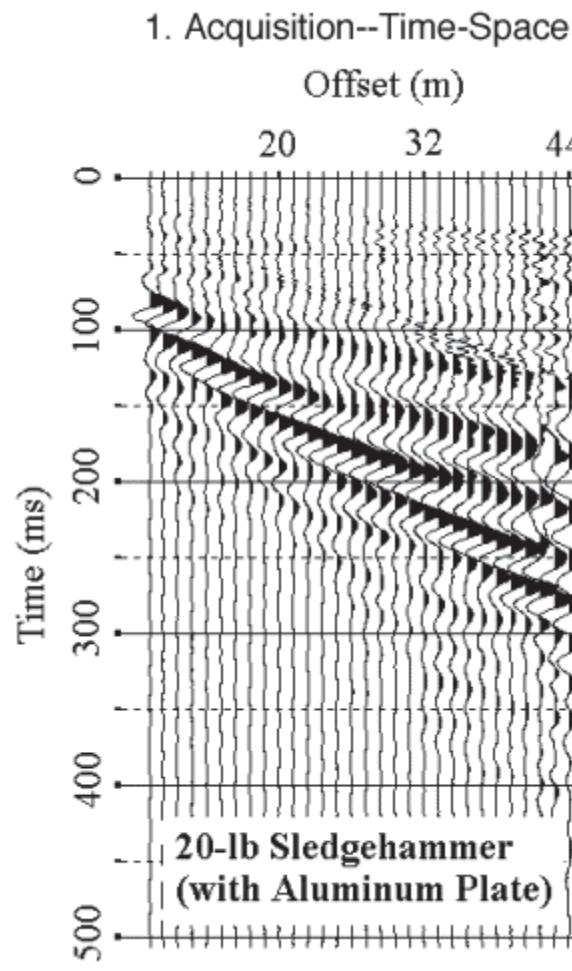


Fig. 2 – Esempio di segnali sismici acquisiti dai geofoni lungo uno stendimento.

2. Estrazione del modo fondamentale dalle curve di dispersione delle velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh (una curva per ogni acquisizione) (Fig. 3);



2. Dispersion Curve Extraction--Frequency-Phase Velocity

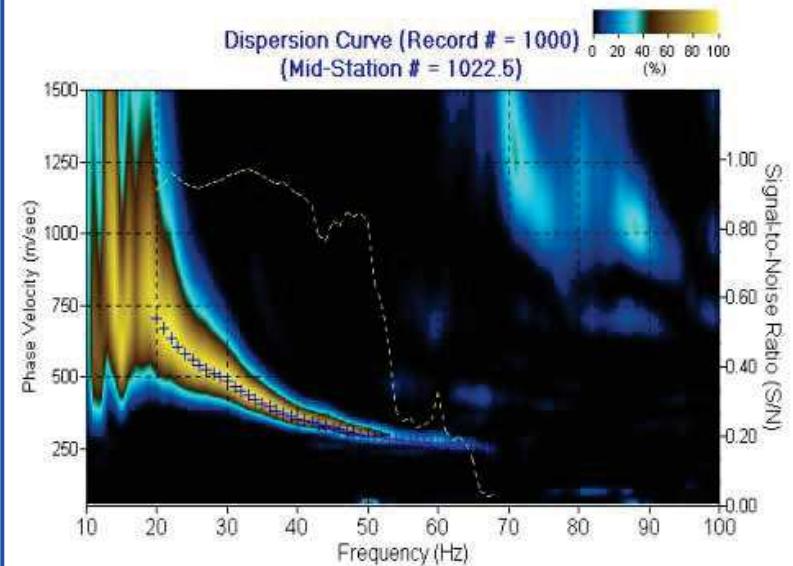


Fig. 3 – Esempio di curva di dispersione delle velocità di fase in funzione della frequenza delle onde superficiali di Rayleigh.

3. Inversione delle curve di dispersione per ottenere profili verticali 1D delle Vs (Fig. 4) (un profilo verticale per ogni curva di dispersione, posizionato nel punto medio di ogni stendimento geofonico);



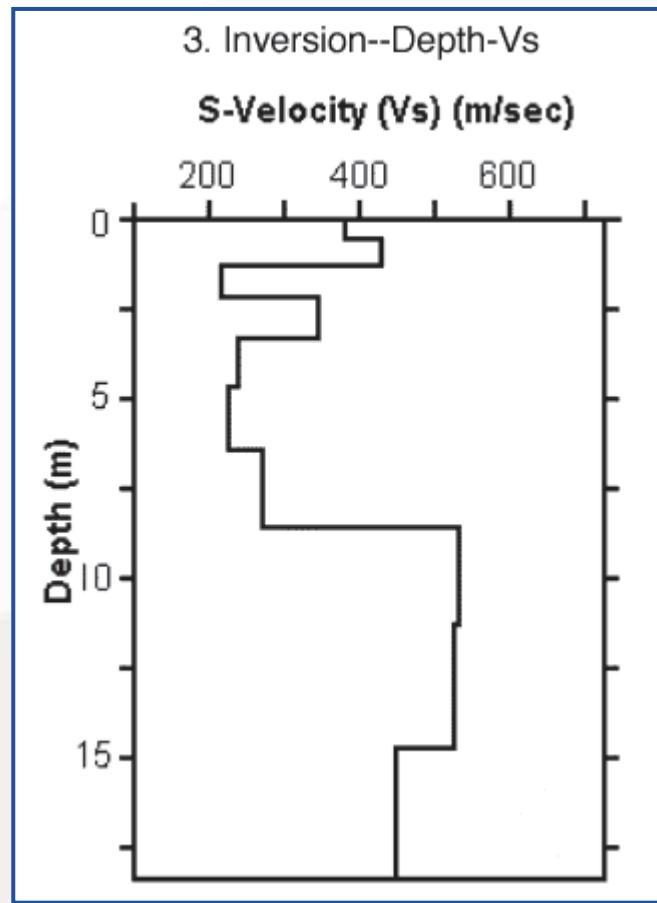


Fig. 4 – Esempio di modello di velocità delle onde di taglio (V_s) ottenuto dalla curva di dispersione della velocità di fase delle onde di Rayleigh attraverso l'inversione di un modello multistrato di terreno. La velocità delle onde di taglio è approssimativamente pari a $1.1 V_R$ (V_R =velocità delle onde di Rayleigh) e la profondità è pari a circa 0.4λ (λ =lunghezza d'onda).

4. Ricostruzione di una sezione (modello 2D) delle Vs dei terreni con approccio multicanale (con almeno due acquisizioni dei segnali, ovvero due spostamenti lungo la linea dello stendimento) (Fig. 5).



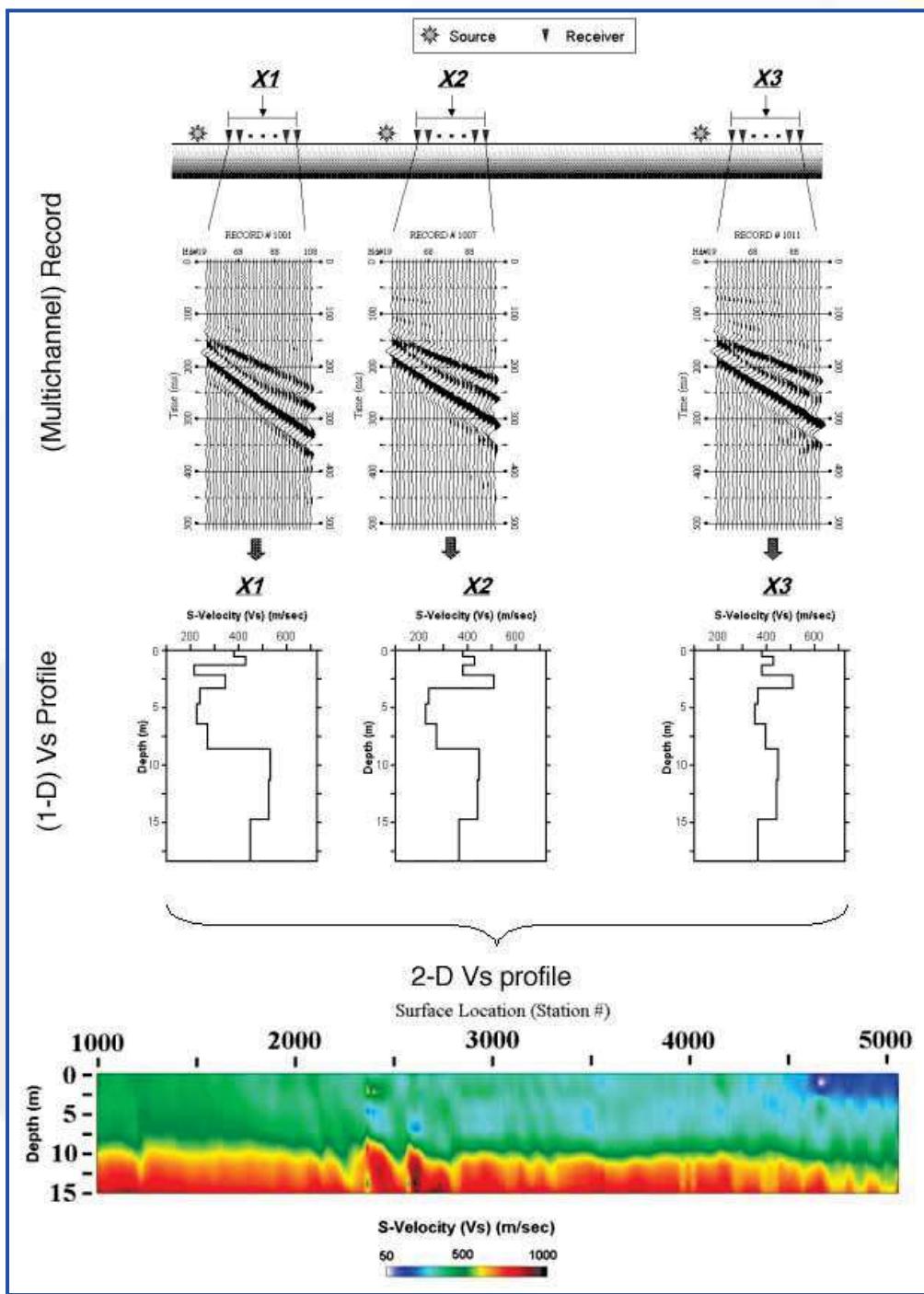


Fig. 5 – Esempio di modello 2D di velocità delle onde di taglio (V_s) ottenuto dalle inversioni delle curve di dispersione della velocità di fase delle onde di Rayleigh.

Quando vengono generate onde sismiche usando una sorgente impattante come un martello su una piastra vengono generate sia onde di volume (P e S), sia onde di superficie (Rayleigh e Love), che si propagano in tutte le direzioni. Alcune di queste onde vengono riflesse e disperse quando incontrano oggetti superficiali o poco profondi (ad esempio, fondazioni di edifici, canali sotterranei, trovanti lapidei, ecc.) e diventano rumore (Fig. 6).



Inoltre, vengono quasi sempre rilevate vibrazioni da rumore ambientale proveniente dal traffico veicolare, dall'attività industriale e, in generale, dall'attività umana (Fig. 6).

Il vantaggio principale dell'approccio multicanale della tecnica MASW sta nella sua intrinseca capacità di distinguere tutte queste onde dovute al rumore e di isolare le onde superficiali di Rayleigh evidenziando solo il modo fondamentale di oscillazione dei terreni. L'isolamento del modo fondamentale di oscillazione si basa su molteplici caratteristiche sismiche dei segnali.

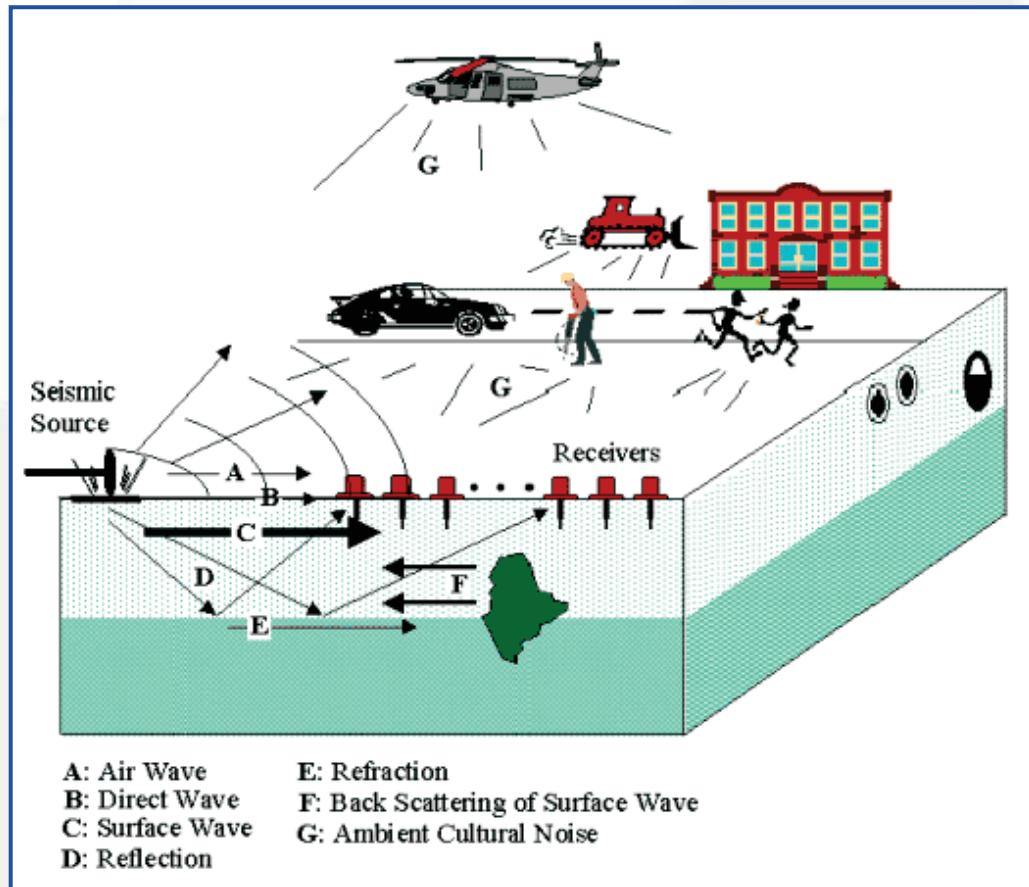


Fig. 6 – Schematizzazione dei vari tipi di onde (di volume e superficiali) e di alcune possibili sorgenti di rumore ambientale.

Le proprietà della dispersione di tutti i tipi di onde (di volume e superficiali) sono visualizzate attraverso un metodo di trasformazione (basato sull'analisi spettrale dei segnali sismici) del campo d'onda che converte direttamente i segnali sismici acquisiti (Fig. 7) in una immagine dove un modello di dispersione è riconosciuto nella distribuzione dell'energia trasformata in oscillazioni (Fig. 8).



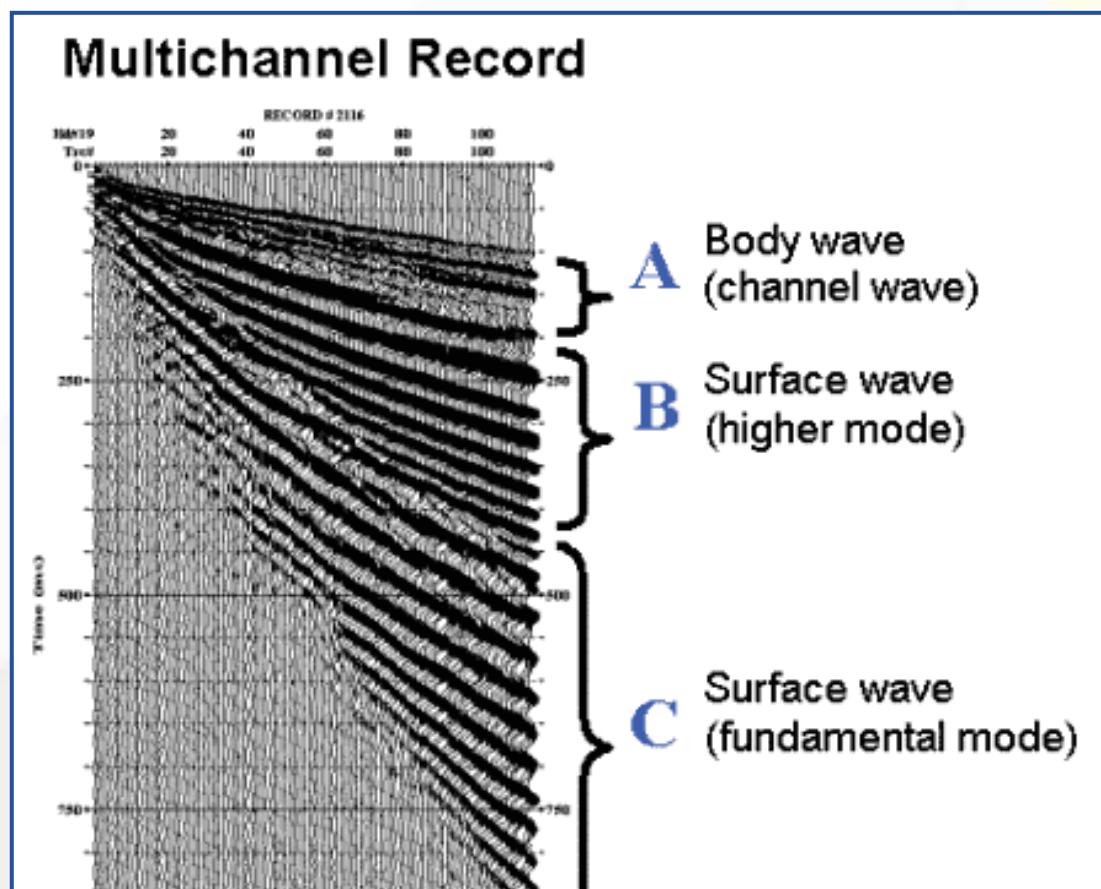


Fig. 7 – Esempio di segnali sismici con acquisizione multicanale e riconoscimento delle varie fasi sismiche (onde di volume, modo fondamentale e modi superiori delle onde superficiali).

Successivamente, il modo fondamentale (proprietà fondamentale della dispersione della velocità di fase delle onde di Rayleigh) viene estratto da un modello specifico. Tutte le altre onde (riflesse, disperse, modi superiori delle onde superficiali, noise ambientale) vengono quindi rimosse durante il processo di elaborazione.



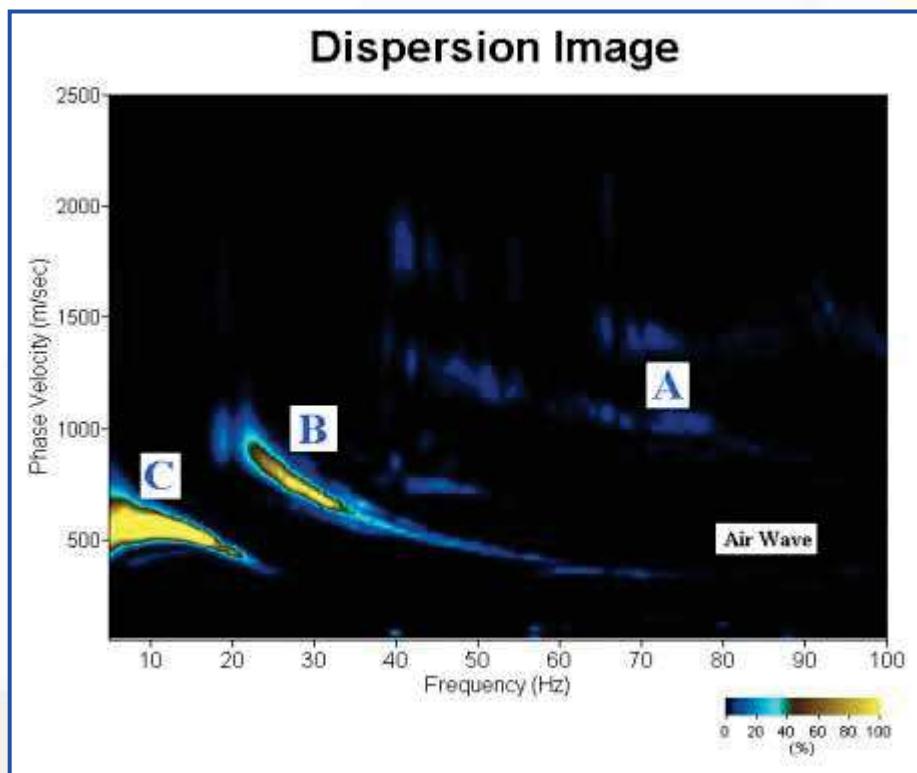


Fig. 8 – Esempio di curva di dispersione delle velocità di fase in funzione della frequenza delle onde superficiali di Rayleigh relativa ai segnali sismici in Fig. 7. Il picco energetico in corrispondenza di C rappresenta, nel modello della dispersione, il modo fondamentale da estrarre. Il picco energetico in B rappresenta il primo modo mentre quello in A, poco evidente, rappresenterebbe il secondo modo.



CONSIDERAZIONI SULLE INDAGINI GEOFISICHE

L'indagine sismica è stata condotta mediante l'utilizzo di un sismografo M.A.E. Sysmatrack, strumento compatto e versatile progettato e realizzato appositamente per eseguire tutte le indagini di prospezione sismica.

Inoltre l'elevata dinamica (24 bit di risoluzione) unita alla notevole memoria di registrazione (circa 10000 campioni), ne consente inoltre l'utilizzo per tecniche di indagine di tipo passivo Re.Mi.-M.A.S.W.-S.A.S.W..

La gestione dell'apparecchiatura è notevolmente semplificata dall'interfaccia grafica e dall'interazione con essa tramite il sistema di puntamento touch-screen, che consente di eseguire tutte le operazioni toccando con uno stilo gli oggetti interessati direttamente sullo schermo.

L'ambiente operativo dello strumento è quello di Microsoft Windows. Tutte le operazioni, come già detto, possono essere gestite in modo intuitivo toccando lo schermo con l'apposito stilo, che sostituisce il mouse normalmente utilizzato sui PC da scrivania.

ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DATI MASW

Al fine di caratterizzare sismicamente il suolo nell'area oggetto di indagine, sono state eseguite n.1 prospezioni sismiche tipo M.A.S.W. le cui caratteristiche sono riportate in Tab.1:

<i>Prospezione sismica</i>	<i>Caratteristiche degli strumenti</i>	<i>Offset e spacing (m)</i>	<i>Ubicazione</i>
<i>Stendimento n.1 19/07/2024</i>	<i>Sismografo M.A.E. Sysmatrack</i>	<i>1.00</i>	<i>Via San Leone, Cairano (AV)</i>

Tab. 1 – Riepilogo caratteristiche relative allo stendimento geofonico messo in opera.



ELABORAZIONE INDAGINE SISMICA MASW 1

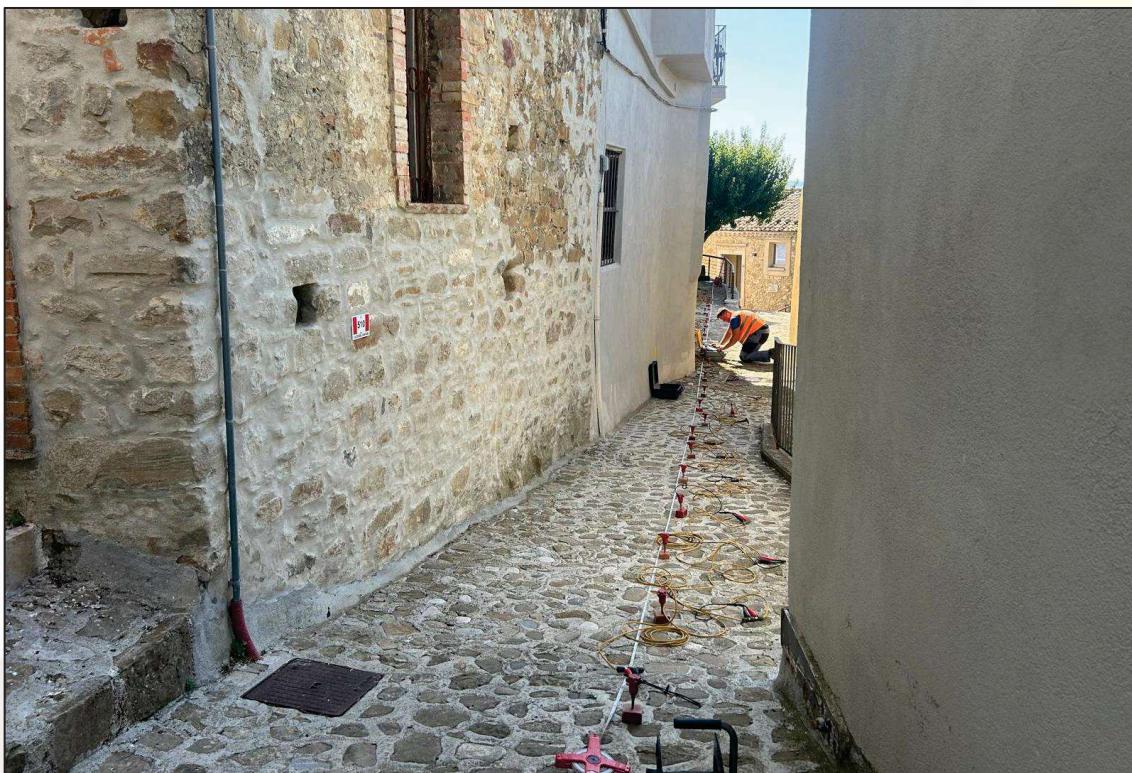


Fig. 9 – Foto indagine Sismica MASW_1

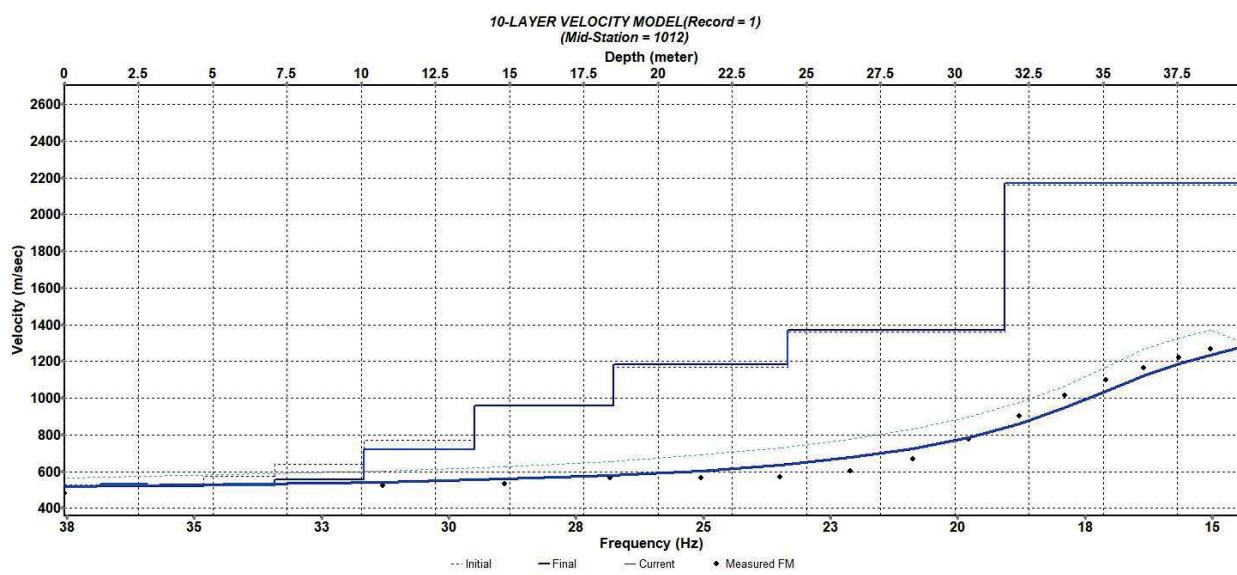


Fig. 10 – Modello sismostratigrafico 2D delle VS ottenuto dall'indagine Sismica MASW_1



CARATTERIZZAZIONE SISMOSTRATI

Sismo-strato	Spessore (m)	Vp (m/s)	Vs (m/s)	C. Poisson ν	M. Taglio G (kg/cm ²)	M. Young E (kg/cm ²)	M. Incompressibilità k (kg/cm ²)
S1	1.2	1292	520	0.33	3306	9279	16018
S2	1.5	1292	535	0.30	3502	9781	15756
S3	1.9	1294	517	0.43	3543	9957	17472
S4	2.4	1411	522	0.40	3884	11036	23244
S5	3.0	1566	558	0.35	5088	14522	33227
S6	3.8	1890	721	0.36	9021	25524	49894
S7	4.7	2358	956	0.38	16789	47060	79670
S8	5.9	2867	1184	0.39	27145	75858	123057
S9	7.3	3329	1371	0.40	40234	112489	183666

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}} = [574] \text{m/s}$$

Con:

hi = spessore dello stato i-sesimo (*il sub-strato sismico è stato rinvenuto oltre i 30.0 mt dal p.c.*);

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

N = numero di strati;

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



CONCLUSIONI

Le indagini sismiche elaborate, considerando la sismostratigrafia, hanno fornito risultati che collocano i terreni oggetto d'indagine in categoria **B** del D.M. 17 gennaio 2018. Questa categoria è stata ricavata, come da normativa, dalla relazione:

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

Con:

h_i = spessore dello stato i -esimo;

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

N = numero di strati;

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

CLASSIFICAZIONE DEL TIPO DI SUOLO SECONDO LA NUOVA NORMATIVA SISMICA ITALIANA O.P.C.M. N. 3274/2003 – D.M. 17 gennaio 2018		
Suolo	Caratteristiche della superficie topografica	V_s (m/s)
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.	$V_{Seq} > 800$ m/s
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s	360 m/s $< V_{Seq} < 800$ m/s
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.	180 m/s $< V_{Seq} < 360$ m/s
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fine scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.	100 m/s $< V_{Seq} < 180$ m/s
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.	

Tab. 2 - Classificazione dei suoli in base alla V_s .

Categoria di suolo di fondazione B: $360 \text{ m/s} < V_{Seq} < 800 \text{ m/s}$



PROSPEZIONE SISMICA PASSIVA HVSR

La tecnica HVSR permette in primo luogo di valutare la frequenza di vibrazione naturale di un sito. Successivamente, come ulteriore sviluppo, la stima del parametro normativo Vs30 attraverso un processo di inversione del problema iniziale. Le ipotesi alla base della tecnica sono: una concentrazione del contenuto in frequenza localizzato maggiormente in quelle basse (tipicamente al di sotto dei 20 Hz); assenza di sorgenti periodiche e/o con contenuto in alte frequenze; le sorgenti di rumore sono uniformemente distribuite intorno alla stazione di registrazione. Se queste sono soddisfatte, la tecnica può essere suddivisa nelle fasi che vengono di seguito illustrate.

Si esegue una registrazione del rumore ambientale lungo tre direzioni ortogonali tra loro (x,y,z) con una singola stazione. Tale registrazione deve essere effettuata, secondo le indicazioni del progetto SESAME, per una durata non inferiore ai 20 minuti.

Si esegue un'operazione detta di windowing, in cui le tre tracce registrate vengono suddivise in finestre temporali di prefissata durata. Secondo le indicazioni del succitato progetto SESAME tale dimensione, detta Long Period, deve essere almeno pari ai 20 secondi. Si ottiene così un insieme di finestre “long”, che sono sincronizzate fra le tracce.

Queste finestre vengono filtrate in base a dei criteri che permettono di individuare l'eventuale presenza di transienti (disturbi temporanei con grandi contributi nelle frequenze alte) o di fenomeni di saturazione.

Per ciascuna delle finestre rimanenti, quindi ritenute valide, viene valutato lo spettro di Fourier. Quest'ultimo viene sottoposto a tapering e/o lisciamento secondo una delle varie tecniche note in letteratura e ritenute all'uopo idonee.

Successivamente si prendono in considerazione gli spettri delle finestre relative alle tracce orizzontali in coppia. Ovvero, ogni spettro di una finestra per esempio della direzione X, ha il suo corrispettivo per le finestre nella direzione Y, vale a dire che sono relative a finestre temporali sincrone. Per ognuna di queste coppie viene eseguita una somma tra le componenti in frequenza secondo un determinato criterio che può essere, ad esempio, una semplice media aritmetica o una somma euclidea.

Per ciascuna coppia di cui sopra, esiste lo spettro nella direzione verticale Z, ovvero relativo alla finestra temporale sincrona a quelle della coppia. Ogni componente in frequenza di questo spettro viene usato come denominatore nel rapporto con quello della suddetta coppia. Questo permette quindi di ottenere il ricercato rapporto spettrale H/V per tutti gli intervalli temporali in cui viene suddivisa la registrazione durante l'operazione di windowing.

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



L'ulteriore ipotesi che questo rapporto spettrale possa ritenersi una buona approssimazione dell'ellitticità del modo fondamentale della propagazione delle onde di Rayleigh, permette di confrontare questi due al fine di ottenere una stima del profilo stratigrafico. Tale procedura, detta di inversione, consente di definire il profilo sostanzialmente in termini di spessore e velocità delle onde di taglio. Avendo quindi una stima del profilo della velocità delle onde di taglio, è possibile valutarne il parametro normativo Vs30.

DATI GENERALI

Sono state eseguite n.1 prospezioni sismiche tipo HVSR le cui caratteristiche sono riportate in Tab.1:

<i>Prospezione sismica</i>	<i>Caratteristiche degli strumenti</i>	<i>Ubicazione</i>
HVSR n.1 19/07/2024	Sismografo M.A.E. Sysmatrack	Via San Leone, Cairano (AV)

Tab. 1 – Riepilogo caratteristiche relative allo stendimento geofonico messo in opera.



HVSR_1



Località: Via San Leone, Cairano (AV)
Ditta esecutrice delle indagini: ITALPROVE S.R.L.
Data: 19/07/2024

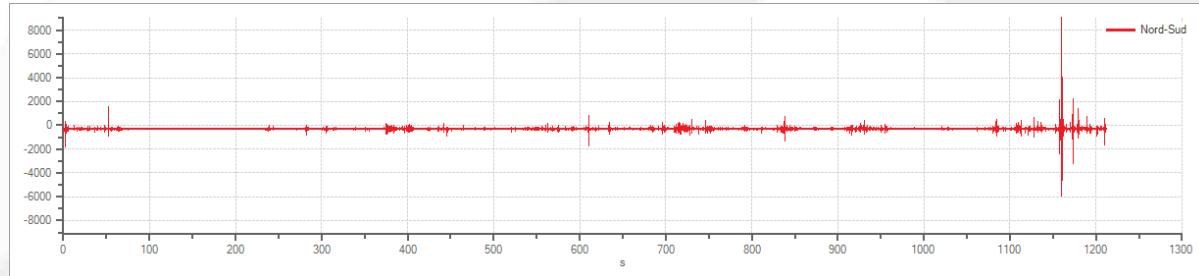


TRACCE IN INPUT

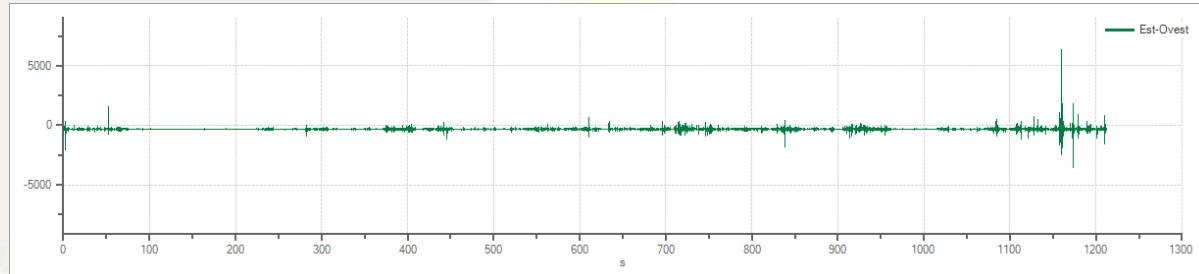
Dati riepilogativi:

Numero tracce: 3
 Durata registrazione: 1212 s
 Frequenza di campionamento: 250.00 Hz
 Numero campioni: 303000
 Direzioni tracce: Nord-Sud; Est-Ovest; Verticale.

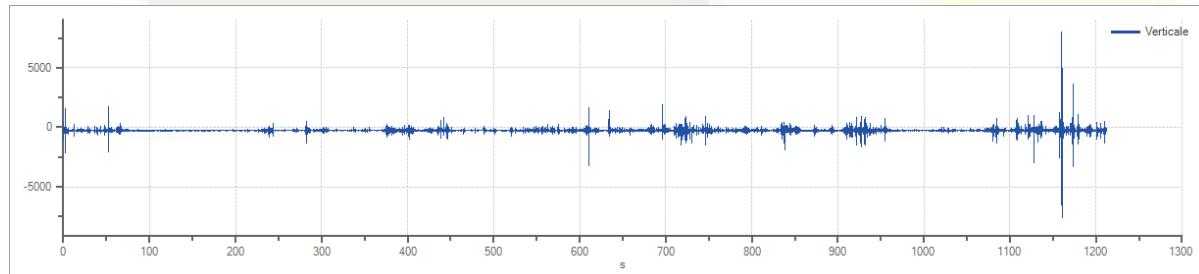
Grafici tracce:



Traccia in direzione Nord-Sud



Traccia in direzione Est-Ovest



Traccia in direzione Verticale



FINESTRE SELEZIONATE

Dati riepilogativi:

Numero totale finestre selezionate: 58
 Numero finestre incluse nel calcolo: 58
 Dimensione temporale finestre: 20.000 s
 Tipo di lisciamento: Triangolare proporzionale
 Percentuale di lisciamento: 10.00 %

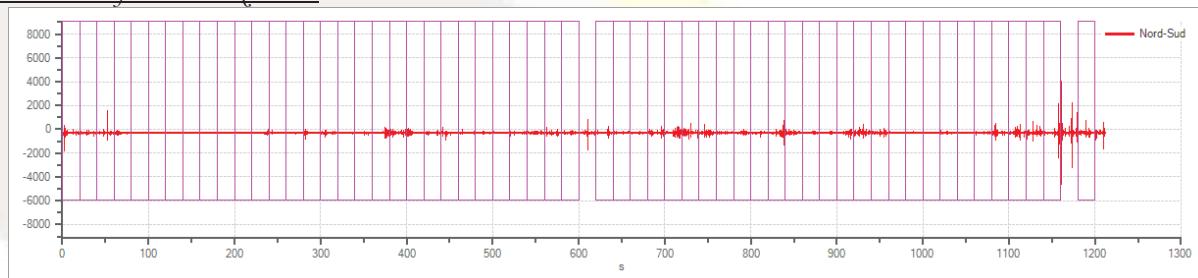
Tabella finestre:

Numero finestra	Istante iniziale	Istante finale	Selezione
1	0	20	Inclusa
2	20	40	Inclusa
3	40	60	Inclusa
4	60	80	Inclusa
5	80	100	Inclusa
6	100	120	Inclusa
7	120	140	Inclusa
8	140	160	Inclusa
9	160	180	Inclusa
10	180	200	Inclusa
11	200	220	Inclusa
12	220	240	Inclusa
13	240	260	Inclusa
14	260	280	Inclusa
15	280	300	Inclusa
16	300	320	Inclusa
17	320	340	Inclusa
18	340	360	Inclusa
19	360	380	Inclusa
20	380	400	Inclusa
21	400	420	Inclusa
22	420	440	Inclusa
23	440	460	Inclusa
24	460	480	Inclusa
25	480	500	Inclusa
26	500	520	Inclusa
27	520	540	Inclusa
28	540	560	Inclusa
29	560	580	Inclusa
30	580	600	Inclusa
31	620	640	Inclusa
32	640	660	Inclusa
33	660	680	Inclusa
34	680	700	Inclusa
35	700	720	Inclusa
36	720	740	Inclusa

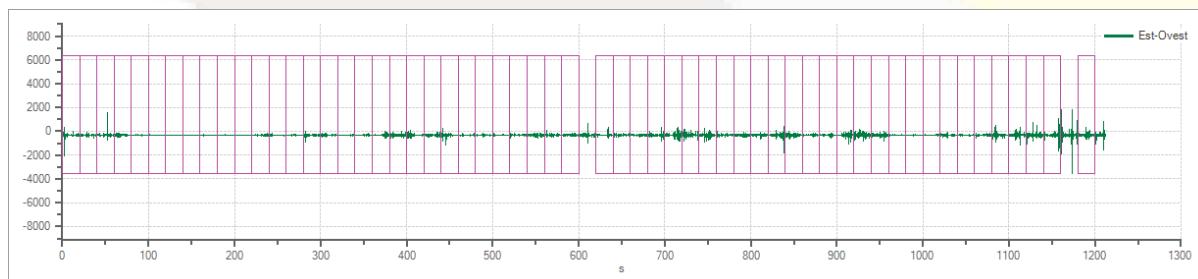


37	740	760	Inclusa
38	760	780	Inclusa
39	780	800	Inclusa
40	800	820	Inclusa
41	820	840	Inclusa
42	840	860	Inclusa
43	860	880	Inclusa
44	880	900	Inclusa
45	900	920	Inclusa
46	920	940	Inclusa
47	940	960	Inclusa
48	960	980	Inclusa
49	980	1000	Inclusa
50	1000	1020	Inclusa
51	1020	1040	Inclusa
52	1040	1060	Inclusa
53	1060	1080	Inclusa
54	1080	1100	Inclusa
55	1100	1120	Inclusa
56	1120	1140	Inclusa
57	1140	1160	Inclusa
58	1180	1200	Inclusa

Grafici tracce con finestre selezionate:

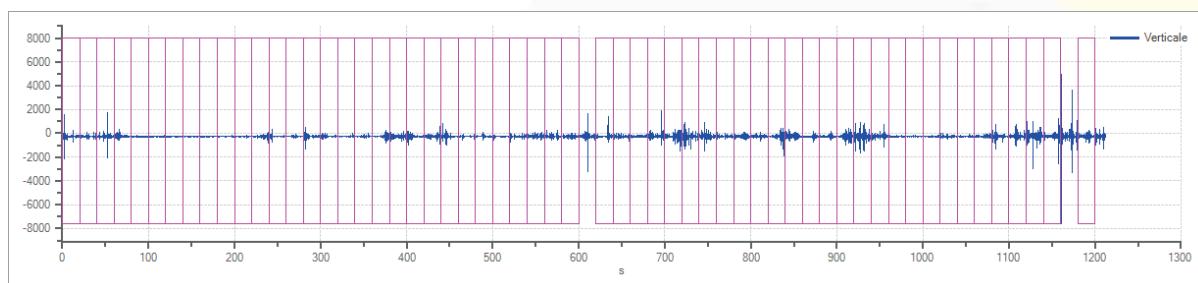


Traccia e finestre selezionate in direzione Nord-Sud

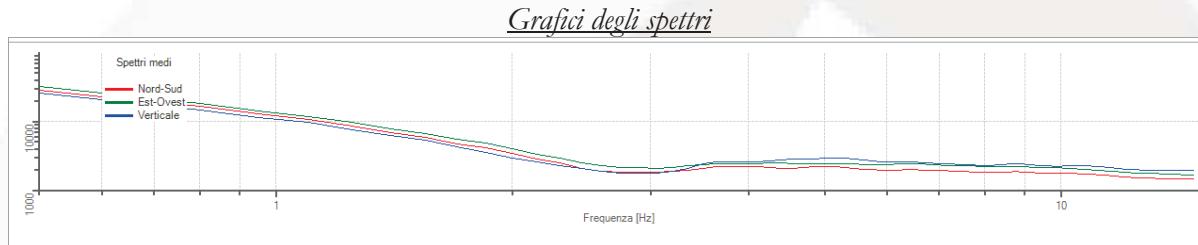


Traccia e finestre selezionate in direzione Est-Ovest

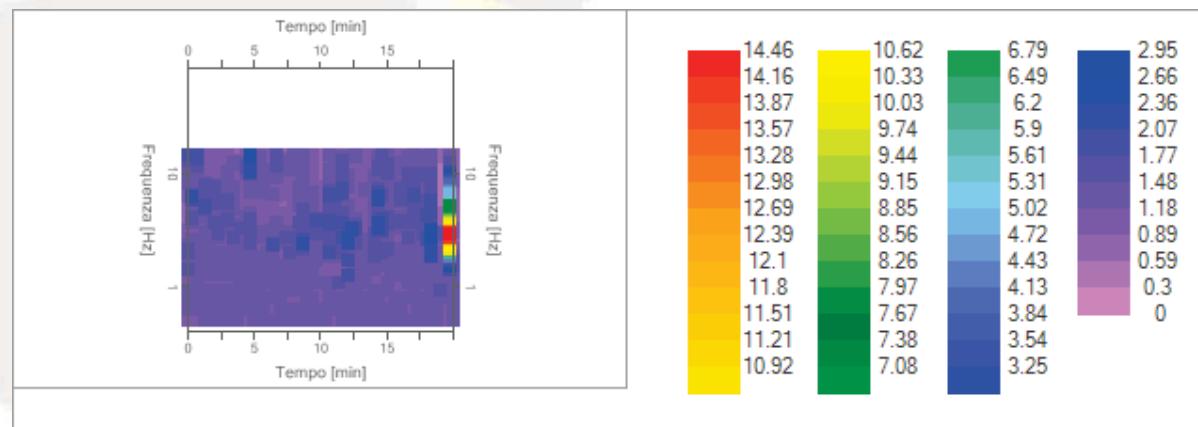




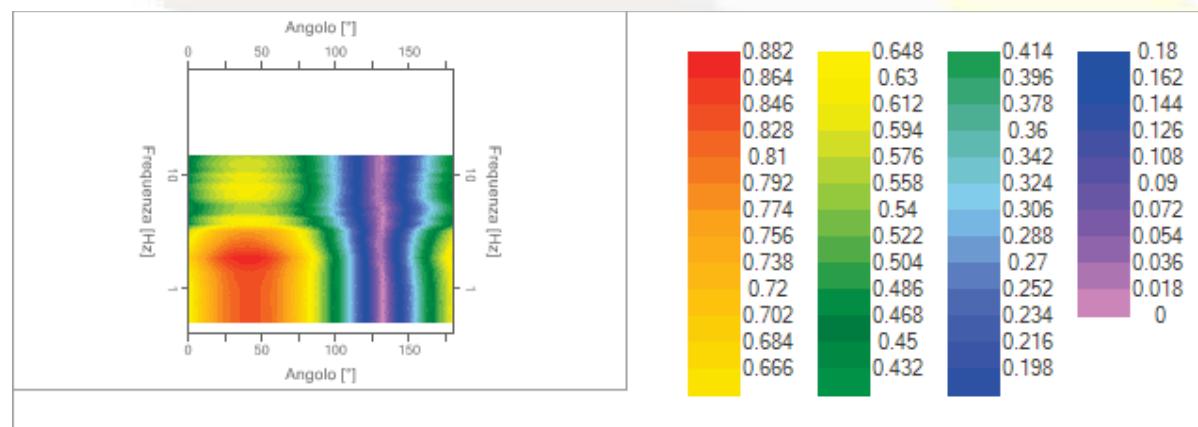
Traccia e finestre selezionate in direzione Verticale



Spettri medi nelle tre direzioni



Mappa della stazionarietà degli spettri



Mappa della direzionalità degli spettri

RAPPORTO SPETTRALE H/V

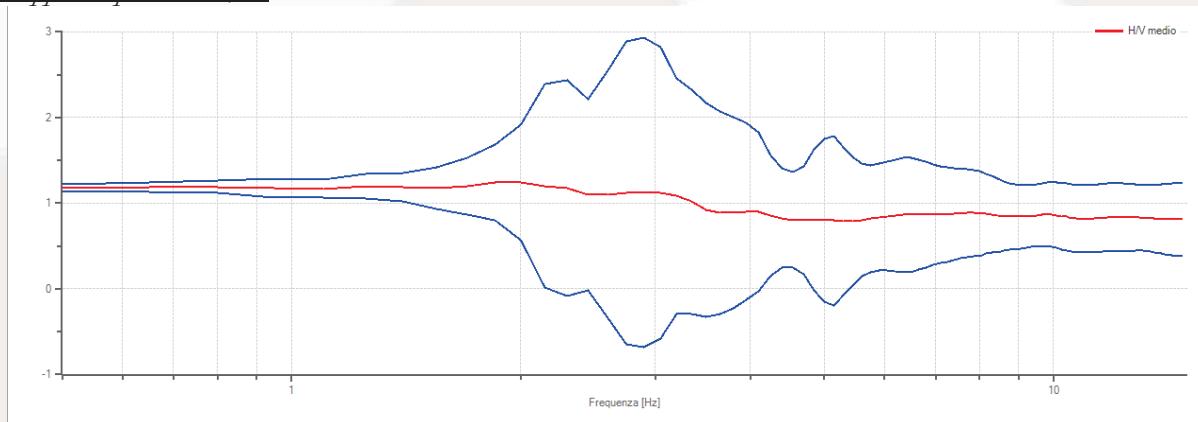
Dati riepilogativi:

Frequenza massima:	15.00 Hz
Frequenza minima:	0.50 Hz
Passo frequenze:	0.15 Hz
Tipo lisciamento::	Triangolare proporzionale
Percentuale di lisciamento:	10.00 %
Tipo di somma direzionale:	Media aritmetica

Risultati:

Frequenza del picco del rapporto H/V: 2.00 Hz ± 0.54 Hz

Grafico rapporto spettrale H/V



Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

Verifiche SESAME:

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



UBICAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE

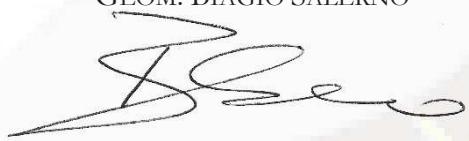


ALLEGATI

- ALLEGATO 1: CERTIFICATI LABORATORIO TERRE.

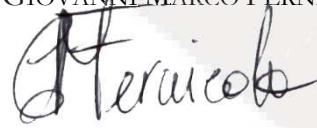
IL TECNICO ESECUTORE

GEOM. BIAGIO SALERNO



IL RESPONSABILE DEL LABORATORIO

ING. GIOVANNI MARCO FERNICOLA



ALLEGATO 1

CERTIFICATI LABORATORIO TERRE



IDENTIFICAZIONE CAMPIONE

 Norma di riferimento: - **ASTM D 2488-00**

 MC-41 Rev. 00
 del 03/01/2013

Pag. 1 di 1

Verbale di accettazione n°:	TR 283/24	Certificato n°:	2849-2024
del:	24.09.2024	Data certificato:	30.09.2024

Richiedente:	Italprove Srl p/c Geol. Giuseppe Rosa
Committente:	Arcidiocesi di S. Angelo dei L. - Conza - Nusco - Bisaccia
Cantiere:	Messa in sicurezza sismica della Torre Civica correlata alla chiesa di San Martino
Località:	Cairano (AV)
Data di prova:	24.09.2024

DATI IDENTIFICATIVI DEL CAMPIONE

Sondaggio	Campione	Profondità (m dal p.c.)	Tipo campione	Data prelievo
S1	C1	3,50 - 3,90	Indisturbato	23/09/2024

DATI GENERALI		PROVE SPEDITIVE	
Contenitore:	Fustella	Pocket penetrometer Test (MPa)	***
Diametro (cm):	9,5	Pocket vane Test (MPa)	***
Lunghezza (cm):	47,0	Classe di Qualità (AGI)	Q5
Peso netto campione estratto (N)	66,6	Colore (Tabella colori Munsell)	7,5YR Brown 4/4

DESCRIZIONE LITOLOGICA

Ghiaia eterometrica in matrice sabbiosa/limosa, di colore marrone, molto addensata.



 Tecnico sperimentatore
 Dr. Geol. M. MAGLIO

 Direttore Laboratorio
 Dr. Geol. T. MARTONE


CARATTERISTICHE FISICHE GENERALI

Norma di riferimento: UNI CEN ISO/TS 17892-1, 2, 3 - ASTM D854 - ASTM D2216

 MC-01 Rev. 01
 del 03/01/2013

Pag. 1 di 1

 Verbale di accettazione n°: **TR 283/24**
 del: **24.09.2024**

 Certificato n°: **2850-2024**
 Data certificato: **30.09.2024**

Richiedente: Italprove Srl p/c Geol. Giuseppe Rosa
Committente: Arcidiocesi di S. Angelo dei L. - Conza - Nusco - Bisaccia
Cantiere: Messa in sicurezza sismica della Torre Civica correlata alla chiesa di San Martino
Località: Cairano (AV)
Data di prova: 24.09.2024

DATI IDENTIFICATIVI DEL CAMPIONE

Sondaggio	Campione	Profondità (m dal p.c.)	Tipo campione	Data prelievo
S1	C1	3,50 - 3,90	Indisturbato	23/09/2024

RISULTATI DELLE PROVE

Grandezze indici rilevate in laboratorio

γ_n	Peso dell'unità di volume naturale	KN/m ³	20,00
γ_s	Peso specifico dei granuli	KN/m ³	26,28
w	Contenuto di acqua naturale	%	14,33

Grandezze indici derivate analiticamente

γ_d	Peso dell'unità di volume secco	KN/m ³	17,49
n	Porosità	%	33,44
e	Indice dei vuoti	---	0,50
s_r	Grado di saturazione	%	76,45
γ_{sat}	Peso dell'unità di volume saturo	KN/m ³	20,77
γ'	Peso dell'unità di volume sommerso	KN/m ³	10,97

Tecnico sperimentatore
 Dr. Geol. M. MAGLIO

Direttore Laboratorio
 Dr. Geol. F. MARTONE



ANALISI GRANULOMETRICA

Norma di riferimento: Raccomandazioni AGI - ASTM D422 - CNR 23

MC - 03 Rev. 01
del 03/01/2013

Pag. 1 di 1

Verbale di accettazione n°: **TR 283/24**
del: **24.09.2024**

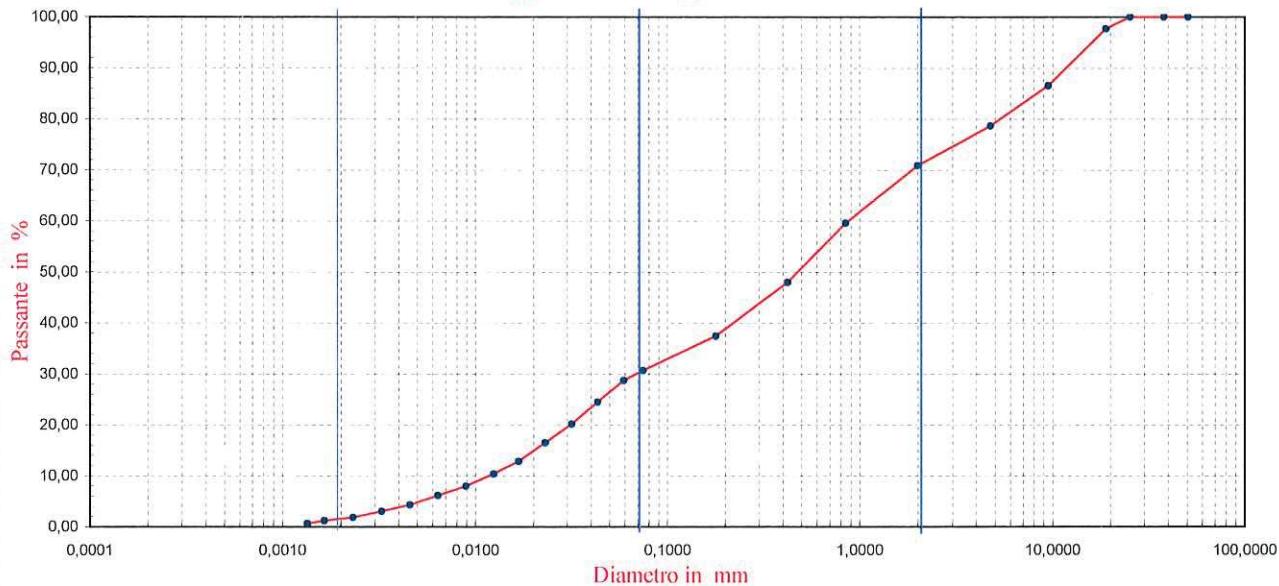
Certificato n°: **2851-2024**
Data certificato: **30.09.2024**

Richiedente: Italprove Srl p/c Geol. Giuseppe Rosa
Committente: Arcidiocesi di S. Angelo dei L. - Conza - Nusco - Bisaccia
Cantiere: Messa in sicurezza sismica della Torre Civica correlata alla chiesa di San Martino
Località: Cairano (AV)
Data di prova: 24.09.2024

DATI IDENTIFICATIVI DEL CAMPIONE

Sondaggio	Campione	Profondità (m dal p.c.)	Tipo campione	Data prelievo
S1	C1	3,50 - 3,90	Indisturbato	23/09/2024

Rappresentazione grafica



SETACCIATURA

Diametro (mm)	50,00	37,50	25,40	19,00	9,50	4,75	2,00	0,85	0,425	0,180	0,075
Passante (%)	100,00	100,00	100,00	97,65	86,51	78,63	70,80	59,52	47,89	37,32	30,58

SEDIMENTAZIONE

D. (mm)	0,0593	0,0435	0,0318	0,0231	0,0168	0,0124	0,0089	0,0064	0,0046	0,0033	0,0023	0,0016	0,0014
P. (%)	28,66	24,39	20,12	16,46	12,80	10,36	7,93	6,10	4,27	3,05	1,83	1,22	0,61

Composizione granulometrica

Ghiaia (%)	Sabbia (%)	Limo (%)	Argilla (%)	Definizione granulometrica:
29,20	42,14	26,83	1,83	Sabbia con ghiaia con limo

Tecnico sperimentatore
Dr. Geol. M. MAGLIO

Direttore del Laboratorio
Dr. Geol. F. MARTONE



PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Norma di riferimento: Raccomandazioni AGI - UNI CEN ISO/TS 17892-10
**MC - 08 Rev. 01
del 03/01/2013**
Pag. 1 di 6
Verbale di accettazione n°: TR 283/24
Certificato n°:
2852-2024
del: 24.09.2024
Data certificato:
30.09.2024
Richiedente: Italprove Srl p/c Geol. Giuseppe Rosa
Committente: Arcidiocesi di S. Angelo dei L. - Conza - Nusco - Bisaccia
Cantiere: Messa in sicurezza sismica della Torre Civica correlata alla chiesa di San Martino
Località: Cairano (AV)
Data di prova: 24.09.2024

Dati identificativi del campione

Sondaggio	Campione	Profondità (m dal p.c.)	Tipo campione	Data di prelievo
S1	C1	3,50 - 3,90	Indisturbato	23/09/2024

Tipo di prova	Consolidata drenata	
Velocità di prova	0,0122	mm/min

Caratteristiche del campione

	Sezione (cm ²)	Altezza iniziale (mm)	Peso Volume (KN/m ³)	Contenuto acqua iniziale (%)	Contenuto acqua finale (%)
Provino 1	36,00	23,00	19,89	14,39	17,88
Provino 2	36,00	23,00	19,99	14,28	16,63
Provino 3	36,00	23,00	20,12	14,46	15,09

Fase di consolidazione

	Tempo (ore)	Carico applicato (KPa)	Cedimento (mm)
Provino 1	24	50	0,48
Provino 2	24	100	0,82
Provino 3	24	150	1,37

ATTREZZATURA UTILIZZATA: Matest S/N S277-01/ZI/0011
N.B.: I provini sono stati realizzati escludendo la frazione ghiaiosa avente diametro superiore ad 1 cm
**Tecnico sperimentatore
Dr. Geol. M. MAGLIO**
**Direttore Laboratorio
Dr. Geol. F. MARTONE**

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Norma di riferimento: Raccomandazioni AGI - UNI CEN ISO/TS 17892-10

MC - 08 Rev. 01
del 03/01/2013

Pag. 2 di 6

Verbale di accettazione n°: TR 283/24

Certificato n°: 2852-2024

24/09/2024

Data certificate: 30.09.2024

Richiedente: Italprove Srl p/c Geol. Giuseppe Rosa

Committente: Arcidiocesi di S. Angelo dei Lombardi - Conza - Nusco - Bisaccia

Cantiere: Messa in sicurezza sismica della Torre Civica correlata alla chiesa di San Martino.

Località: Cairano (AV)

Data di prova: 24.09.2024

1. *What is the primary purpose of the study?*

Dati identificativi del campione				
Sondaggio	Campione	Profondità (m dal p.c.)	Tipo campione	Data di prelievo
S1	C1	3,50 - 3,90	Indisturbato	23/09/2024

Dati relativi al provino 1

Pressione a rottura	37,2	(KPa)
Deformazione a rottura	2,93	(mm)

Technico sperimentatore
Dr. Geol. M. MAGLIO

Direttore Laboratorio
Dr. Geol. F. MARTONE

Sede Legale ed Operativa: Via Assunta n°47 fraz. Falciano - CASERTA
C.F./P.IVA e numero di iscrizione R.I. CE: 03794560619 R.E.A. CE 273059
Tel/Fax 0823.341739 - e-mail info@soiltestsrl.it - p.e.c. info@pec.soiltestsrl.it



PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Norma di riferimento: Raccomandazioni AGI - UNI CEN ISO/TS 17892-10

 MC - 08 Rev. 01
 del 03/01/2013

Pag. 3 di 6

Verbale di accettazione n°: TR 283/24

Certificato n°: 2852-2024

del: 24.09.2024

Data certificato: 30.09.2024

Richiedente: Italprove Srl p/c Geol. Giuseppe Rosa

Committente: Arcidiocesi di S. Angelo dei L. - Conza - Nusco - Bisaccia

Cantiere: Messa in sicurezza sismica della Torre Civica correlata alla chiesa di San Martino

Località: Cairano (AV)

Data di prova: 24.09.2024

Dati identificativi del campione

Sondaggio	Campione	Profondità (m dal p.c.)	Tipo campione	Data di prelievo
S1	C1	3,50 - 3,90	Indisturbato	23/09/2024

Dati relativi al provino 2

σ_v	100 KPa														
	dt	Sh	Sv	F	τ	dt	Sh	Sv	F	τ	dt	Sh	Sv	F	τ
min	mm	mm	KN	KPa	min	mm	mm	KN	KPa	min	mm	mm	KN	KPa	
0	0,00	0,000	0,000	0,0											
20	0,24	0,023	0,044	12,2											
40	0,49	0,043	0,084	23,3											
60	0,73	0,060	0,130	36,0											
80	0,98	0,077	0,160	44,4											
100	1,22	0,091	0,183	50,7											
120	1,46	0,104	0,204	56,8											
140	1,71	0,120	0,222	61,6											
160	1,95	0,136	0,238	66,0											
180	2,20	0,148	0,249	69,1											
200	2,44	0,164	0,256	71,2											
220	2,68	0,179	0,263	73,1											
240	2,93	0,191	0,267	74,3											
260	3,17	0,204	0,271	75,2											
280	3,42	0,217	0,263	73,1											
300	3,66	0,228	0,253	70,3											
320	3,90	0,239	0,237	65,8											
340	4,15	0,248	0,219	60,9											
360	4,39	0,258	0,204	56,6											
380	4,64	0,268	0,188	52,2											
400	4,88	0,276	0,176	48,8											
420	5,12	0,283	0,167	46,3											

Pressione a rottura	75,2	(KPa)
Deformazione a rottura	3,17	(mm)

 Tecnico sperimentatore
 Dr. Geol. M. MAGLIO

 Direttore Laboratorio
 Dr. Geol. E. MARTONE


PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Norma di riferimento: Raccomandazioni AGI - UNI CEN ISO/TS 17892-10

MC - 08 Rev. 01
del 03/01/2013

Pag. 4 di 6

Verbale di accettazione n°: TR 283/24

Certificato n°: 2852-2024

del: 24.09.2024

Data certificato: 30.09.2024

Richiedente: Italprove Srl p/c Geol. Giuseppe Rosa

Committente: Arcidiocesi di S. Angelo dei L. - Conza - Nusco - Bisaccia

Cantiere: Messa in sicurezza sismica della Torre Civica correlata alla chiesa di San Martino

Località: Cajano (AV)

Data di prova: 24.09.2024

Dati identificativi del campione				
Sondaggio	Campione	Profondità (m dal p.c.)	Tipo campione	Data di prelievo
S1	C1	3,50 - 3,90	Indisturbato	23/09/2024

Dati relativi al provino 3

Pressione a rottura	105,7	(KPa)
Deformazione a rottura	3,17	(mm)

Teenico sperimentatore
Dr. Geol. M. MAGLIO

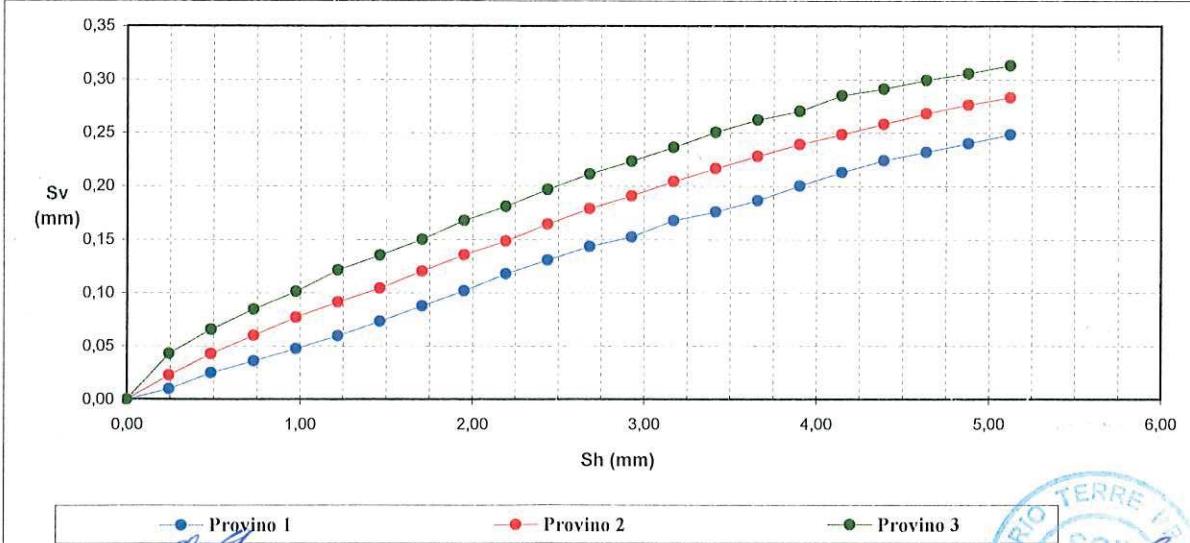
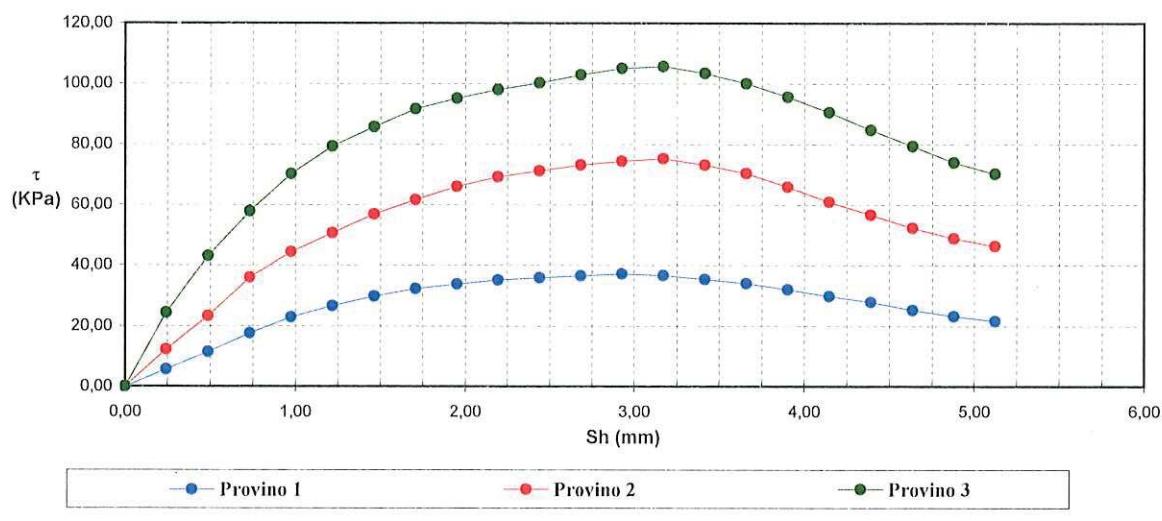
Direttore Laboratorio
Dr. Geol. F. MARTONE

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Norma di riferimento: Raccomandazioni AGI - UNI CEN ISO/TS 17892-10
**MC - 08 Rev. 01
del 03/01/2013**
Pag. 5 di 6
Verbale di accettazione n°: TR 283/24
Certificato n°: 2852-2024
del: 24.09.2024
Data certificato: 30.09.2024
Richiedente: Italprove Srl p/c Geol. Giuseppe Rosa
Committente: Arcidiocesi di S. Angelo dei L. - Conza - Nusco - Bisaccia
Cantiere: Messa in sicurezza sismica della Torre Civica correlata alla chiesa di San Martino
Località: Cairano (AV)
Data di prova: 24.09.2024

Dati identificativi del campione

Sondaggio	Campione	Profondità (m dal p.c.)	Tipo campione	Data di prelievo
S1	C1	3,50 - 3,90	Indisturbato	23/09/2024


**Tecnico sperimentatore
Dr. Geol. M. MAGLIO**
**Direttore Laboratorio
Dr. Geol. F. MARTONE**

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Norma di riferimento: Raccomandazioni AGI - UNI CEN ISO/TS 17892-10

 MC - 08 Rev. 01
 del 03/01/2013

Pag. 6 di 6

 Verbale di accettazione n°: TR 283/24
 del: 24.09.2024

 Certificato n°: 2852-2024
 Data certificato: 30.09.2024

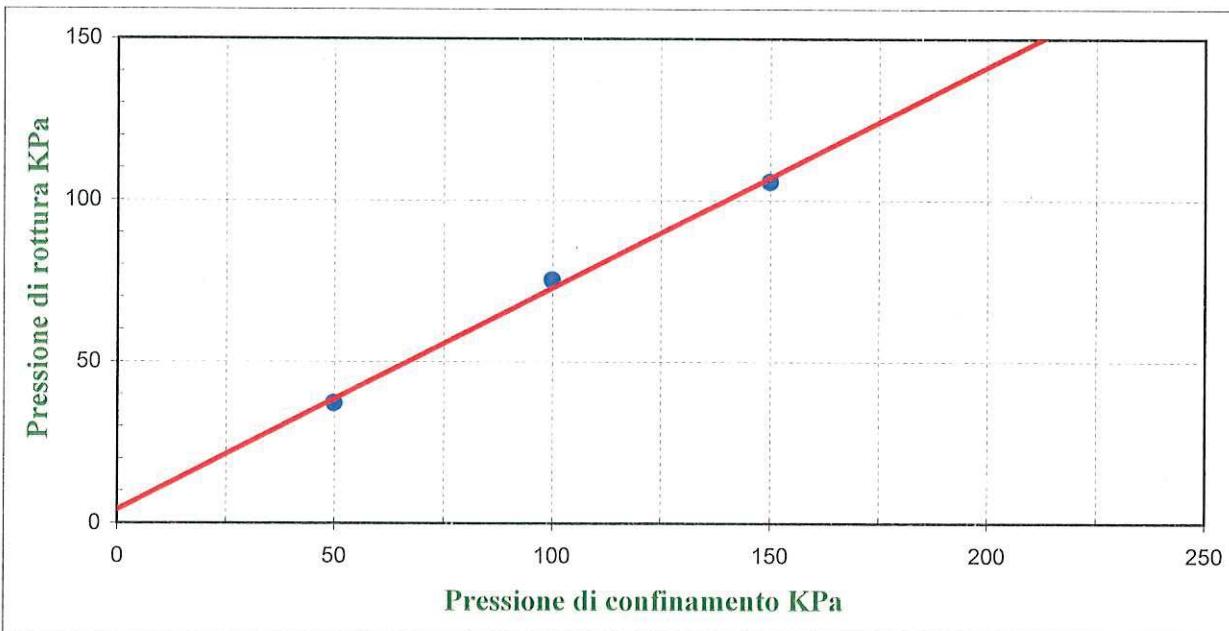
Richiedente: Italprove Srl p/c Geol. Giuseppe Rosa
 Committente: Arcidiocesi di S. Angelo dei L. - Conza - Nusco - Bisaccia
 Cantiere: Messa in sicurezza sismica della Torre Civica correlata alla chiesa di San Martino
 Località: Cairano (AV)
 Data di prova: 24.09.2024

Dati identificativi del campione

Sondaggio	Campione	Profondità (m dal p.c.)	Tipo campione	Data di prelievo
S1	C1	3,50 - 3,90	Indisturbato	23/09/2024

Parametri meccanici a rottura

	Press. di consolidazione (KPa)	Press. di rottura (KPa)	Def. a rottura (mm)
Provino 1	50,00	37,20	2,93
Provino 2	100,00	75,20	3,17
Provino 3	150,00	105,70	3,17



Risultati sperimentali

Angolo di attrito	34,41	Gradi
Coesione	4,20	KPa

 Tecnico sperimentatore
 Dr. Geol. M. MAGLIO

 Direttore Laboratorio
 Dr. Geol. F. MARTONE



IDENTIFICAZIONE CAMPIONE

Norma di riferimento: - ASTM D 2488-00
**MC-41 Rev. 00
del 03/01/2013**
Pag. 1 di 1

Verbale di accettazione n°: **TR 283/24** Certificato n°: **2853-2024**
del: **24.09.2024** Data certificato: **30.09.2024**

Richiedente: Italprove Srl p/c Geol. Giuseppe Rosa
Committente: Arcidiocesi di S. Angelo dei L. - Conza - Nusco - Bisaccia
Cantiere: Messa in sicurezza sismica della Torre Civica correlata alla chiesa di San Martino
Località: Cairano (AV)
Data di prova: 25.09.2024

DATI IDENTIFICATIVI DEL CAMPIONE

Sondaggio	Campione	Profondità (m dal p.e.)	Tipo campione	Data prelievo
S2	CTORRE	0,00 - 0,40	Indisturbato	10/07/2024

DATI GENERALI		PROVE SPEDITIVE	
Contenitore:	Fustella	Pocket penetrometer Test (MPa)	***
Diametro (cm):	9,5	Pocket vane Test (MPa)	***
Lunghezza (cm):	47,0	Classe di Qualità (AGI)	Q5
Peso netto campione estratto (N)	67,7	Colore (Tabella colori Munsell)	10YR Dark Yellowish Brown 4/6

DESCRIZIONE LITOLOGICA

Ghiaia eterometrica in matrice sabbiosa/limosa, di colore marrone, molto addensata.
[N.B.: Campione prelevato mediante carotaggio alla base del campanile]

Tecnico sperimentatore
Dr. Geol. M. MAGLIO

Direttore Laboratorio
Dr. Geol. F. MARTONE



CARATTERISTICHE FISICHE GENERALI

Norma di riferimento: UNI CEN ISO/TS 17892-1, 2, 3 - ASTM D854 - ASTM D2216

 MC-01 Rev. 01
 del 03/01/2013

Pag. 1 di 1

 Verbale di accettazione n°: TR 283/24
 del: 24.09.2024

 Certificato n°: 2854-2024
 Data certificato: 30.09.2024

Richiedente: Italprove Srl p/c Geol. Giuseppe Rosa
Committente: Arcidiocesi di S. Angelo dei L. - Conza - Nusco - Bisaccia
Cantiere: Messa in sicurezza sismica della Torre Civica correlata alla chiesa di San Martino
Località: Cairano (AV)
Data di prova: 25.09.2024

DATI IDENTIFICATIVI DEL CAMPIONE

Sondaggio	Campione	Profondità (m dal p.c.)	Tipo campione	Data prelievo
S2	CTORRE	0,00 - 0,40	Indisturbato	10/07/2024

RISULTATI DELLE PROVE

Grandezze indici rilevate in laboratorio

γ_u	Peso dell'unità di volume naturale	KN/m ³	20,34
γ_s	Peso specifico dei granuli	KN/m ³	26,16
w	Contenuto di acqua naturale	%	11,18

Grandezze indici derivate analiticamente

γ_d	Peso dell'unità di volume secco	KN/m ³	18,29
n	Porosità	%	30,07
e	Indice dei vuoti	----	0,43
s_r	Grado di saturazione	%	69,34
γ_{sat}	Peso dell'unità di volume saturo	KN/m ³	21,24
γ'	Peso dell'unità di volume sommerso	KN/m ³	11,44

 Tecnico sperimentatore
 Dr. Geol. M. MAGLIO

 Direttore Laboratorio
 Dr. Geol. F. MARTONE



ANALISI GRANULOMETRICA

Norma di riferimento: Raccomandazioni AGI - ASTM D422 - CNR 23

 MC - 03 Rev. 01
 del 03/01/2013

Pag. 1 di 1

 Verbale di accettazione n°: **TR 283/24**
 del: **24.09.2024**

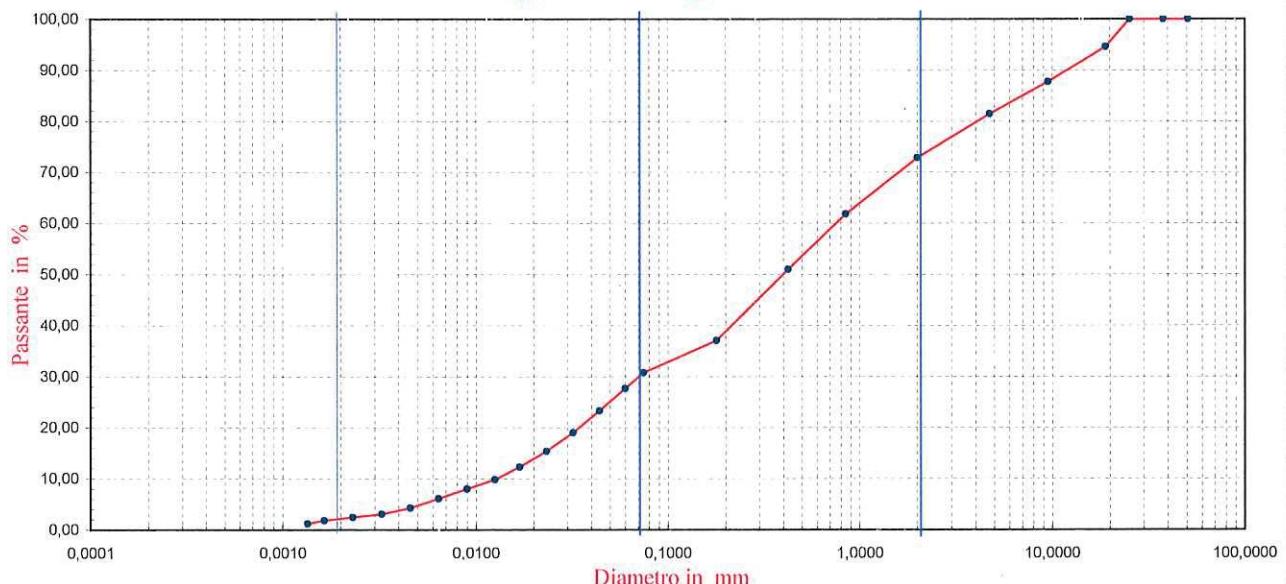
 Certificato n°: **2855-2024**
 Data certificato: **30.09.2024**

Richiedente: Italprove Srl p/c Geol. Giuseppe Rosa
Committente: Arcidiocesi di S. Angelo dei L. - Conza - Nusco - Bisaccia
Cantiere: Messa in sicurezza sismica della Torre Civica correlata alla chiesa di San Martino
Località: Cairano (AV)
Data di prova: 25.09.2024

DATI IDENTIFICATIVI DEL CAMPIONE

Sondaggio	Campione	Profondità (m dal p.c.)	Tipo campione	Data prelievo
S2	CTORRE	0,00 - 0,40	Indisturbato	10/07/2024

Rappresentazione grafica



SETACCIATURA

Diametro (mm)	50,00	37,50	25,40	19,00	9,50	4,75	2,00	0,85	0,425	0,180	0,075
Passante (%)	100,00	100,00	100,00	94,61	87,70	81,42	72,80	61,78	50,95	37,01	30,70

SEDIMENTAZIONE

D. (mm)	0,0601	0,0441	0,0322	0,0234	0,0169	0,0125	0,0090	0,0064	0,0046	0,0033	0,0023	0,0016	0,0014
P. (%)	27,63	23,33	19,03	15,35	12,28	9,82	7,98	6,14	4,30	3,07	2,46	1,84	1,23

Composizione granulometrica

Ghiaia (%)	Sabbia (%)	Limo (%)	Argilla (%)	Definizione granulometrica:
27,20	45,18	25,17	2,46	Sabbia con ghiaia con limo

 Tecnico sperimentatore
 Dr. Geol. M. MAGLIO

 Direttore del Laboratorio
 Dr. Geol. F. MARTONE



PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Norma di riferimento: Raccomandazioni AGI - UNI CEN ISO/TS 17892-10

**MC - 08 Rev. 01
del 03/01/2013**

Pag. 1 di 6

Verbale di accettazione n°: TR 283/24

Certificato n°:

2856-2024

del: 24.09.2024

Data certificato:

30.09.2024

Richiedente: Italprove Srl p/c Geol. Giuseppe Rosa

Committente: Arcidiocesi di S. Angelo dei L. - Conza - Nusco - Bisaccia

Cantiere: Messa in sicurezza sismica della Torre Civica correlata alla chiesa di San Martino

Località: Cairano (AV)

Data di prova: 25.09.2024

Dati identificativi del campione

Sondaggio	Campione	Profondità (m dal p.c.)	Tipo campione	Data di prelievo
S2	CTORRE	0,00 - 0,40	Indisturbato	10/07/2024

Tipo di prova	Consolidata drenata	
Velocità di prova	0,0135	mm/min

Caratteristiche del campione

	Sezione (cm ²)	Altezza iniziale (mm)	Peso Volume (KN/m ³)	Contenuto acqua iniziale (%)	Contenuto acqua finale (%)
Provino 1	36,00	23,00	20,15	10,81	15,01
Provino 2	36,00	23,00	20,37	11,55	13,58
Provino 3	36,00	23,00	20,49	12,16	12,20

Fase di consolidazione

	Tempo (ore)	Carico applicato (KPa)	Cedimento (mm)
Provino 1	24	50	0,59
Provino 2	24	100	1,12
Provino 3	24	150	1,70

ATTREZZATURA UTILIZZATA: Matest S/N S277-01/ZI/0011

N.B.: I provini sono stati realizzati escludendo la frazione ghiaiosa avente diametro superiore ad 1 cm

Tecnico sperimentatore
Dr. Geol. M. MAGLIO

Direttore / Laboratorio
Dr. Geol. F. MARTONE



PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Norma di riferimento: Raccomandazioni AGI - UNI CEN ISO/TS 17892-10

 MC - 08 Rev. 01
 del 03/01/2013

Pag. 2 di 6

Verbale di accettazione n°: TR 283/24

Certificato n°: 2856-2024

del: 24.09.2024

Data certificato: 30.09.2024

Richiedente: Italprove Srl p/c Geol. Giuseppe Rosa

Committente: Arcidiocesi di S. Angelo dei L. - Conza - Nusco - Bisaccia

Cantiere: Messa in sicurezza sismica della Torre Civica correlata alla chiesa di San Martino

Località: Cairano (AV)

Data di prova: 25.09.2024

Dati identificativi del campione

Sondaggio	Campione	Profondità (m dal p.c.)	Tipo campione	Data di prelievo
S2	C TORRE	0,00 - 0,40	Indisturbato	10/07/2024

Dati relativi al provino 1

σ_v	50		KPa		dt min	Sh mm	Sv mm	F KN	τ KPa	dt min	Sh mm	Sv mm	F KN	τ KPa	
	dt min	Sh mm	Sv mm	F KN											
0	0,00	0,000	0,000	0,0											
15	0,20	0,010	0,021	5,8											
30	0,41	0,022	0,041	11,5											
45	0,61	0,033	0,059	16,5											
60	0,81	0,043	0,077	21,3											
75	1,01	0,051	0,089	24,7											
90	1,22	0,062	0,097	27,0											
105	1,42	0,071	0,103	28,7											
120	1,62	0,082	0,108	30,0											
135	1,82	0,096	0,111	30,9											
150	2,03	0,109	0,114	31,6											
165	2,23	0,121	0,116	32,3											
180	2,43	0,132	0,119	33,1											
195	2,63	0,145	0,120	33,4											
210	2,84	0,160	0,121	33,7											
225	3,04	0,174	0,119	33,0											
240	3,24	0,185	0,116	32,2											
255	3,44	0,195	0,111	30,9											
270	3,65	0,207	0,104	28,8											
285	3,85	0,216	0,094	26,1											
300	4,05	0,222	0,082	22,7											
315	4,25	0,228	0,073	20,3											
330	4,46	0,234	0,063	17,4											
345	4,66	0,241	0,054	14,9											
360	4,86	0,247	0,046	12,7											
375	5,06	0,253	0,039	10,8											

Pressione a rottura	33,7	(KPa)
Deformazione a rottura	2,84	(mm)

 Tecnico sperimentatore
 Dr. Geol. M. MAGLIO

 Direttore Laboratorio
 Dr. Geol. F. MARTONE



PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Norma di riferimento: Raccomandazioni AGI - UNI CEN ISO/TS 17892-10

**MC - 08 Rev. 01
del 03/01/2013**

Pag. 3 di 6

Verbale di accettazione n°: TR 283/24

Certificato n°: 2856-2024

del: 24.09.2024

Data certificato: 30.09.2024

Richiedente: Italprove Srl p/c Geol. Giuseppe Rosa

Committente: Arcidiocesi di S. Angelo dei L. - Conza - Nusco - Bisaccia

Cantiere: Messa in sicurezza sismica della Torre Civica correlata alla chiesa di San Martino

Località: Cairano (AV)

Data di prova: 25.09.2024

Dati identificativi del campione

Sondaggio	Campione	Profondità (m dal p.c.)	Tipo campione	Data di prelievo
S2	C TORRE	0,00 - 0,40	Indisturbato	10/07/2024

Dati relativi al provino 2

σ_v	100	KPa	dt	Sh	Sv	F	τ	dt	Sh	Sv	F	τ
min	mm	mm	min	mm	mm	KN	KPa	min	mm	mm	KN	KPa
0	0,00	0,000	0,000	0,0								
15	0,20	0,023	0,044	12,2								
30	0,41	0,043	0,077	21,3								
45	0,61	0,060	0,118	32,7								
60	0,81	0,077	0,147	40,7								
75	1,01	0,091	0,168	46,8								
90	1,22	0,104	0,187	52,0								
105	1,42	0,120	0,201	55,9								
120	1,62	0,136	0,214	59,5								
135	1,82	0,148	0,223	62,0								
150	2,03	0,164	0,229	63,6								
165	2,23	0,179	0,235	65,2								
180	2,43	0,191	0,240	66,6								
195	2,63	0,204	0,242	67,1								
210	2,84	0,217	0,244	67,7								
225	3,04	0,228	0,246	68,4								
240	3,24	0,239	0,248	68,8								
255	3,44	0,248	0,242	67,1								
270	3,65	0,258	0,231	64,1								
285	3,85	0,268	0,210	58,4								
300	4,05	0,276	0,186	51,8								
315	4,25	0,283	0,167	46,3								
330	4,46	0,291	0,140	38,8								
345	4,66	0,298	0,120	33,2								
360	4,86	0,306	0,105	29,3								
375	5,06	0,313	0,091	25,2								

Pressione a rottura	68,8	(KPa)
Deformazione a rottura	3,17	(mm)

**Tecnico sperimentatore
Dr. Geol. M. MAGLIO**

**Direttore Laboratorio
Dr. Geol. F. MARTONE**



PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Norma di riferimento: Raccomandazioni AGI - UNI CEN ISO/TS 17892-10

 MC - 08 Rev. 01
 del 03/01/2013

Pag. 4 di 6

Verbale di accettazione n°: TR 283/24

Certificato n°: 2856-2024

del: 24.09.2024

Data certificato: 30.09.2024

Richiedente: Italprove Srl p/c Geol. Giuseppe Rosa

Committente: Arcidiocesi di S. Angelo dei L. - Conza - Nusco - Bisaccia

Cantiere: Messa in sicurezza sismica della Torre Civica correlata alla chiesa di San Martino

Località: Cairano (AV)

Data di prova: 25.09.2024

Dati identificativi del campione

Sondaggio	Campione	Profondità (m dal p.c.)	Tipo campione	Data di prelievo
S2	C TORRE	0,00 - 0,40	Indisturbato	10/07/2024

Dati relativi al provino 3

σ_v 150 KPa					σ_v 150 KPa					σ_v 150 KPa				
dt	Sh	Sv	F	τ	dt	Sh	Sv	F	τ	dt	Sh	Sv	F	τ
min	mm	mm	KN	KPa	min	mm	mm	KN	KPa	min	mm	mm	KN	KPa
0	0,00	0,000	0,000	0,0										
15	0,20	0,056	0,079	22,0										
30	0,41	0,077	0,131	36,4										
45	0,61	0,096	0,186	51,7										
60	0,81	0,113	0,221	61,3										
75	1,01	0,129	0,248	68,8										
90	1,22	0,149	0,265	73,7										
105	1,42	0,169	0,287	79,6										
120	1,62	0,182	0,301	83,6										
135	1,82	0,197	0,312	86,8										
150	2,03	0,211	0,320	88,9										
165	2,23	0,226	0,327	90,8										
180	2,43	0,237	0,334	92,7										
195	2,63	0,247	0,338	94,0										
210	2,84	0,258	0,343	95,4										
225	3,04	0,269	0,347	96,4										
240	3,24	0,279	0,349	96,9										
255	3,44	0,293	0,343	95,4										
270	3,65	0,301	0,338	94,0										
285	3,85	0,311	0,328	91,1										
300	4,05	0,319	0,311	86,3										
315	4,25	0,328	0,279	77,4										
330	4,46	0,335	0,241	67,0										
345	4,66	0,344	0,209	58,1										
360	4,86	0,351	0,182	50,6										
375	5,06	0,357	0,164	45,5										

Pressione a rottura	96,9	(KPa)
Deformazione a rottura	3,24	(mm)

 Tecnico sperimentatore
 Dr. Geol. M. MAGNO

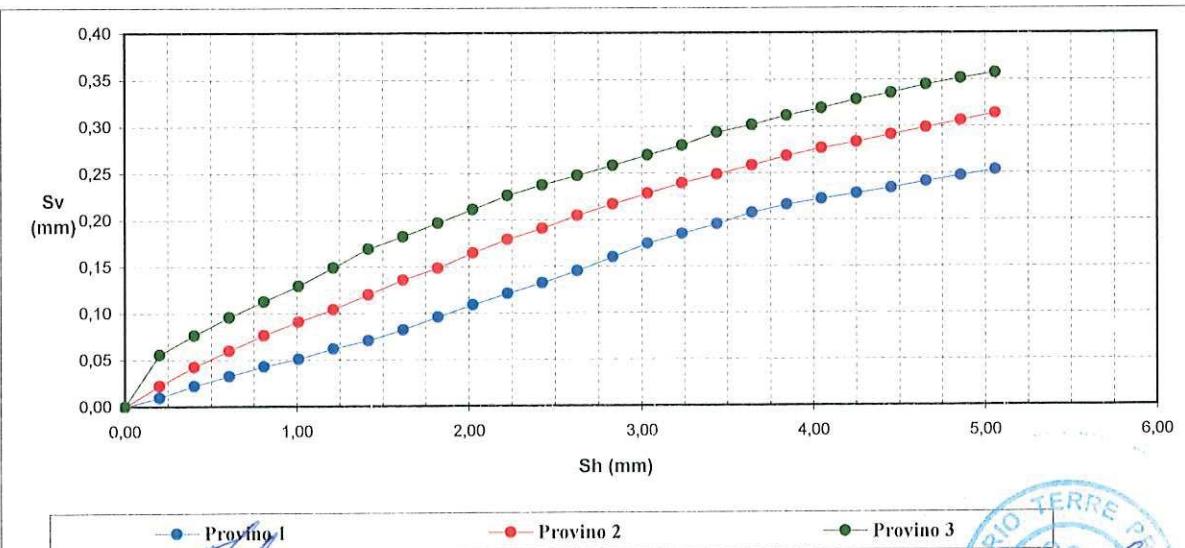
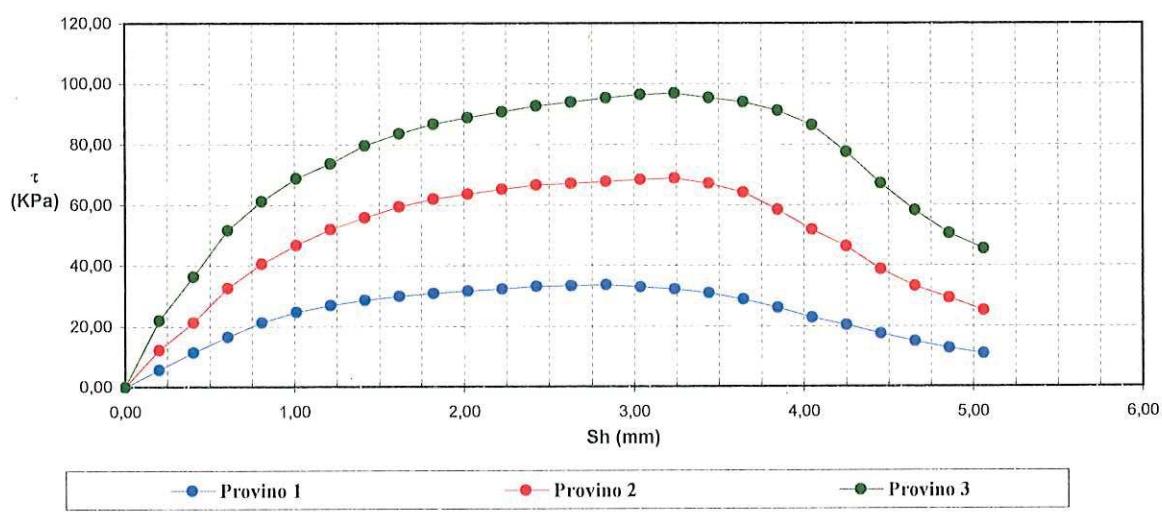
 Direttore Laboratorio
 Dr. Geol. F. MARTONE

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Norma di riferimento: Raccomandazioni AGI - UNI CEN ISO/TS 17892-10
**MC - 08 Rev. 01
del 03/01/2013**
Pag. 5 di 6
Verbale di accettazione n°: TR 283/24
Certificato n°: 2856-2024
del: 24.09.2024
Data certificato: 30.09.2024
Richiedente: Italprove Srl p/c Geol. Giuseppe Rosa
Committente: Arcidiocesi di S. Angelo dei L. - Conza - Nusco - Bisaccia
Cantiere: Messa in sicurezza sismica della Torre Civica correlata alla chiesa di San Martino
Località: Cairano (AV)
Data di prova: 25.09.2024

Dati identificativi del campione

Sondaggio	Campione	Profondità (m dal p.c.)	Tipo campione	Data di prelievo
S2	C TORRE	0,00 - 0,40	Indisturbato	10/07/2024


**Tecnico sperimentatore
Dr. Geol. M. MAGLIO**
**Direttore Laboratorio
Dr. Geol. F. MARTONE**



PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Norma di riferimento: Raccomandazioni AGI - UNI CEN ISO/TS 17892-10

 MC - 08 Rev. 01
 del 03/01/2013

Pag. 6 di 6

 Verbale di accettazione n°: TR 283/24
 del: 24.09.2024

 Certificato n°: 2856-2024
 Data certificato: 30.09.2024

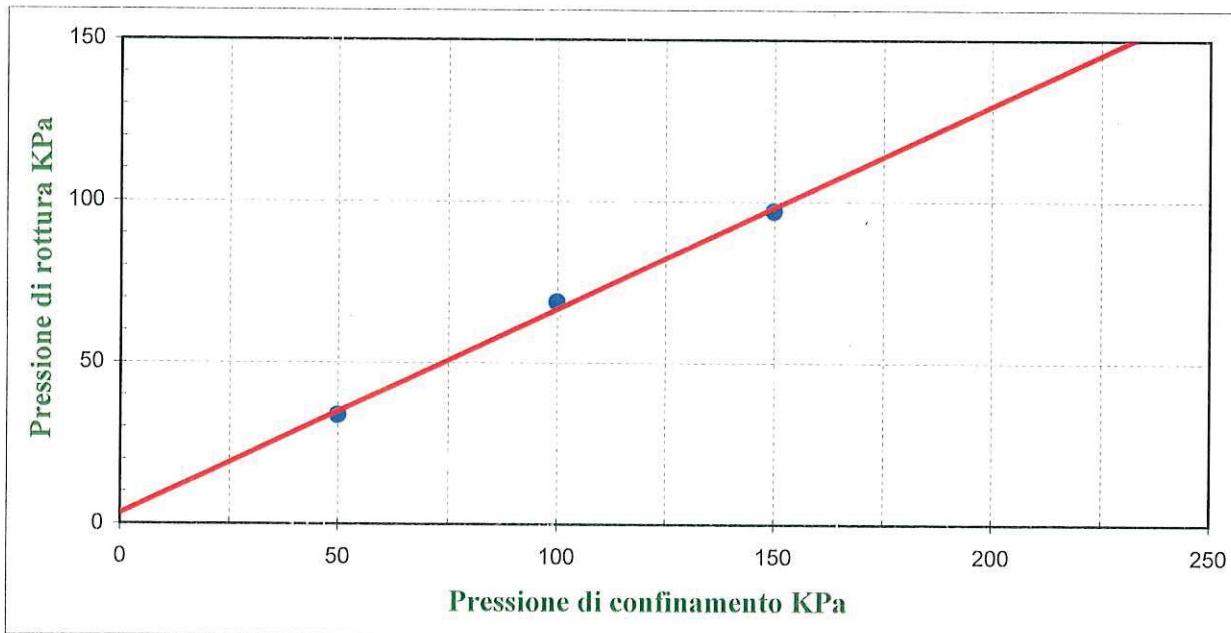
Richiedente: Italprove Srl p/c Geol. Giuseppe Rosa
Committente: Arcidiocesi di S. Angelo dei L. - Conza - Nusco - Bisaccia
Cantiere: Messa in sicurezza sismica della Torre Civica correlata alla chiesa di San Martino
Località: Cairano (AV)
Data di prova: 25.09.2024

Dati identificativi del campione

Sondaggio	Campione	Profondità (m dal p.c.)	Tipo campione	Data di prelievo
S2	CTORRE	0,00 - 0,40	Indisturbato	10/07/2024

Parametri meccanici a rottura

	Press. di consolidazione (KPa)	Press. di rottura (KPa)	Def. a rottura (mm)
Provino 1	50,00	33,70	2,84
Provino 2	100,00	68,80	3,17
Provino 3	150,00	96,90	3,24



Risultati sperimentali

Angolo di attrito	32,29	Gradi
Coesione	3,27	KPa

Tecnico sperimentatore
 Dr. Geol. M. MAGLIO

Direttore Laboratorio
 Dr. Geol. F. MARTONE



PROVA EDOMETRICA

Norma di riferimento: Raccomandazioni AGI - UNI CEN ISO/TS 17892-5

 MC - 07 Rev. 01
 del 03/01/2013

Pag. 1 di 4

 Verbale di accettazione n°: TR 283/24 Certificato n°: 2882-2024
 del: 24.09.2024 Data certificato: 09.10.2024

Richiedente: Italprove Srl p/c Geol. Giuseppe Rosa
Committente: Arcidiocesi di S. Angelo dei L. - Conza - Nusco - Bisaccia
Cantiere: Messa in sicurezza sismica della Torre Civica correlata alla chiesa di San Martino
Località: Cairano (AV)
Data di prova: 24.09.2024

Dati identificativi del campione				
Sondaggio	Campione	Profondità (m da pc)	Tipo campione	Data di prelievo
S1	C1	3,50-3,90	indisturbato	23.09.2024

Carico (kPa)	Deformazione (mm)	Deformazione (%)	Indice dei vuoti ---	Modulo edometrico (MPa)	Cv (cm ² /s)	C α (%)	K (m/s)
0	0,000	0,00	0,50				
25	0,081	0,41	0,50	6,17			
50	0,121	0,61	0,49	12,50			
100	0,168	0,84	0,49	21,28			
200	0,229	1,15	0,49	32,79			
400	0,318	1,59	0,48	44,94			
800	0,473	2,37	0,47	51,61			
1600	0,733	3,67	0,45	61,54			
3200	1,171	5,86	0,41	73,06			
1600	1,155	5,78	0,42				
400	1,115	5,58	0,42				
100	1,000	5,00	0,43				
25	0,855	4,28	0,44				

CARATTERISTICHE DEL CAMPIONE		
Indice dei vuoti iniziale	0,50	
Peso dell'unità di volume	20,00	KN/m ³
Altezza campione	20,00	mm
Diametro campione	50,47	mm
Sezione campione	20,00	cmq
Contenuto acqua iniziale	14,33	%
Contenuto acqua finale	16,16	%

Attrezzatura utilizzata: MATEST Scatola CHI S/N S260/AD/0008 comp. N. 2949

Tecnico sperimentatore

Dr Geol. Mario Maglio

Cv = Coefficiente di consolidazione primaria

 C α = Coefficiente di consolidazione secondaria

K = Coefficiente di permeabilità

 Direttore Laboratorio
 Dr Geol. Francesco Martone




PROVA EDOMETRICA

Norma di riferimento: Raccomandazioni AGI - UNI CEN ISO/TS 17892-5

 MC - 07 Rev. 01
 del 03/01/2013

Pag. 2 di 4

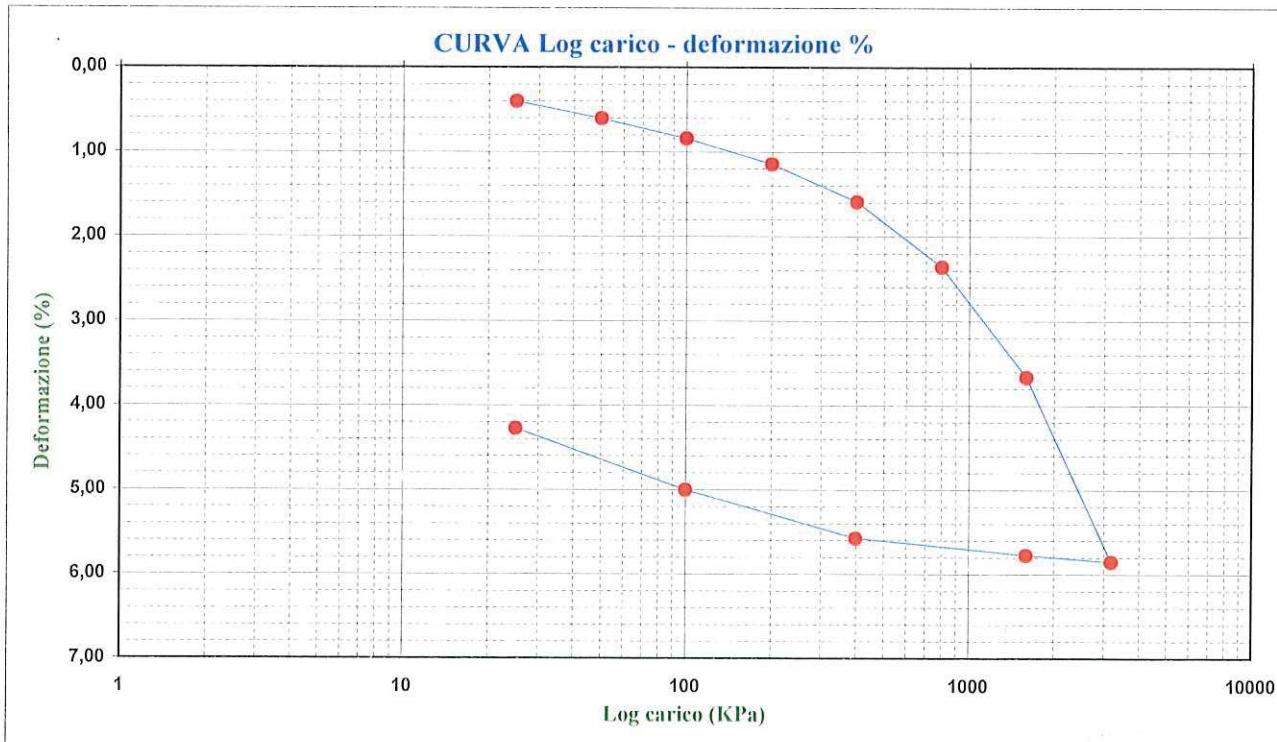
Verbale di accettazione n°: TR 283/24
 del: 24.09.2024

Certificato n°: 2882-2024
 Data certificato: 09.10.2024

Richiedente: Italprove Srl p/c Geol. Giuseppe Rosa
 Committente: Arcidiocesi di S. Angelo dei L. - Conza - Nusco - Bisaccia
 Cantiere: Messa in sicurezza sismica della Torre Civica correlata alla chiesa di San Martino
 Località: Cairano (AV)
 Data di prova: 24.09.2024

Dati identificativi del campione

Sondaggio	Campione	Profondità (m da pc)	Tipo campione	Data di prelievo
S1	C1	3,50-3,90	indisturbato	23.09.2024



Tecnico sperimentatore
 Dr Geol. Mario Maglio



Direttore Laboratorio
 Dr Geol. Francesco Martone





PROVA EDOMETRICA

Norma di riferimento: Raccomandazioni AGI - UNI CEN ISO/TS 17892-5

 MC - 07 Rev. 01
 del 03/01/2013

Pag. 3 di 4

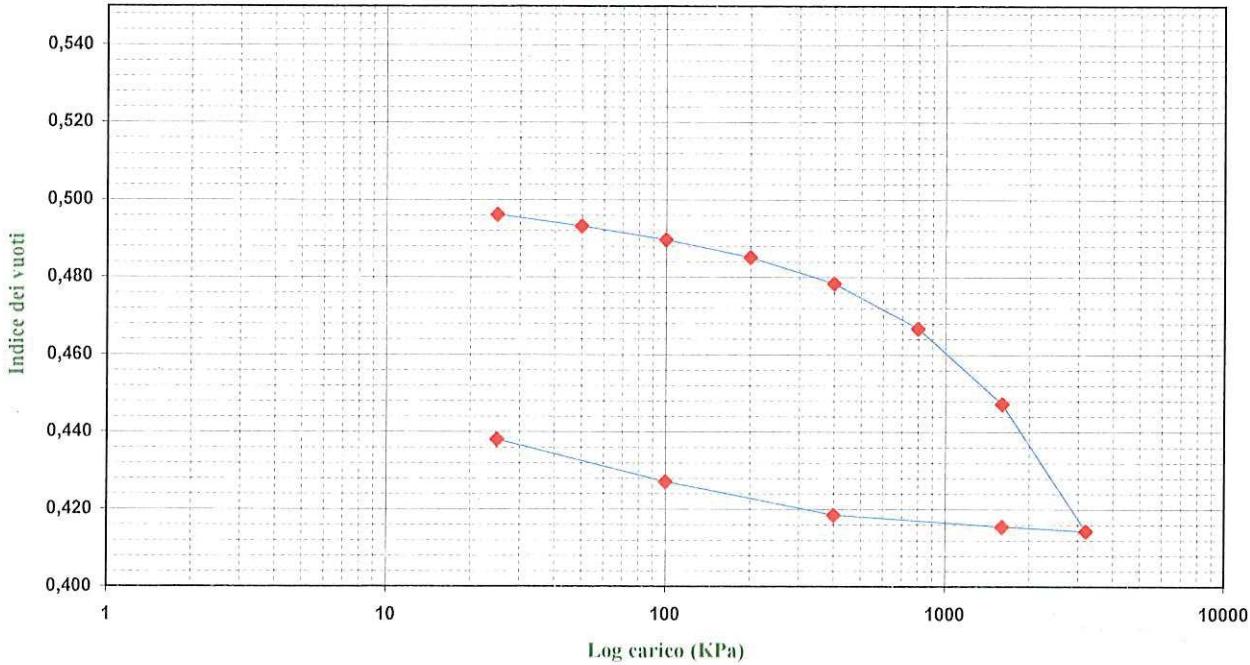
Verbale di accettazione n°: TR 283/24 **Certificato n°:** 2882-2024
del: 24.09.2024 **Data certificato:** 09.10.2024

Richiedente: Italprove Srl p/c Geol. Giuseppe Rosa
Committente: Arcidiocesi di S. Angelo dei L. - Conza - Nusco - Bisaccia
Cantiere: Messa in sicurezza sismica della Torre Civica correlata alla chiesa di San Martino
Località: Cairano (AV)
Data di prova: 24.09.2024

Dati identificativi del campione

Sondaggio	Campione	Profondità (m da pc)	Tipo campione	Data di prelievo
S1	C1	3,50-3,90	indisturbato	23.09.2024

CURVA Log carico - Indice dei vuoti



Tecnico sperimentatore
 Dr Geol. Mario Maglio

Direttore Laboratorio
 Dr Geol. Francesco Martone





PROVA EDOMETRICA

Norma di riferimento: Raccomandazioni AGI - UNI CEN ISO/TS 17892-5

 MC - 07 Rev. 01
 del 03/01/2013

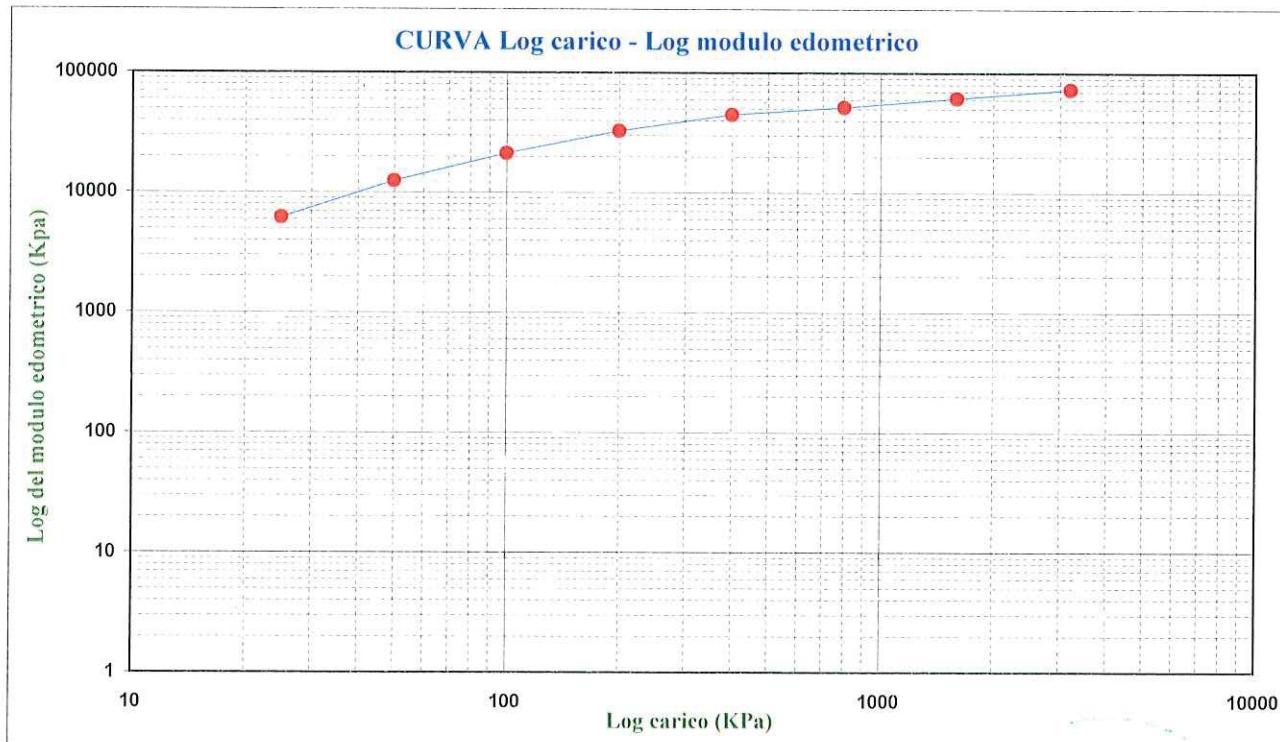
Pag. 4 di 4

 Verbale di accettazione n°:
 TR 283/24
 del:
 24.09.2024

 Certificato n°:
 2882-2024
 Data certificato:
 09.10.2024

Richiedente: Italprove Srl p/c Geol. Giuseppe Rosa
Committente: Arcidiocesi di S. Angelo dei L. - Conza - Nusco - Bisaccia
Cantiere: Messa in sicurezza sismica della Torre Civica correlata alla chiesa di San Martino
Località: Cairano (AV)
Data di prova: 24.09.2024

Dati identificativi del campione				
Sondaggio	Campione	Profondità (m da pc)	Tipo campione	Data di prelievo
S1	C1	3,50-3,90	indisturbato	23.09.2024



Tecnico sperimentatore
 Dr Geol. Mario Maglio



Direttore Laboratorio
 Dr Geol. Francesco Martone





Laboratorio Prove | Controlli e prove non distruttive | Collaudi | Monitoraggi | Prove chimiche
Geotecnica Stradale | Conglomerati Bituminosi | Marcatura CE Materiali da Costruzione



Sicignano Degli Alburni (SA) - Uscita Autostrada A2 del Mediterraneo

Tel. 320 6869486 - 333 9176001 – 333 4530390
info@italprove.it

RELAZIONE TECNICA

INDAGINI STRUTTURALI

OGGETTO LAVORI

MESSA IN SICUREZZA SISMICA DELLA TORRE CIVICA CORRELATA ALLA CHIESA DI SAN MARTINO, CAIRANO (AV)

Ministero della Cultura - Soprintendenza ABAP di Salerno Avellino

PNRR – MISSIONE 1 – DIGITALIZZAZIONE, INNOVAZIONE, COMPETITIVITÀ E CULTURA, COMPONENTE 3 –CULTURA 4.0 (M1C3), MISURA 2 “Rigenerazione di piccoli siti culturali, patrimonio culturale, religioso e rurale, INVESTIMENTO 2.4: “sicurezza sismica nei luoghi di culto, restauro del patrimonio culturale del fece e siti di ricovero per le opere d’arte (recovery art)” – LINEA D’AZIONE N. 1 SICUREZZA SISMICA NEI LUOGHI DI CULTO, TORRI E CAMPANILI

COMMITTENTE

ARCIDIOCESI DI S. ANGELO DEI L. - CONZA - NUSCO – BISACCIA

C.E.I. CONFERENZA EPISCOPALE ITALIANA SERVIZIO NAZIONALE PER L'EDILIZIA DI CULTO

RICHIEDENTE

ARCH. LUCREZIA RICCIARDI (PROGETTISTA)

DATA INTERVENTO

10/07/2024 – 23/09/2024

PROTOCOLLO

RP-PE-24-630 DEL 15/07/2024

EMISSIONE

REV.0 DEL 16/07/2024

IL RESPONSABILE DEL LABORATORIO

ING. GIOVANNI MARCO FERNICOLA



INDICE

▪ PREMESSA.....	4
▪ MARTINETTI PIATTI SINGOLI	6
▪ MARTINETTI PIATTI DOPPI.....	7
▪ CAROTAGGIO SU MURATURA.....	8
▪ INDAGINE ENDOSCOPICA.....	8
▪ PROVA PENETROMETRICA SU MALTA.....	9
▪ INDAGINE PACOMETRICA	10
▪ DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA	11
▪ ALLEGATI.....	14



PREMESSA

Il giorno 10 Luglio 2024, su incarico dell' "ARCIDIOCESI di S. Angelo dei L. - Conza - Nusco – Bisaccia", tecnici di questo laboratorio hanno eseguito una campagna di indagini strutturali nell'ambito dei lavori aventi ad Messa In Sicurezza Sismica Della Torre Civica Correlata Alla Chiesa Di San Martino, Cairano (AV) - Ministero Della Cultura - Soprintendenza ABAP Di Salerno Avellino - PNRR – MISSIONE 1 – DIGITALIZZAZIONE, INNOVAZIONE, COMPETIVITÀ E CULTURA, COMPONENTE 3 – CULTURA 4.0 (M1C3), MISURA 2 "Rigenerazione di piccoli siti culturali, patrimonio culturale, religioso e rurale, INVESTIMENTO 2.4: "Sicurezza sismica nei luoghi di culto, restauro del patrimonio culturale del fece siti di ricovero per le opere d'arte (recovery art)" – LINEA D'AZIONE N. 1 SICUREZZA SISMICA NEI LUOGHI DI CULTO, TORRI E CAMPANILI. Le prove sono state richieste dall'Arch. Lucrezia Ricciardi in qualità di progettista.



Fig. 1: Struttura oggetto d'indagine.



Le attività eseguite in sito consistono in:

Nome Prova	Quantità
Prova con Martinetti Piatti Singoli e Doppi	2
Prelievo campione di Muratura (Carote)	1
Indagine endoscopica	3
Saggio muratura	2
Saggio Solaio	1
Prova Penetrometrica su malta	1
Prelievo Campione di malta	1
Scavo in fondazione	1
Indagine Pacometrica	3



MARTINETTI PIATTI SINGOLI

Norma di riferimento:

- ASTM C1196-14a Standard Test Method for In Situ Compressive Stress Within Solid Unit Masonry Estimated Using Flatjack Measurements,
- ASTM C1197-14a Standard Test Method for In Situ Measurement of Masonry Deformability Properties Using the Flatjack Method

Lo scopo della prova con martinetti piatti singoli è quello di determinare lo stato di sollecitazione a compressione esistente di una porzione di muratura. A tal fine viene effettuato un taglio nella muratura ed inserito al suo interno un martinetto piatto semicircolare. Per effetto del taglio le tensioni all'interno della porzione di muratura si annullano provocando una parziale chiusura del taglio. La pressione da applicare al martinetto necessaria a ripristinare la condizione iniziale (pre-taglio) permette di determinare lo stato tensionale esistente.

Lo misura dello stato tensionale è effettuata rilevando lo stato di deformazione mediante deformometro di precisione. Prima di effettuare il taglio si misura la distanza tra una coppia di punti di riferimento incollati sulla muratura (fase pre-taglio). Successivamente si esegue il taglio mediante moto troncatrice e si inserisce il martinetto piatto collegato ad una pompa oleodinamica. Si procede aumentando la pressione dell'olio nel circuito e misurando contemporaneamente, mediante il deformometro, la distanza tra i punti di riferimento. Quando la misura della distanza è pari al valore iniziale, si è ristabilito l'equilibrio deformativo e dunque il valore della tensione di esercizio della muratura è proporzionale al valore della pressione necessaria a ristabilire tale equilibrio. La pressione è, infatti, correlata alla tensione mediante la seguente relazione:

$$\sigma = P \cdot K_a \cdot K_m$$

Dove σ è la tensione della muratura, P è la pressione dell'olio nel circuito oleodinamico del martinetto; K_a il rapporto tra l'area del martinetto e l'area della superficie del taglio; K_m il coefficiente di rigidezza del martinetto.

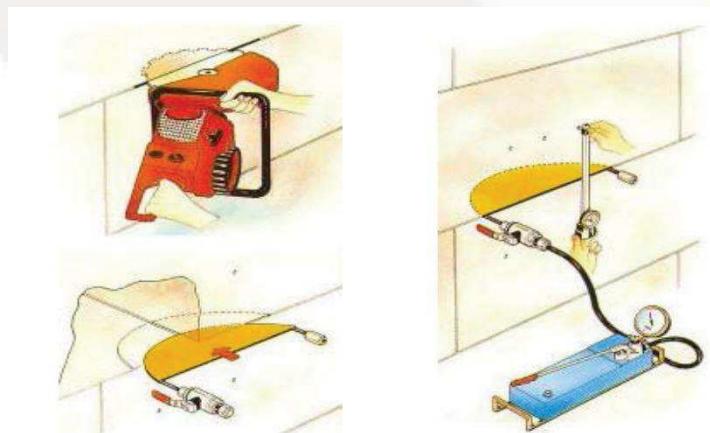


Fig. 2: Fasi esecuzione prova



MARTINETTI PIATTI DOPPI

Norma di riferimento:

- ASTM C1196-14a Standard Test Method for In Situ Compressive Stress Within Solid Unit Masonry Estimated Using Flatjack Measurements,
- ASTM C1197-14a Standard Test Method for In Situ Measurement of Masonry Deformability Properties Using the Flatjack Method

Lo scopo della prova con martinetti piatti doppi è quello di determinare il modulo elastico e la resistenza a rottura di una porzione di muratura. La prova si esegue successivamente a quella con martinetti singoli.

A tal fine si sottopone a compressione monoassiale una porzione di muratura compresa tra due martinetti paralleli aumentando contemporaneamente la pressione in entrambi i martinetti fino al collasso della muratura, determinato attraverso la curva sforzo-deformazione. Lo sforzo si misura attraverso la pressione dell'olio nel circuito oleodinamico del martinetto con la stessa relazione presente nel paragrafo precedente. Le deformazioni si rilevano attraverso la misura della distanza tra coppie di punti di riferimento, effettuata mediante deformometro di precisione.

Il modulo elastico si ricava dalla curva sforzo-deformazione ed è pari al coefficiente angolare del tratto rettilineo della curva, il quale rappresenta la fase elastica. La tensione di rottura corrisponde, invece, all'inizio della deformazione plastica, ovvero, il punto della curva che presenta una linearità inferiore all'85%. Dalla prova è possibile determinare anche il coefficiente medio di Poisson ν e il modulo di elasticità tangenziale G , posizionando una base di punti di riferimento in direzione orizzontale, attraverso le seguenti relazioni:

$$\nu = \frac{\varepsilon_o}{\varepsilon_v} \quad G = \frac{E}{2(1+\nu)}$$

Dove ν è il coefficiente di Poisson, ε_o la deformazione orizzontale, ε_v la deformazione verticale, G il modulo di elasticità tangenziale, E il modulo elastico.

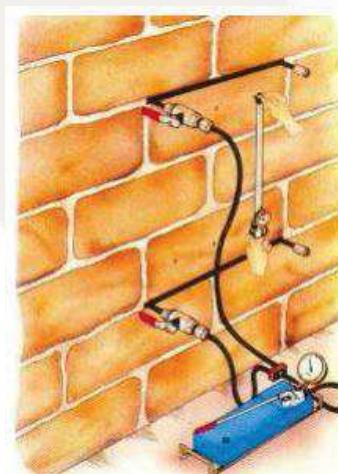


Fig. 3: Fasi esecuzione prova



CAROTAGGIO SU MURATURA

La prova consiste nell'estrare un campione cilindrico di muratura dalla struttura mediante carotatrice. Lo strumento consente mediante perforazione ad umido, di prelevare provini cilindrici di vario diametro e lunghezza. Il carotaggio è eseguito perpendicolarmente alla superficie. Dopo l'estrazione il campione viene siglato in maniera univoca ed indelebile, registrando sul verbale di prelievo: diametro, lunghezza, variazioni stratigrafiche, data di prelievo, posizione di prelievo ed eventuali annotazioni.

INDAGINE ENDOSCOPICA

Lo scopo della prova è quello di investigare in maniera diretta mediante endoscopio inserito in un preforo la struttura in esame. Le applicazioni sono molteplici come: la determinazione della tipologia del paramento murario e della tessitura interna, l'ispezione dei solai, la valutazione dello stato di conservazione dei materiali (malte e leganti, laterizi, teste delle travi lignee), l'individuazione di eventuali anomalie localizzate nella tessitura muraria o nel getto di calcestruzzo, l'individuazione di cavità e vuoti eventualmente presenti, la valutazione dell'efficacia di un intervento di consolidamento (iniezioni).

Per effettuare l'indagine viene utilizzato l'endoscopio, uno strumento dotato di schermo LCD a colori che consente la visione di ciò che inquadra la telecamera posta al termine di un tubo semirigido di lunghezza 3 metri e diametro 8 mm. La risoluzione della telecamera è di 1920x1080P, la lunghezza focale di 4 cm. L'endoscopio viene inserito in un foro precedentemente praticato nella struttura mediante trapano.



PROVA PENETROMETRICA SU MALTA

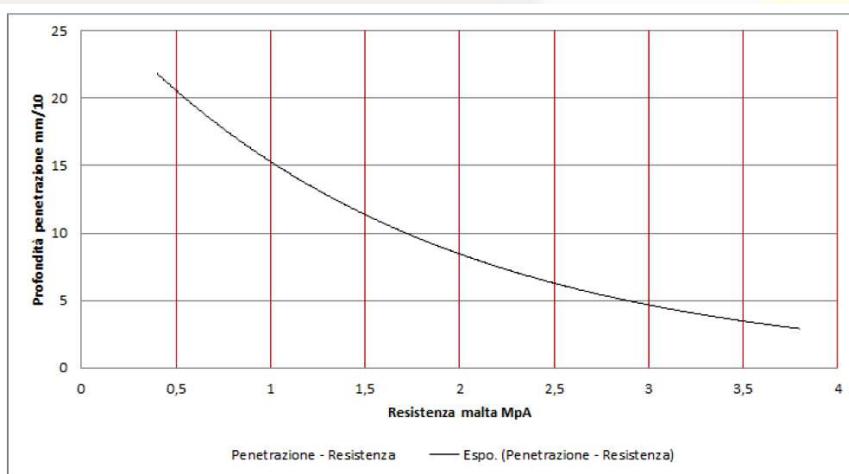
La prova non distruttiva eseguita attraverso utilizzo del penetrometro per malta ha lo scopo di fornire informazioni sulla resistenza che il giunto di malta offre alla penetrazione di un ago di acciaio infisso mediante colpi generati da una massa in movimento con energia costante. Il risultato che la prova fornisce è quindi la profondità di penetrazione, espressa in mm su un numero di colpi definiti. La prova fornisce indicazioni sulla qualità ed omogeneità della malta sia lungo il proprio spessore sia rapportata a differenti punti della struttura sottoposta ad indagine.

Attraverso l'utilizzo di curve di correlazione è possibile ottenere una stima indicativa della resistenza meccanica della malta in rapporto alla profondità di penetrazione. Le curve di correlazione fornite a corredo dello strumento sono state ricavate attraverso sperimentazioni eseguite in sito. Le caratteristiche meccaniche dei materiali [malte] testate non sono rappresentative di tutte le malte presenti in sito.

I principali utilizzi del penetrometro per malta sono: Misura della omogeneità dello strato del giunto di malta dallo strato esterno a quello interno al fine di verificare fenomeni di degrado, carbonatazione, applicazioni ed interventi successivi; Misura della omogeneità di differenti porzioni di malta disposte in punti differenti della stessa struttura o strutture limitrofe; Stima della resistenza meccanica della malta. La prova penetrometrica è classificata come una prova non distruttiva in quanto è possibile ricavare la stima della resistenza meccanica della malta dal valore di profondità di penetrazione dell'ago.

La procedura di prova si compone delle seguenti operazioni: selezionare la muratura di indagare e procedere alla pulizia della stessa rimuovendo l'intonaco; eseguire la spazzolatura del giunto di malta orizzontale da verificare; eseguire la verifica della lunghezza dell'ago iniziale; esecuzione della prova mediante applicazione di No. 10 battute con il percussore; rimuovere il percussore ed eseguire la lettura della profondità di penetrazione registrando il valore.

Di seguito si riporta la curva di correlazione "Profondità di Penetrazione – Resistenza della malta".



INDAGINE PACOMETRICA

Norma di riferimento:

- BS 1881-204:1988 “Testing concrete. Recommendations on the use of electromagnetic covermeters”.

Lo scopo dell’indagine pacometrica è quello di localizzare la presenza di barre d’armatura in elementi strutturali in c.a., nonché identificarne la posizione il diametro e lo spessore del coprifero. L’indagine pacometrica è propedeutica all’esecuzione di tutte le prove distruttive e non sul calcestruzzo. La localizzazione del ferro è indispensabile per evitare di falsare i risultati delle prove.

La prova viene eseguita mediante strumento magnetometrico detto “pacometro” composto da una sonda che emette un segnale elettromagnetico collegata ad un’unità di acquisizione che lo analizza. Se sono presenti degli oggetti metallici nel calcestruzzo, come le barre, queste generano un campo magnetico indotto, funzione del diametro e dello spessore del coprifero.

Lo strumento permette di localizzare in maniera efficace e precisa la posizione delle barre, mentre le misure del diametro e dello spessore del coprifero risultano poco attendibili a causa di numerosi fattori di disturbo come la presenza di barre ravvicinate, l’elevato spessore di coprifero, la presenza eventuale di altri elementi metallici sotto la superficie da indagare (ganci, fili, legature, monconi, ecc...). Per aumentare l’attendibilità della prova, è consigliabile tarare lo strumento con indagini dirette come saggi e scassi con misurazione del diametro delle barre e dello spessore del coprifero mediante calibro e metro.



DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Fig. 4: Prova con Martinetto Piatto



Fig. 5: Prova con Martinetto Piatto



Fig. 6: Prova con Martinetto Piatto



Fig. 7: Prova con Martinetto Piatto





Fig. 8: Prelievo Carota muratura



Fig. 9: Prelievo Carota muratura



Fig. 10: Indagine endoscopica



Fig. 11: Saggio muratura



Fig. 12: Scavo in fondazione



Fig. 13: Scavo in fondazione

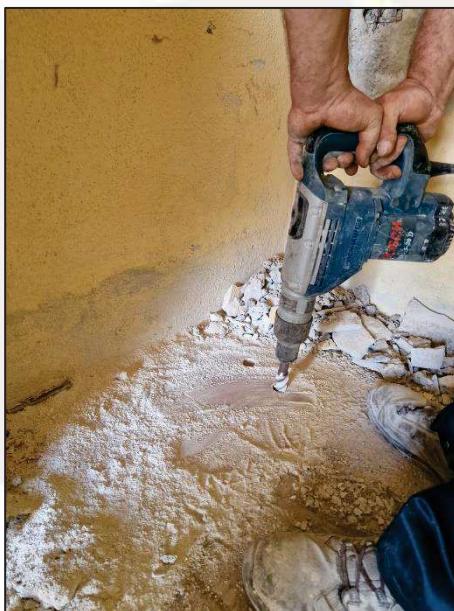


Fig. 14: Indagine Endoscopica



Fig. 15: Indagine Pacometrica





Fig. 16: Indagine Pacometrica



Fig. 17: Indagine Pacometrica

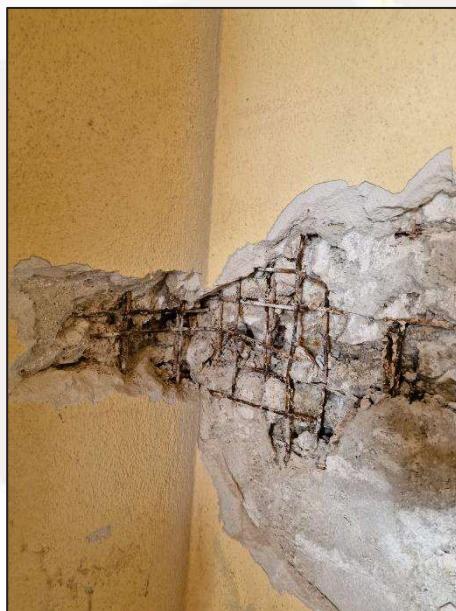


Fig. 18: Saggio muratura

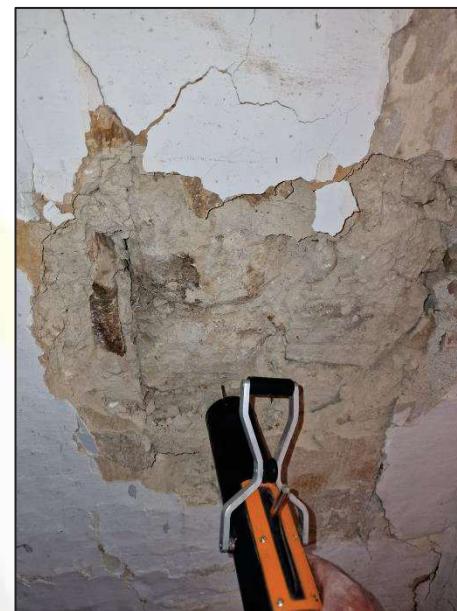


Fig. 19: Prove Penetrometrica su malta

ALLEGATI

- Rapporti di prova indagini effettuate.

IL TECNICO ESECUTORE
GEOM. GIULIO MOSCATO

IL RESPONSABILE DEL LABORATORIO
ING. GIOVANNI MARCO FERNICOLA





MARTINETTO PIATTO SINGOLO E DOPPIO

ASTM D4729-87 - ASTM C1196-09 - ASTM C1197-09

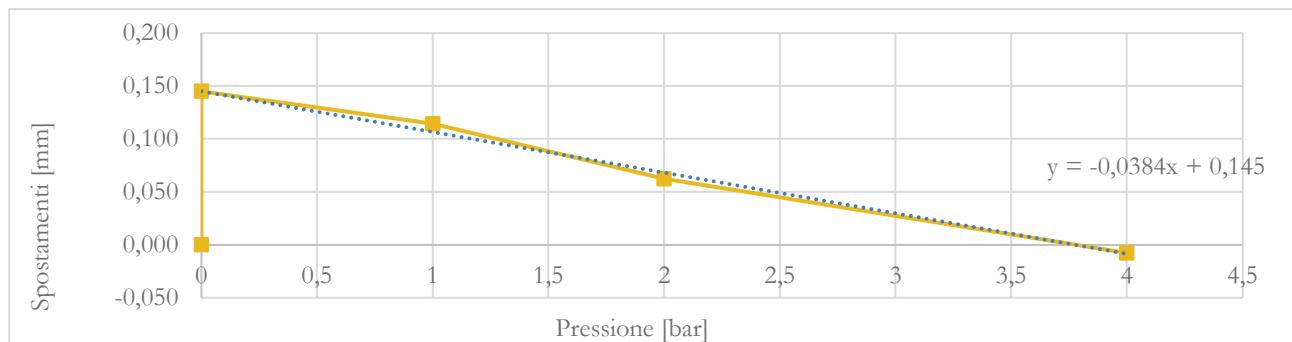
Richiedente	Arch. Lucrezia Ricciardi	Nº RdP:	RP	PE	24	630	1
Proprietario	ARCIDIOCESI di S. Angelo dei L. - Conza - Nusco - Bisaccia	Data:	15/07/2024				
Impresa	-	Pagina:	1 di 3				
Oggetto Lavori	Messa in sicurezza sismica della TORRE CIVICA correlata alla chiesa di San Martino - CAIRANO (AV)						
Data di prova	10/07/2024						

Riferimenti elemento indagato e Caratteristiche tecniche attrezzatura prova

Sigla	Ubicazione indagine	Dimensioni martinetto [mm]	Base deformometrica [mm]	Coefficiente di rigidezza Km	Rapporto area martinetto area taglio Ka
M1	Secondo livello torre	350x260x3	250	0,86	0,97

Risultati della prova - Martinetto Singolo

Fase	Tempo	Pressione	Tensione muratura	Lettura deformometrica				Spostamenti relativi			
				B1	B2	B3	Media	B1	B2	B3	Media
				[ore:min]	[bar]	[N/mm ²]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
Pre-taglio	11:00	0	0	-0,263	5,776	4,674	3,396	0,000	0,000	0,000	0,000
Post-taglio	11:05	0	0	-0,134	5,933	4,823	3,541	0,129	0,157	0,149	0,145
Carico	11:06	1	0,082	-0,160	5,903	4,787	3,510	0,103	0,127	0,113	0,114
	11:07	2	0,164	-0,215	5,848	4,741	3,458	0,048	0,072	0,067	0,062
	11:08	4	0,327	-0,282	5,774	4,672	3,388	-0,019	-0,002	-0,002	-0,008



Pressione esercizio muratura Pe [bar]

3,78

Tensione esercizio muratura Pe x Ka x Km [N/mm²]

0,31

Attrezzatura di prova Mototroncatrice Husqvarna K970 Ring. Deformometro millesimale digitale Leonard Instruments 250

Il Tecnico esecutore
 Cctm. Giulio Moscato



Il Responsabile del Laboratorio
 Ing. Giovanni Marco Ferricola

MARTINETTO PIATTO SINGOLO E DOPPIO

ASTM D4729-87 - ASTM C1196-09 - ASTM C1197-09

Richiedente	Arch. Lucrezia Ricciardi	N° RdP:	RP	PE	24	630	1
Proprietario	ARCIDIOCESI di S. Angelo dei L. - Conza - Nusco - Bisaccia	Data:	15/07/2024				
Impresa	-	Pagina:	2 di 3				
Oggetto Lavori	Messa in sicurezza sismica della TORRE CIVICA correlata alla chiesa di San Martino - CAIRANO (AV)						
Data di prova	10/07/2024						

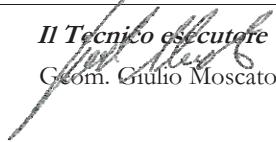
Riferimenti elemento indagato e Caratteristiche tecniche attrezzatura prova

Sigla	Ubicazione indagine	Dimensioni martinetto [mm]	Base deformometrica [mm]	Coefficiente di rigidezza Km	Rapporto area martinetto area taglio Ka
M1	Secondo livello torre	350x260x3	250	0,86	0,97

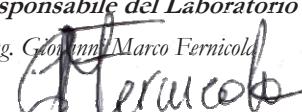
Risultati della prova - Martinetto Doppio

Fase	Tempo	Pressione	Tensione muratura	Lettura deformometrica				Spostamenti relativi				Deformazione verticale ϵ_v	Deformazion e orizzontale ϵ_o
				B1	B2	B3	O1	B1	B2	B3	O1		
	[ore:min]	[bar]	[N/mm ²]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]		
Post-taglio	11:30	0	0,00	-1,711	6,690	-1,780		0,000	0,000	0,000	-	0,000000	-
Carico 1° ciclo	11:31	2	0,16	-1,675	6,726	-1,741		0,036	0,036	0,039		0,000148	
	11:32	4	0,33	-1,651	6,752	-1,711		0,060	0,062	0,069		0,000255	
Scarico 1° ciclo	11:33	6	0,49	-1,629	6,773	-1,674		0,082	0,083	0,106		0,000361	
	11:34	8	0,65	-1,592	6,829	-1,624		0,119	0,139	0,156		0,000552	
Scarico 1° ciclo	11:35	6	0,49	-1,626	6,777	-1,669		0,085	0,087	0,111		0,000377	
	11:36	4	0,33	-1,653	6,750	-1,716		0,058	0,060	0,064		0,000243	
Carico 2° ciclo	11:37	2	0,16	-1,671	6,729	-1,739		0,040	0,039	0,041		0,000160	
	11:38	4	0,33	-1,620	6,785	-1,682		0,091	0,095	0,098		0,000379	
Carico 2° ciclo	11:39	8	0,65	-1,593	6,814	-1,622		0,118	0,124	0,158		0,000533	
	11:40	10	0,82	-1,550	6,864	-1,592		0,161	0,174	0,188		0,000697	
Carico 2° ciclo	11:41	15	1,23	-1,344	7,113	-1,423		0,367	0,423	0,357		0,001529	
	11:42	20	1,64	-1,082	7,410	-0,789		0,629	0,720	0,991		0,003120	
Carico 2° ciclo	11:43	25	2,04	-1,036	7,533	0,316		0,675	0,843	2,096		0,004819	
	11:44	26	2,13	0,202	8,731	1,537		1,913	2,041	3,317		0,009695	

Attrezzatura di prova Mototroncatrice Husqvarna K970 Ring. Deformometro millesimale digitale Leonard Instruments 250

Il Tecnico esecutore

 Geom. Giulio Moscato



Il Responsabile del Laboratorio

 Ing. Giovanni Marco Fericola

MARTINETTO PIATTO SINGOLO E DOPPIO

ASTM D4729-87 - ASTM C1196-09 - ASTM C1197-09

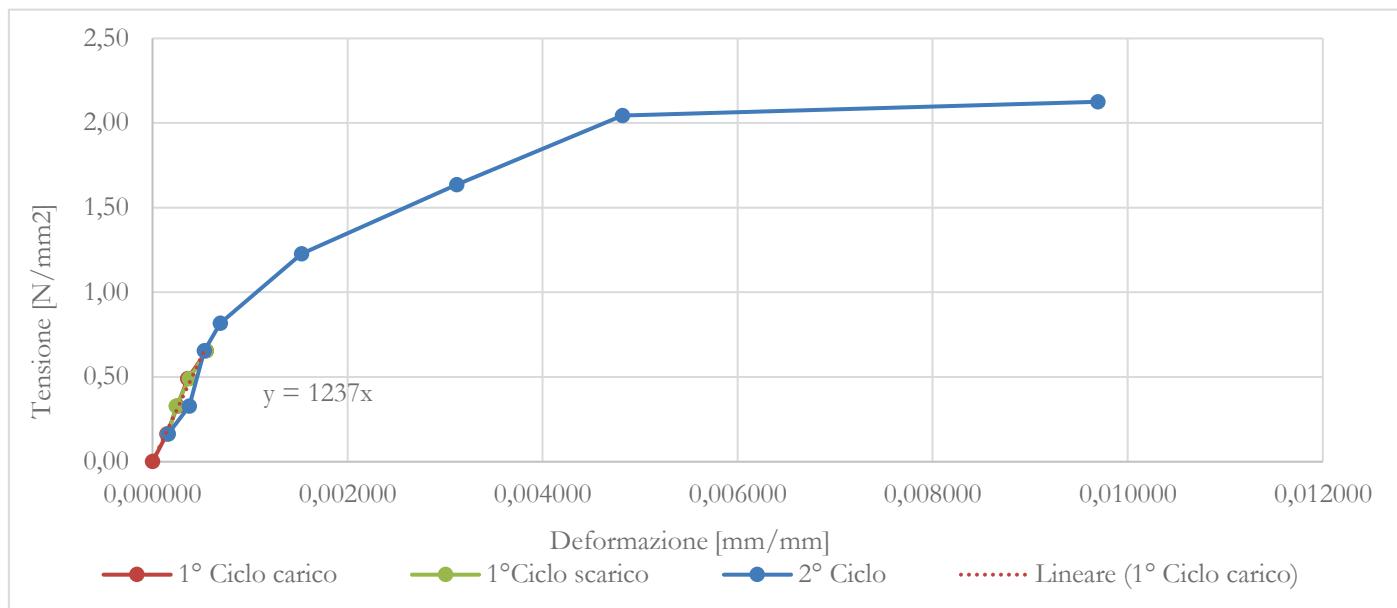
Richiedente	Arch. Lucrezia Ricciardi
Proprietario	ARCIDIOCESI di S. Angelo dei L. - Conza - Nusco - Bisaccia
Impresa	-
Oggetto Lavori	Messa in sicurezza sismica della TORRE CIVICA correlata alla chiesa di San Martino - CAIRANO (AV)
Data di prova	10/07/2024

N° RdP:	RP	PE	24	630	1
Data:	15/07/2024				
Pagina:	3 di 3				

Riferimenti elemento indagato e Caratteristiche tecniche attrezzatura prova

Sigla	Ubicazione indagine	Dimensioni martinetto [mm]	Base deformometrica [mm]	Coefficiente di rigidezza Km	Rapporto area martinetto area taglio Ka
M1	Secondo livello torre	350x260x3	250	0,86	0,97

Risultati della prova - Martinetto Doppio



1° cilco - fase elastica		2° cilco - fase plastica (rottura)	
Coefficiente di Poisson v medio sul 1° ciclo	Modulo di elasticità normale E [N/mm ²]	Modulo di elasticità tangenziale G [N/mm ²]	Tensione di rottura f [N/mm ²]
-	1237	-	2,13

Attrezzatura di prova Mototroncatrice Husqvarna K970 Ring. Deformometro millesimale digitale Leonard Instruments 250

Il Tecnico esecutore
Ing. Giulio Moscato



Il Responsabile del Laboratorio
Ing. Giovanni Marco Ferricola

MARTINETTO PIATTO SINGOLO E DOPPIO

ASTM D4729-87 - ASTM C1196-09 - ASTM C1197-09

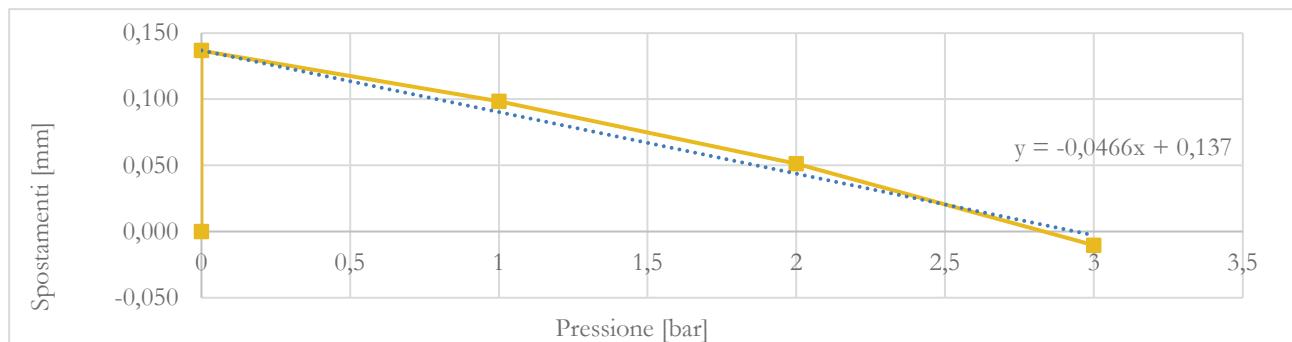
Richiedente	Arch. Lucrezia Ricciardi	Nº RdP:	RP	PE	24	630	2
Proprietario	ARCIDIOCESI di S. Angelo dei L. - Conza - Nusco - Bisaccia	Data:	15/07/2024				
Impresa	-	Pagina:	1 di 3				
Oggetto Lavori	Messa in sicurezza sismica della TORRE CIVICA correlata alla chiesa di San Martino - CAIRANO (AV)						
Data di prova	10/07/2024						

Riferimenti elemento indagato e Caratteristiche tecniche attrezzatura prova

Sigla	Ubicazione indagine	Dimensioni martinetto [mm]	Base deformometrica [mm]	Coefficiente di rigidezza Km	Rapporto area martinetto area taglio Ka
M2	Edificio lato est	350x260x3	250	0,86	0,97

Risultati della prova - Martinetto Singolo

Fase	Tempo	Pressione	Tensione muratura	Lettura deformometrica				Spostamenti relativi			
				B1	B2	B3	Media	B1	B2	B3	Media
	[ore:min]	[bar]	[N/mm ²]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
Pre-taglio	12:00	0	0	6,044	5,817	7,671	6,511	0,000	0,000	0,000	0,000
Post-taglio	12:05	0	0	6,190	5,969	7,783	6,647	0,146	0,152	0,112	0,137
	12:06	1	0,082	6,141	5,932	7,754	6,609	0,097	0,115	0,083	0,098
Carico	12:07	2	0,164	6,105	5,873	7,708	6,562	0,061	0,056	0,037	0,051
	12:08	3	0,245	6,043	5,800	7,658	6,500	-0,001	-0,017	-0,013	-0,010



Pressione esercizio muratura Pe [bar]

2,93

Tensione esercizio muratura Pe x Ka x Km [N/mm²]

0,24

Attrezzatura di prova Mototroncatrice Husqvarna K970 Ring. Deformometro millesimale digitale Leonard Instruments 250

Il Tecnico esecutore
 Geom. Giulio Moscato



Il Responsabile del Laboratorio
 Ing. Giovanni Marco Ferricola

MARTINETTO PIATTO SINGOLO E DOPPIO

ASTM D4729-87 - ASTM C1196-09 - ASTM C1197-09

Richiedente	Arch. Lucrezia Ricciardi	N° RdP:	RP	PE	24	630	2
Proprietario	ARCIDIOCESI di S. Angelo dei L. - Conza - Nusco - Bisaccia	Data:	15/07/2024				
Impresa	-	Pagina:	2 di 3				
Oggetto Lavori	Messa in sicurezza sismica della TORRE CIVICA correlata alla chiesa di San Martino - CAIRANO (AV)						
Data di prova	10/07/2024						

Riferimenti elemento indagato e Caratteristiche tecniche attrezzatura prova

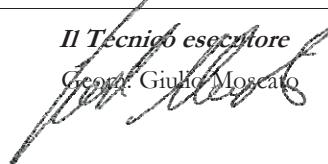
Sigla	Ubicazione indagine	Dimensioni martinetto [mm]	Base deformometrica [mm]	Coefficiente di rigidezza Km	Rapporto area martinetto area taglio Ka
M2	Edificio lato est	350x260x3	250	0,86	0,97

Risultati della prova - Martinetto Doppio

Fase	Tempo	Pressione	Tensione muratura	Lettura deformometrica				Spostamenti relativi				Deformazione verticale ϵ_v	Deformazion e orizzontale ϵ_o
				B1	B2	B3	O1	B1	B2	B3	O1		
	[ore:min]	[bar]	[N/mm ²]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]		
Post-taglio	12:30	0	0,00	0,805	-1,678	6,000		0,000	0,000	0,000	-	0,000000	-
Carico 1° ciclo	12:31	2	0,16	0,849	-1,636	6,040		0,044	0,042	0,040		0,000168	
	12:32	4	0,33	0,870	-1,609	6,070		0,065	0,069	0,070		0,000272	
Scarico 1° ciclo	12:33	6	0,49	0,900	-1,567	6,104		0,095	0,111	0,104		0,000413	
	12:34	8	0,65	0,948	-1,509	6,140		0,143	0,169	0,140		0,000603	
Scarico 1° ciclo	12:35	6	0,49	0,903	-1,565	6,107		0,098	0,113	0,107		0,000424	
	12:36	4	0,33	0,868	-1,613	6,065		0,063	0,065	0,065		0,000257	
Carico 2° ciclo	12:37	2	0,16	0,853	-1,632	6,046		0,048	0,046	0,046		0,000187	
	12:38	4	0,33	0,908	-1,583	6,106		0,103	0,095	0,106		0,000405	
Carico 2° ciclo	12:39	6	0,49	0,946	-1,527	6,148		0,141	0,151	0,148		0,000587	
	12:40	8	0,65	0,991	-1,468	6,175		0,186	0,210	0,175		0,000761	
Carico 2° ciclo	12:41	10	0,82	1,157	-1,308	6,385		0,352	0,370	0,385		0,001476	
	12:42	15	1,23	1,595	-0,875	6,808		0,790	0,803	0,808		0,003201	
Carico 2° ciclo	12:43	20	1,64	2,842	0,302	8,050		2,037	1,980	2,050		0,008089	
	12:44	23	1,88	4,047	1,564	9,199		3,242	3,242	3,199		0,012911	

Attrezzatura di prova Mototroncatrice Husqvarna K970 Ring. Deformometro millesimale digitale Leonard Instruments 250

Il Tecnico esecutore
 Giorgio Giulio Moscato




Il Responsabile del Laboratorio
 Ing. Giovanni Marco Fericola



MARTINETTO PIATTO SINGOLO E DOPPIO

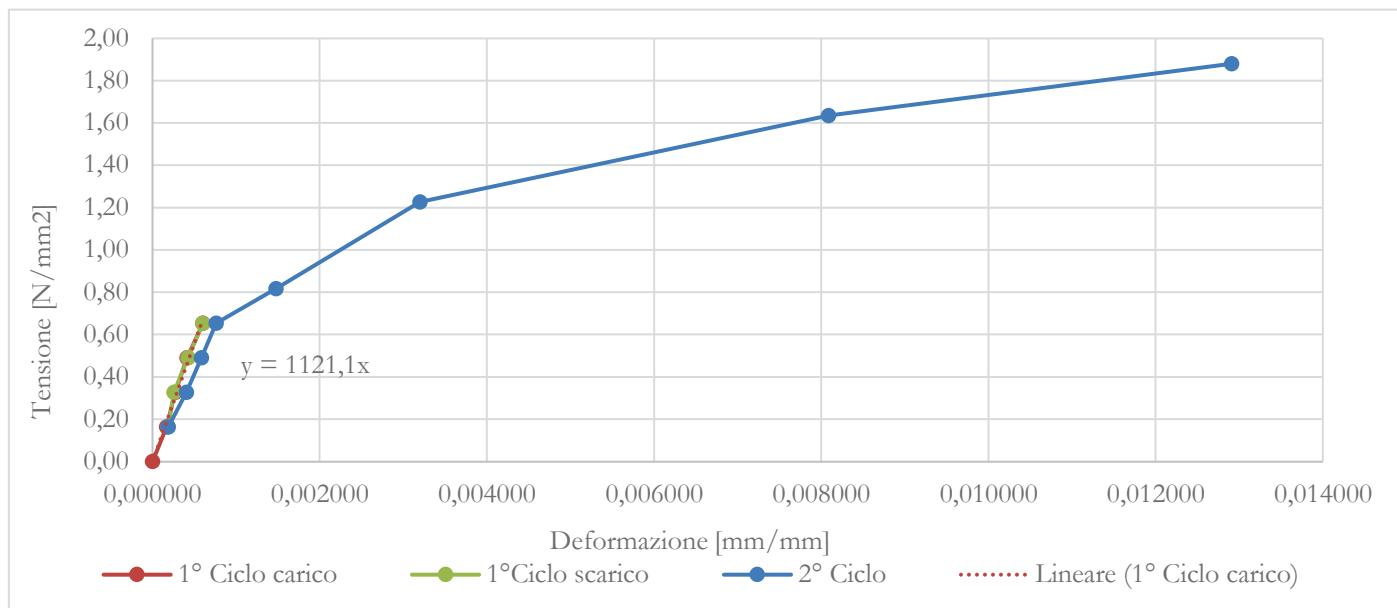
ASTM D4729-87 - ASTM C1196-09 - ASTM C1197-09

Richiedente	Arch. Lucrezia Ricciardi	N° RdP:	RP	PE	24	630	2
Proprietario	ARCIDIOCESI di S. Angelo dei L. - Conza - Nusco – Bisaccia	Data:	15/07/2024				
Impresa	-	Pagina:	3 di 3				
Oggetto Lavori		Messa in sicurezza sismica della TORRE CIVICA correlata alla chiesa di San Martino - CAIRANO (AV)					
Data di prova		10/07/2024					

Riferimenti elemento indagato e Caratteristiche tecniche attrezzatura prova

Sigla	Ubicazione indagine	Dimensioni martinetto [mm]	Base deformometrica [mm]	Coefficiente di rigidezza Km	Rapporto area martinetto area taglio Ka
M2	Edificio lato est	350x260x3	250	0,86	0,97

Risultati della prova - Martinetto Doppio



1° cilco - fase elastica		2° cilco - fase plastica (rottura)	
Coefficiente di Poisson v medio sul 1° ciclo	Modulo di elasticità normale E [N/mm ²]	Modulo di elasticità tangenziale G [N/mm ²]	Tensione di rottura f [N/mm ²]
-	1121	-	1,88

Attrezzatura di prova Mototroncatrice Husqvarna K970 Ring. Deformometro millesimale digitale Leonard Instruments 250

Il Tecnico esecutore
 Geom. Giulio Moscato



Il Responsabile del Laboratorio
 Ing. Giovanni Marco Ferricola

CAROTA SU MURATURA

Richiedente	Arch. Lucrezia Ricciardi
Proprietario	ARCIDIOCESI di S. Angelo dei L. - Conza - Nusco – Bisaccia
Impresa	-
Oggetto Lavori	Messa in sicurezza sismica della TORRE CIVICA correlata alla chiesa di San Martino - CAIRANO (AV)
Direttore dei Lavori	-
Data di prova	10/07/2024

N° RdP	RP	PE	24	630	3
Data	15/07/2024				
Pagina	1 di 1				

Risultati dell'indagine

Sigla	Ubicazione prova	Descrizione
C1	Muratura torre primo livello - lato Nord	L'indagine permette di identificare la presenza dei seguenti elementi: 6 cm di intonaco, 100 cm di muratura in pietra naturale.

Documentazione fotografica - stratigrafia



Attrezzatura di prova Carotatrice Hilti DD150

Note:

*Il Tecnico Esecutore
Ing. Giulio Losato*



*Il Responsabile del Laboratorio
Ing. Giovanni Mario Ferriola*

INDAGINE ENDOSCOPICA

Richiedente	Arch. Lucrezia Ricciardi	N° RdP:	RP PE 24 630 4
Proprietario	ARCIDIOCESI di S. Angelo dei L. - Conza - Nusco - Bisaccia	Data:	15/07/2024
Impresa	-	Pagina:	1 di 1
Oggetto Lavori	Messa in sicurezza sismica della Torre Civica correlata alla chiesa di San Martino - CAIRANO (AV)		
Direttore dei Lavori	-		
Data di prova	10/07/2024		

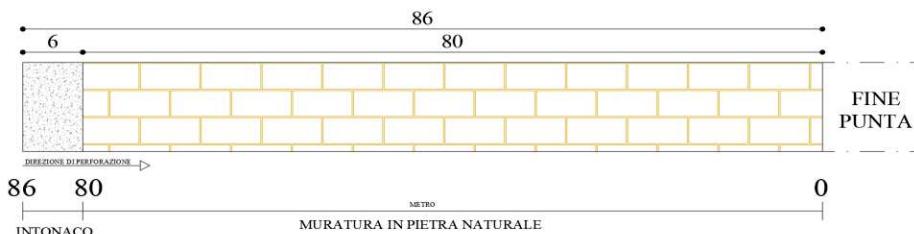
Riferimenti elemento indagato

Sigla	END1	Ubicazione indagine Opera/Parte d'opera/Note	MURATURA TORRE - PRIMO LIVELLO LATO OVEST
-------	------	---	---

Risultati della prova

Profondità perforazione [cm]	Larghezza Muratura [cm]	Descrizione
86	150	La videoendoscopia ha identificato 80 cm di muratura in pietra naturale e 6 cm di intonaco. Videoendoscopia interrotta per fine punta.

Stratigrafia



Attrezzatura di prova Endoscopio Pancellent Inskam113

Note:

Il Tecnico esecutore
Geom. Giulio Moscato



Il Responsabile del Laboratorio
Ing. Giovanni Marco Fericola
G. Fericola



INDAGINE ENDOSCOPICA

Richiedente	Arch. Lucrezia Ricciardi	N° RdP:	RP PE 24 630 5
Proprietario	ARCIDIOCESI di S. Angelo dei L. - Conza - Nusco - Bisaccia	Data:	15/07/2024
Impresa	-	Pagina:	1 di 1
Oggetto Lavori	Messa in sicurezza sismica della Torre Civica correlata alla chiesa di San Martino - CAIRANO (AV)		
Direttore dei Lavori	-		
Data di prova	10/07/2024		

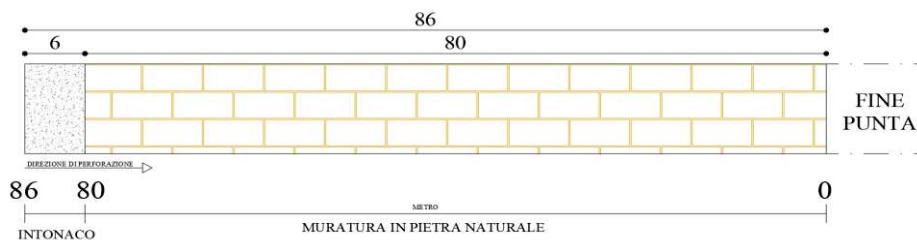
Riferimenti elemento indagato

Sigla	END2	Ubicazione indagine Opera/Parte d'opera/Note	MURATURA TORRE - PRIMO LIVELLO LATO EST
-------	------	---	---

Risultati della prova

Profondità perforazione [cm]	Larghezza Muratura [cm]	Descrizione
86	150	La videoendoscopia ha identificato 80 cm di muratura in pietra naturale e 6 cm di intonaco. Videoendoscopia interrotta per fine punta.

Stratigrafia



Attrezzatura di prova Endoscopio Pancellent Inskam113

Note:

Il Tecnico esecutore
 Geom. Giulio Moscato



Il Responsabile del Laboratorio
 Ing. Giovanni Marco Fornicola
Fornicola

INDAGINE ENDOSCOPICA

Richiedente	Arch. Lucrezia Ricciardi	N° RdP:	RP PE 24 630 6
Proprietario	ARCIDIOCESI di S. Angelo dei L. - Conza - Nusco - Bisaccia	Data:	15/07/2024
Impresa	-	Pagina:	1 di 1
Oggetto Lavori	Messa in sicurezza sismica della Torre Civica correlata alla chiesa di San Martino - CAIRANO (AV)		
Direttore dei Lavori	-		
Data di prova	23/09/2024		

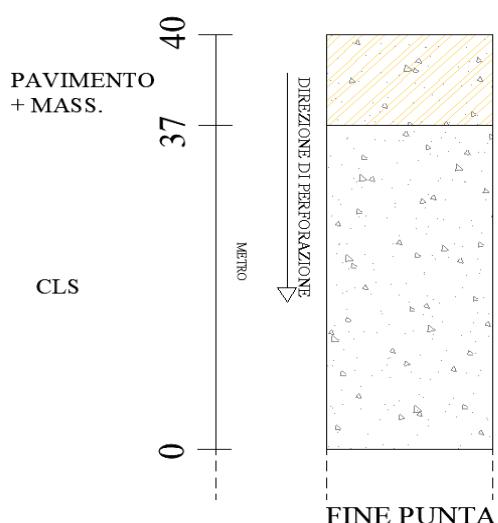
Riferimenti elemento indagato

Sigla	END3	Ubicazione indagine Opera/Parte d'opera/Note	SOLAIO CALPESTIO PIANO TERRA
-------	------	---	------------------------------

Risultati della prova

Profondità perforazione [cm]	Altezza Solaio [cm]	Descrizione
40	-	La videoendoscopia ha identificato la presenza di 3 cm di pavimento e massetto e 37 cm di cls. Videoendoscopia interrotta per fine punta.

Stratigrafia



Attrezzatura di prova Endoscopio Pancellent Inskam113

Note:

Il Tecnico esecutore
Geom. Giulio Moscato



Il Responsabile del Laboratorio
Ing. Giovanni Marco Fornicola

Fornicola



SAGGIO MURATURA

Richiedente	Arch. Lucrezia Ricciardi
Proprietario	ARCIDIOCESI di S. Angelo dei L. - Conza - Nusco - Bisaccia
Committente	-
Oggetto Lavori	Messa in sicurezza sismica della Torre Civica correlata alla chiesa di San Martino - CAIRANO (AV)
Direttore dei Lavori	-
Data di prova	10/07/2024

Nº RdP:	RP	PE	24	630	7
Data:	15/07/2024				
Pagina:	1 di 2				

Risultati della prova

Sigla	Ubicazione indagine	Descrizione
S1	MURATURA TORRE PRIMO LIVELLO LATO NORD	Si rileva muratura in pietra naturale con intonaco armato. Spessore intonaco 6cm. Rinforzo con rete eletrosaldata $\phi 6$ 10x10, in più $\phi 12$ solo verticali.

Schema fondazione - Documentazione fotografica



Attrezzatura di prova: -

Note:

*Il Tecnico esecutore
Geom. Giulio Moscato*



*Il Responsabile del Laboratorio
Ing. Giovanni Marco Henicola*



SAGGIO MURATURA

Richiedente	Arch. Lucrezia Ricciardi
Proprietario	ARCIDIOCESI di S. Angelo dei L. - Conza - Nusco - Bisaccia
Committente	-
Oggetto Lavori	Messa in sicurezza sismica della Torre Civica correlata alla chiesa di San Martino - CAIRANO (AV)
Direttore dei Lavori	-
Data di prova	23/09/2024

Nº RdP: RP PE 24 630 8

Data: 15/07/2024

Pagina: 1 di 2

Risultati della prova

Sigla	Ubicazione indagine	Descrizione
S2	MURATURA TORRE PRIMO ORDINE CANTONALE TRA PARETE NORD E OVEST	Si rilevano n. 2 tiranti verticali $\phi 24$.

Schema fondazione - Documentazione fotografica



Attrezzatura di prova: -

Note:

*Il Tecnico esecutore
Geom. Giulio Moscato*



*Il Responsabile del Laboratorio
Ing. Giovanni Marco Henicola*



SAGGIO SOLAIO

Richiedente	Arch. Lucrezia Ricciardi
Proprietario	ARCIDIOCESI di S. Angelo dei L. - Conza - Nusco - Bisaccia
Committente	-
Oggetto Lavori	Messa in sicurezza sismica della Torre Civica correlata alla chiesa di San Martino - CAIRANO (AV)
Direttore dei Lavori	-
Data di prova	23/09/2024

Nº RdP: RP PE 24 630 9

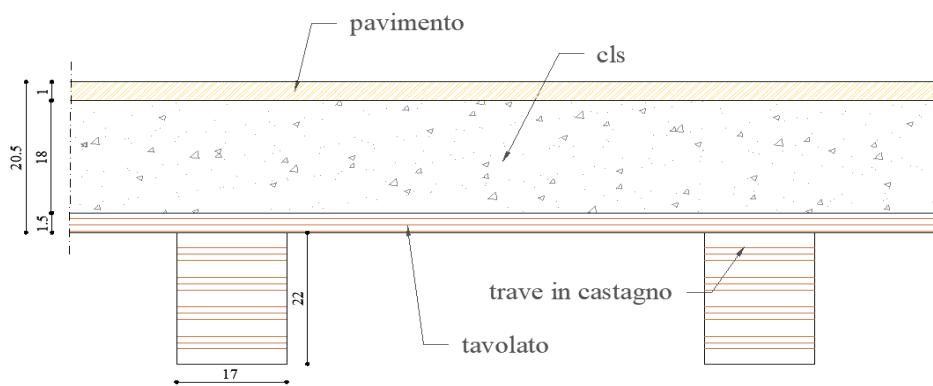
Data: 15/07/2024

Pagina: 1 di 2

Risultati della prova

Sigla	Ubicazione indagine	Descrizione
S3	SOLAIO COPERTURA PIANO TERRA	Si rileva solaio in travi in legno come da schema.

Schema fondazione - Documentazione fotografica



Attrezzatura di prova: -

Note:

*Il Tecnico esecutore
 Geom. Giulio Moscato*



*Il Responsabile del Laboratorio
 Ing. Giovanni Marco Henicola*



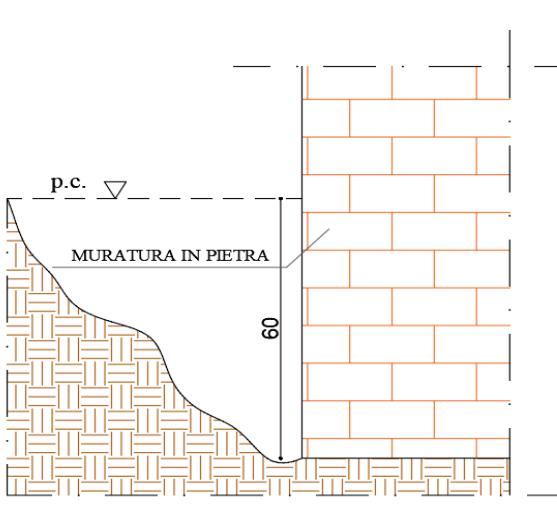
SAGGIO FONDAZIONE

Richiedente	Arch. Lucrezia Ricciardi	Nº RdP:	RP	PE	24	630	10
Proprietario	ARCIDIOCESI di S. Angelo dei L. - Conza - Nusco - Bisaccia	Data:	15/07/2024				
Committente	-	Pagina:	1 di 2				
Oggetto Lavori	Messa in sicurezza sismica della Torre Civica correlata alla chiesa di San Martino - CAIRANO (AV)						
Direttore dei Lavori	-						
Data di prova	10/07/2024						

Risultati della prova

Sigla	Ubicazione indagine	Descrizione
SCAVO1	EDIFICIO LATERALE LATO EST	Si rileva muratura in pietra naturale poggiata su banco di roccia alla profondità di 60cm da piano di calpestio.

Schema fondazione - Documentazione fotografica



Attrezzatura di prova: -

Note:

*Il Tecnico esecutore
 Geom. Giulio Moscato*



Il Responsabile del Laboratorio

In. Giovanni Marco Hernicola

ITALPROVE SRL

Località San Licandro Paccone, snc
 84029 - Sicignano Degli Alburni (SA)
 Uscita Autostrada A2 del Mediterraneo
 Tel. 320 6869486 - 333 9176001 – 333 4530390
 info@italprove.it - italprove@pec.it

ITALPROVE
 Laboratorio Prove Materiali da Costruzione

PROVA PENETROMETRICA SU MALTA

Richiedente	Arch. Lucrezia Ricciardi
Proprietario	ARCIDIOCESI di S. Angelo dei L. - Conza - Nusco – Bisaccia
Impresa	-
Oggetto Lavori	Messa in sicurezza sismica della Torre Civica correlata alla chiesa di San Martino - CAIRANO (AV)
Direttore dei lavori	
Data di prova	23/09/2024

Nº RdP	RP	PE	24	630	11
Data	15/07/2024				
Pagina	1 di 1				

RISULTATI DELLA PROVA

Sigla	Ubicazione indagine	Lunghezza totale ago [mm]	Spessore cuffia [mm]	Lettura comparatore [mm]	profondità Penetrazione [mm]	Resistenza malta [N/mm ²]
PEN1	MURATURA FABBRICATO RETRO TORRE CIVICA PARETE OVEST	70	0	59,21	10,79	1,8

Attrezzatura di prova: Penetrometro per malta DRC mod. RSM

Il Tecnico esecutore
 Geom. Giulio Moscato



Il Responsabile del Laboratorio

Ing. Giovanni Marco Ferlicola
G. Ferlicola



INDAGINE PACOMETRICA

BS 1881:204

Richiedente	Arch. Lucrezia Ricciardi
Proprietario	ARCIDIOCESI di S. Angelo dei L. - Conza - Nusco – Bisaccia
Impresa	-
Oggetto Lavori	Messa in sicurezza sismica della Torre Civica correlata alla chiesa di San Martino - CAIRANO (AV)
Direttore dei Lavori	-
Data di prova	23/09/2024

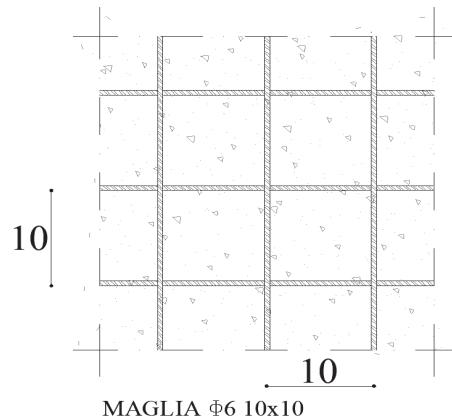
Nº RdP: RP PE 24 630 12

Data: 15/07/2024

Pagina: 1 di 1

Risultati della prova

Sigla	Ubicazione indagine	Note
PAC1	MURATURA TORRE PIANO TERRA PARETE NORD	Si rileva rete elettrosaldata $\phi 6$ 10x10. Indagine Pacometrica eseguita a quota 3,97 m da piano campagna.

Schema posizionamento armatura

Attrezzatura di prova: Pacometro Langry LR-G100 matricola G321010022

Note:

Schema posizionamento armatura in cm (disegno non in scala).

armatura rilevata mediante pacometro armatura rilevata mediante saggio armatura ipotizzata per simmetria strutturale

Il Tecnico esecutore
 Cogn. Giacomo Moscato



Il Responsabile del Laboratorio
 Ing. Giovanni Marco Ferlicola



INDAGINE PACOMETRICA

BS 1881:204

Richiedente	Arch. Lucrezia Ricciardi
Proprietario	ARCIDIOCESI di S. Angelo dei L. - Conza - Nusco – Bisaccia
Impresa	-
Oggetto Lavori	Messa in sicurezza sismica della Torre Civica correlata alla chiesa di San Martino - CAIRANO (AV)
Direttore dei Lavori	-
Data di prova	23/09/2024

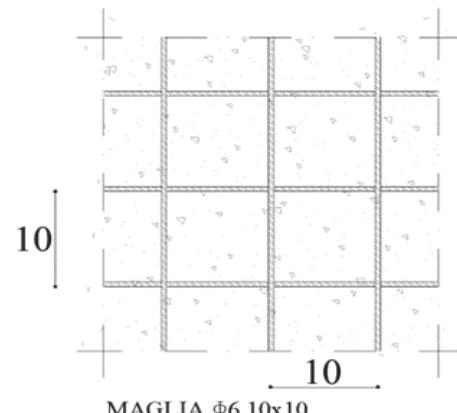
Nº RdP: RP PE 24 630 13

Data: 15/07/2024

Pagina: 1 di 1

Risultati della prova

Sigla	Ubicazione indagine	Note
PAC2	MURATURA TORRE PIANO TERRA PARETE OVEST	Si rileva rete elettrosaldata $\phi 6$ 10x10. Indagine Pacometrica eseguita a quota 5,45 m da piano campagna.

Schema posizionamento armatura

Attrezzatura di prova: Pacometro Langry LR-G100 matricola G321010022

Note:

Schema posizionamento armatura in cm (disegno non in scala).

armatura rilevata mediante pacometro armatura rilevata mediante saggio armatura ipotizzata per simmetria strutturale

Il Tecnico esecutore
 Geom. Giulio Moscato



Il Responsabile del Laboratorio
 Ing. Giovanni Marco Fenicola
G. Fenicola



INDAGINE PACOMETRICA

BS 1881:204

Richiedente	Arch. Lucrezia Ricciardi
Proprietario	ARCIDIOCESI di S. Angelo dei L. - Conza - Nusco – Bisaccia
Impresa	-
Oggetto Lavori	Messa in sicurezza sismica della Torre Civica correlata alla chiesa di San Martino - CAIRANO (AV)
Direttore dei Lavori	-
Data di prova	23/09/2024

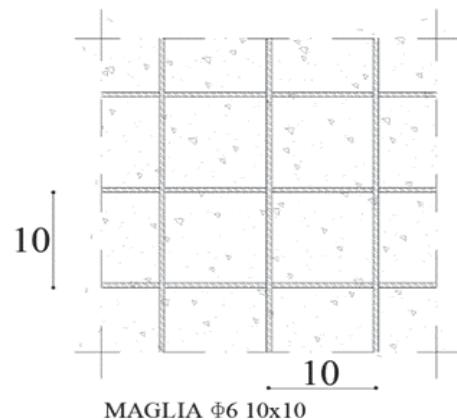
Nº RdP: RP PE 24 630 14

Data: 15/07/2024

Pagina: 1 di 1

Risultati della prova

Sigla	Ubicazione indagine	Note
PAC3	MURATURA TORRE PRIMO ORDINE PARETE OVEST	Si rileva rete eletrosaldata $\phi 6$ 10x10 e $\phi 12$ solo verticali. Indagine Pacometrica e saggio eseguiti a quota 1 m da piano campagna.

Schema posizionamento armatura

Attrezzatura di prova: Pacometro Langry LR-G100 matricola G321010022

Note:

Schema posizionamento armatura in cm (disegno non in scala).

armatura rilevata mediante pacometro armatura rilevata mediante saggio armatura ipotizzata per simmetria strutturale

Il Tecnico esecutore
 Ing. Giulio Moscato

*Il Responsabile del Laboratorio*

Ing. Giovanni Marco Fenicola

G. Fenicola



COMPOSIZIONE MALTA

Richiedente	Arch. Lucrezia Ricciardi
Committente	ARCIDIOCESI di S. Angelo dei L. - Conza - Nusco - Bisaccia
Impresa	-
Oggetto Lavori	Messa in sicurezza sismica della Torre Civica correlata alla chiesa di San Martino - CAIRANO (AV)
Direttore dei Lavori	-

N° RdP	RP	PE	24	630	15
				15/07/2024	
				Pagina	1 di 1

CARATTERISTICHE DEI CAMPIONI

Sigla	Verbale di prelievo		Opera/Parte d'opera	Descrizione Campione
	N°	Data		
M1	1	23/09/2024	FABBRICATO RETRO TORRE CIVICA PARETE OVEST	Malta

RISULTATI DELLA PROVA

Sigla	Parametri analizzati	Percentuale rilevata	Tipologia Malta [rif. Tab. 11.10.V NTC 2018]	Data prova
		[%]		
M1	Calce	22.8	Malta di calce M2.5	27/09/2024
	Sabbia	77.2		

Tab. 11.10.V - Corrispondenza tra classi di resistenza e composizione in volume delle malte

Classe	Tipo di malta	Composizione				
		Cemento	Calce aerea	Calce idraulica	Sabbia	Pozzolana
M 2,5	Idraulica	-	-	1	3	-
M 2,5	Pozzolanica	-	1	-	-	3
M 2,5	Bastarda	1	-	2	9	-
M 5	Bastarda	1	-	1	5	-
M 8	Cementizia	2	-	1	8	-
M 12	Cementizia	1	-	-	3	-

Note:

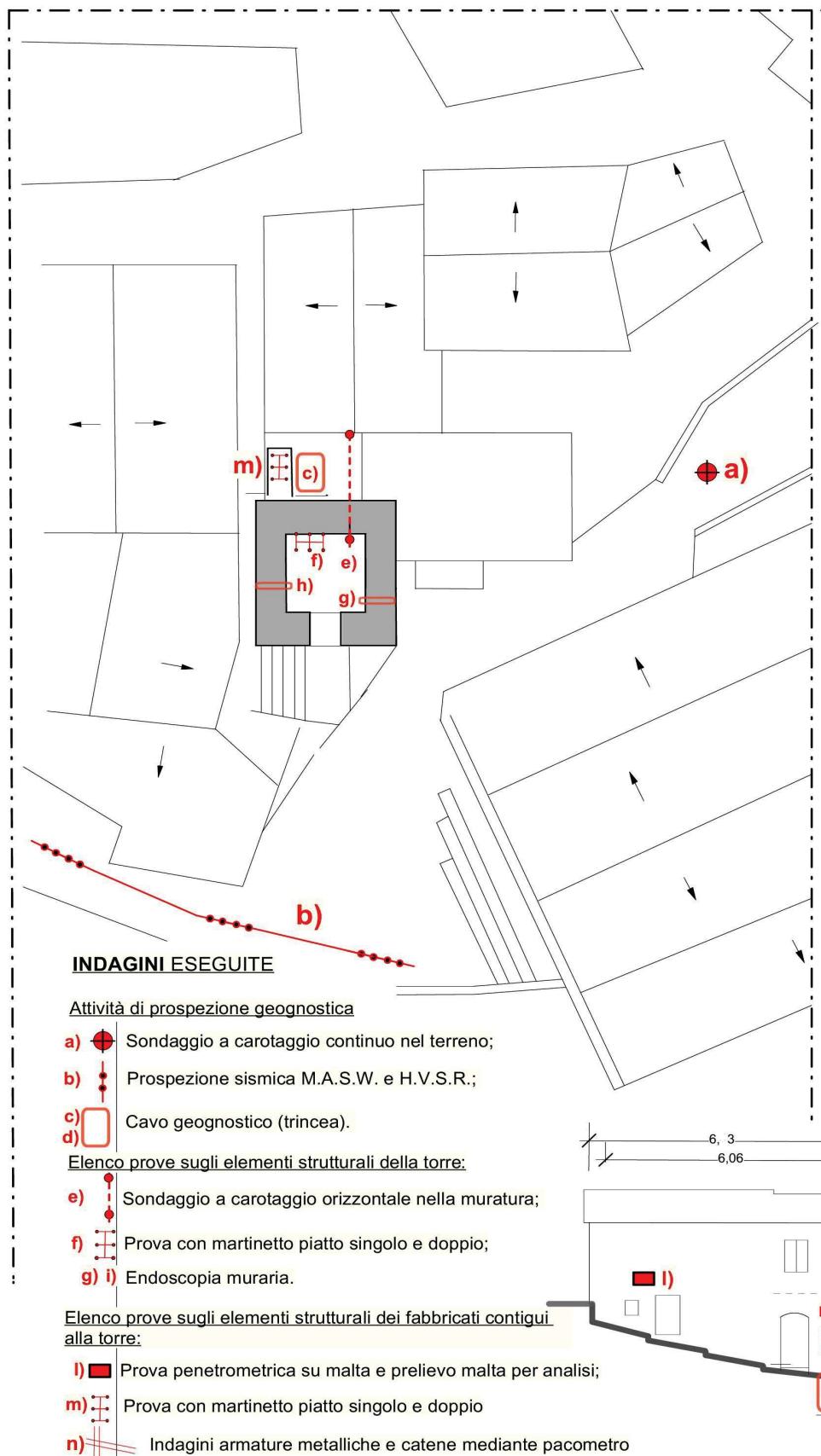
Il Tecnico Esecutore

Geom. Biagio Salerno

Il Responsabile del Laboratorio

Ing. Giovanni Marco Ferricola

Resoconto lavori di indagine



rapporto ITALPROVE:
SITUAZIONE INDAGINI
a lavori conclusi

PROGETTO di FATTIBILITÀ TECNICO-ECONOMICA

Intervento di sicurezza sismica della Torre civica correlata alla Chiesa di S. Martino — Cairano - (AV) CUP F86J22000080006
arch. Lucrezia V. Ricciardi

INDAGINI GEOLOGICHE



settembre 2024
Perforazione con sonda a
rotazione e carotaggio
continuo, a circolazione
d'acqua, spinta alla profondità
di 30 metri.



luglio 2024
Prospezione geofisica con tecnica MASW, eseguita con sismografo

INDAGINI STRUTTURALI sulla TORRE

Iuglio - settembre
Saggio sulle murature livello pianoterra



**Prelievo Carota muratura
livello pianoterra**

INDAGINI STRUTTURALI sugli edifici limitrofi alla TORRE



***Prova con Martinetto Piatto
edificio a monte della torre***



***Scavo in fondazione
edificio a monte della
torre***



***Prove Penetrometrica su malta
edificio a monte della torre- pianoterra***

Dott. Giuseppe Rosa

Geologo
Via G. Leopardi, 15
83040 Conza della Campania (AV)
e-mail: peppinorosa@alice.it

Cell.: 328/1908599

COMUNE DI CAIRANO

Provincia di Avellino

**MESSA IN SICUREZZA SISMICA DELLA TORRE CIVICA
CORRELATA ALLA CHIESA DI SAN MARTINO, CAIRANO (AV)**

COMMITTENTE: PARROCCHIA SAN MARTINO

STUDIO GEOLOGICO-TECNICO E SISMICO

Ottobre 2024

TECNICO INCARICATO
Dott. Giuseppe ROSA

Dott. Giuseppe Rosa

geologo

INDICE

1	Premessa	pag. 3
2	Inquadramento geologico strutturale	pag. 4
3	Geomorfologia e idrogeologia	pag. 5
4	Stato di fatto e Risultati delle indagini	pag. 7
5	Geolitologia e geotecnica	pag. 10
6	Interventi proposti	pag. 14
7	Sismicità di Cairano	pag. 15
8	Pericolosità sismica	pag. 20
9	Pericolosità sismica di base	pag. 23
10	Pericolosità sismica locale	pag. 28
11	Categoria di sottosuolo	pag. 31
12	Azione sismica, parametri sismici e coefficienti sismici	pag. 33
13	Conclusioni	pag. 36
14	Allegati	pag. 37
15	Stralcio mappa catastale	pag. 38

1 - PREMESSA

In base all'incarico affidatomi da Mons. Tarcisio Luigi Gambalunga, Responsabile dell'Arcidiocesi di Sant'Angelo dei Lombardi, Conza, Nusco, Bisaccia con sede in Via Belvedere n.1 del comune di Sant'Angelo dei Lombardi (AV), nel centro storico del Comune Cairano (AV) e più specificatamente tra via S. Sofia a nord-ovest e via S. Leone a sud-est, in corrispondenza della Torre Civica annessa alla Parrocchia San Martino, riportata in catasto al foglio n. 8 e contraddistinta dalla lettera D, è stato eseguito uno studio geologico-tecnico teso a:

- ◆ verificare la fattibilità del progetto in rapporto alla stabilità d'insieme della zona;
- ◆ individuare e definire le tipologie per eventuali interventi di bonifica e/o di consolidamento dell'area d'intervento;
- ◆ stimare i valori dei principali parametri fisico-meccanici del sottosuolo direttamente o indirettamente influenzato dal manufatto (volume significativo);
- ◆ acquisire i dati qualitativi e quantitativi indispensabili per una corretta progettazione delle opere strutturali individuate e programmate.

L'indagine è consistita nel rilevamento geologico di dettaglio di una vasta zona limitrofa all'area di intervento, nonché nella valutazione della stabilità di quest'ultima in base all'analisi dei processi e dei lineamenti morfoevolutivi.

La verifica delle caratteristiche idrogeologiche e litotecniche dei terreni presenti nel sottosuolo è stata eseguita mediante un sondaggio meccanico a rotazione e caroggio continuo, nonché una prospezione sismica tipo Masw. I dati raccolti sono stati integrati, raffrontati e correlati con quelli già acquisiti tramite pregresse indagini geognostiche, geotecniche e geofisiche effettuate su terreni con caratteristiche litologiche simili.

2 - INQUADRAMENTO GEOLOGICO STRUTTURALE

L'abitato di Cairano insiste sul fianco Nord della sinclinale il cui asse coincide con l'alta valle del fiume Ofanto. La predetta struttura si è originata nella fase tettonica compressiva medio pliocenica ed è delimitata a Sud dall'anticlinale di Pescopagano e a Nord dall'anticlinale di M. Mattina.

I terreni affioranti, ascrivibili al ciclo di sedimentazione del Pliocene inferiore medio, alla sommità sono costituiti dalla formazione arenaceo-conglomeratica di spessore superiore ai 100 mt e alla base dalle argille grigio-azzurre con una potenza dell'ordine delle centinaia di metri. Nella parte più orientale dell'abitato, zona del cimitero, i terreni arenaceo-conglomeratici sono ricoperti da alternanze di sabbie ed argille di spessore variabile da qualche metro a qualche decina di metri.

Questi terreni giacciono su rocce prevalentemente argillose ed arenacee attribuibili alle Unità Irpine e alle Unità Lagonegresi, hanno uno spessore complessivo di 2500-3000 mt circa e a loro volta, poggiano sulle rocce calcaree della piattaforma abruzzese-campana.

Il territorio comunale viene a trovarsi in posizione centrale rispetto alle principali strutture sismogenetiche. Quest'ultime orientate NW-SE coincidono con le faglie profonde che bordano una fascia ampia da 30 a 40 Km che da circa 700.000 anni è andata soggetta a notevoli sollevamenti. Tale fascia è delimitata ad Ovest dall'allineamento che partendo dall'alta valle dell'Agri, attraverso la valle del Melandro e le alte valli del Sele, dell'Ofanto e del Calore raggiunge il Matese orientale e ad Est dalla direttrice che dal Vulture, attraverso Aquilonia e la Baronia raggiunge Ariano Irpino.

Il Comune di Cairano, quindi, è ubicato in una fascia che risente soprattutto dei sismi che si originano lungo le strutture sismogenetiche profonde del margine occidentale.

3 - GEOMORFOLOGIA ED IDROGEOLOGIA

3.1 - Geomorfologia

L'assortimento litologico, le condizioni strutturali e le caratteristiche di permeabilità delle rocce hanno condizionato l'evoluzione morfologica del versante studiato.

Particolarmente evidente è il controllo diretto ed indiretto della litologia sulle forme del rilievo. Ai termini prevalentemente lapidei (formazione arenaceo-conglomeratica), più resistenti all'erosione, sono associati versanti a notevole acclività scarpate a forte pendenza e/o fenomeni di crolli localizzati. Anche in corrispondenza delle litologie meno competenti e più soggette alla degradazione superficiale, come le coperture detritico eluviali, si riscontrano forme abbastanza ripide e scoscese, associate talvolta a circoscritti dissesti superficiali.

I terreni affioranti sono costituiti da argille grigio-azzurre compatte alla base e da sabbie, arenarie e conglomerati alla sommità (centro urbano). Quest'ultimi sono caratterizzati da scarsa matrice sabbiosa, da ciottoli poligenici con dimensioni variabili da 5 a 15 cm circa e da strati con spessori mediamente compresi tra 20 e 40 cm circa.

La dorsale su cui è attestato il centro urbano, allungata secondo la direzione Ovest-Est, a nord è troncata da una rupe con pareti subverticali, interessata dal distacco di prismi rocciosi, a sud va degradando con acclività piuttosto accentuate.

La fascia urbanizzata, grazie alle buone caratteristiche geomeccaniche dei terreni del sottosuolo, anche se disseminato di cantine e depositi scavati al di sotto e a servizio delle sovrastanti abitazioni, in linea di massima non denota problemi di stabilità. La morfologia originaria del centro abitato, per il notevole rimodellamento antropico subito nei vari secoli, è stata quasi completamente obliterata e di fatto è difficilmente riconoscibile.

La dinamica geomorfologica prevalente è di tipo gravitativa e solo marginalmente anche torrentizia.

3.2 - Idrogeologia

La formazione conglomeratica, dal punto di vista idrogeologico, è caratterizzata da bassa permeabilità per porosità e fratturazione; al contatto con il substrato argilloso praticamente impermeabile si riscontra una modesta falda idrica di base. Anche all'interno della sovrastante copertura eluviale, caratterizzata da permeabilità variabile da bassa a molto bassa a seconda del grado di alterazione e delle caratteristiche granulometriche, è possibile rinvenire modestissimi accumuli idrici superficiali discontinui arealmente e nel tempo.

3.3 - Idrografia

L'idrografia locale si esplica mediante corsi d'acqua secondari a regime pluviale e a carattere torrentizio: asciutti nel semestre estivo e in piena nei mesi autunnali ed invernali coincidenti con il periodo di massima piovosità. Le acque incanalate di fondo valle esercitano una vivace ed attiva azione erosiva lineare e laterale con conseguenti richiami spondali. Il reticolo idrografico più significativo è ben marcato, profondamente inciso lungo i versanti, non denota brusche variazioni di pendenza e solo marginalmente lambisce il centro abitato con alcune linee d'impluvio che fungono da collettori per le acque dilavanti.

4 - STATO DI FATTO E RISULTATI DELLE INDAGINI

4.1 – Stato di fatto

L’area d’intervento, anche se insiste su un versante ad acclività molto accentuata, non denota problemi di stabilità per le buone caratteristiche geomeccaniche dei terreni del substrato e per l’assenza di elementi morfoevolutivi significativi.

L’area investigata, impostata alla quota di circa 773 mt/s.l.m., è compresa fra via S. Sofia a monte e via S. Leone a valle. Originariamente, a causa della forte pendenza del versante, l’area indagata è stata livellata mediante un ampio terrazzo e le conseguenti scarpate sono state stabilizzate mediante le mura perimetrali del Campanile e della Chiesa.

4.2 – Stratigrafia

Il sondaggio meccanico S₁, spinto alla profondità di 30 mt ed ubicato in prossimità del Campanile, ha evidenziato materiale costituente la massicciata stradale fino alla quota di -0.60 mt e conglomerati in matrice sabbiosa più o meno addensata fino a fondo foro. All’interno di quest’ultimi sono stati riscontrati intercalazioni di livelli costituiti da limo sabbioso debolmente argilloso con clasti arrotondati fra le quote di -4.50 mt e -5.00; nonché sabbia addensata fra -6.70 e 7.00 mt; sabbia addensata con clasti arrotondati fra -8.50 e 10.00 mt, sabbia addensata con clasti a spigoli vivi fra -19.40 e 20.10 mt.

4.3 – Prove di laboratorio

Il laboratorio geotecnico ITALPROVE di Sicignano degli Alburni (SA), su due campioni indisturbati, S₁C₁ e C_{TC} (TC= Torre Civica) prelevati rispettivamente alle profondità di 3.50 ÷ 3.90 mt e 0.00 ÷ 0.40, ha eseguito prove di identificazione, analisi granulometriche, e prove di resistenza meccanica al taglio.

4.3.1 - Caratteristiche fisiche e granulometriche

➤ Campione S₁C₁:

In base alla determinazione granulometrica ricade nel campo della sabbia (42.14) con ghiaia (29.20%) con limo (26.83). Il contenuto naturale d'acqua è del 14.33%. Il grado di saturazione è del 76.45%.

Il peso dell'unità di volume è di 20.00 KN/m³; il peso specifico dei granuli 26.28 KN/m³ e il peso dell'unità di volume saturo 20.77 KN/m³.

➤ Campione C_{TC}:

In base alla determinazione granulometrica ricade nel campo della sabbia (45.18) con ghiaia (27.20%) con limo (25.17). Il contenuto naturale d'acqua è del 11.18%. Il grado di saturazione è del 69.34%.

Il peso dell'unità di volume è di 20.34 KN/m³; il peso specifico dei granuli 26.16 KN/m³ e il peso dell'unità di volume saturo 21.24 KN/m³.

4.3.2 - Resistenza meccanica:

I certificati di laboratorio hanno fatto registrare i valori di seguito riportati:

Campione	Profondità (mt)	Tipo di prova	Coesione: c' (KPa)	Angolo attrito interno: φ' (°)
S ₁ C ₁	3.50-3.90	Taglio diretto CD	4.20	34.41
C _{TC}	0.00-0.40	Taglio diretto CD	3.27	32.29

In base ai valori tabellati si evince che il valore della coesione caratteristica è di 2.97 KPa e quello della deviazione standard di 0.46, mentre il valore dell'attrito interno caratteristico è di 31.61° e la deviazione standard di 1.06.

4.4 – *Indagine sismica*

La prospezione sismica tipo Masw ha consentito di determinare non solo le velocità delle onde Vs, ma anche i valori di tutti gli altri parametri di seguito tabellati:

Dott. Giuseppe Rosa

geologo

Sismostrato (mt)	Spessore (mt)	Vp (m/sec)	Vs (m/sec)	C. Poisson v	M.Taglio G (Kg/cm ²)	M.Young E (Kg/cm ²)	M.Incompressibil. K (Kg/cm ²)
S1	1.2	1292	520	0.33	3306	9279	16018
S2	1.5	1292	535	0.30	3502	9781	15756
S3	1.9	1294	517	0.43	3543	9957	17472
S4	2.4	1411	522	0.40	3884	11036	23244
S5	3.0	1566	558	0.35	5088	14522	33227
S6	3.8	1890	721	0.36	9021	25524	49894
S7	4.7	2358	956	0.38	16789	47060	79670
S8	5.9	2867	1184	0.39	27145	75858	123057
S9	7.3	3329	1371	0.40	40234	112489	183666

I valori registrati evidenziano la presenza di nove orizzonti sismici a rigidità crescente con l'aumentare della profondità.

5 - GEOLITOLOGIA E GEOTECNICA

Il rilevamento diretto e le indagini geognostiche e sismiche hanno consentito di pervenire ad una caratterizzazione litostratigrafica e geotecnica del sottosuolo delle aree indagate.

5.1 - *Costituzione del sottosuolo*

Al di sotto del materiale di riporto si rinviene la formazione arenaceo-conglomeratica a matrice sabbiosa. Quest'ultima, sotto il profilo litologico, è costituita da ciottoli di natura prevalentemente calcarea ed arenacea, aventi mediamente dimensioni variabili tra i 15 e i 5 cm di diametro. Il substrato di detti terreni è costituito dalle argille grigio-azzurre plioceniche.

Nel caso specifico, quindi, il sottosuolo è schematizzabile mediante due orizzonti: la formazione arenaceo-conglomeratica e la sovrastante copertura detritica alterata framista a materiale di riporto, di spessore variabile da 0.80 a 3.00 mt circa.

Sul lato valle del campanile, in particolare, l'esplorazione diretta di ripostigli, sottani, anfratti e caditoie ha consentito di desumere che la coltre detritica si rinviene alla profondità di 1.00 circa rispetto alla sede stradale.





5.2 - Proprietà fisico-meccaniche

Nel caso specifico i valori dei principali parametri geotecnici sono stati desunti dalle prove di laboratorio eseguite su due campioni prelevati in corrispondenza del foro S1 e alla base del campanile.

5.2.1 – *Copertura detritica*

I detriti prevalentemente sabbioso-limosi debolmente argillosi, con percentuali variabili di ghiaia e ciottoli, costituiscono un insieme disomogeneo ed anisotropo caratterizzato da una modesta coesione e da un grado consistenza abbastanza buono.

I valori dei principali parametri geomecanici, mediamente e a favore della sicurezza, possono schematizzarsi come segue:

- peso dell'unità di volume: $\gamma = 18.0 \div 19.0 \text{ KN/m}^3$
- coefficiente di coesione: $c' = 1.5 \div 2.0 \text{ KPa}$
- angolo di attrito interno: $\phi' = 21^\circ \div 24^\circ$

5.2.2 – *Formazione arenaceo-conglomeratica*

Include conglomerati, arenarie e sabbie più o meno cementati e stratificati, con fratture subverticali orientate in prevalenza W-E e N-S e colore variabile dal giallastro al rossastro. Localmente si riscontrano intercalazioni lentiformi di natura limoso-sabbiosa o argillosa.

Le arenarie sono generalmente caratterizzate da cementazione bassa o medio bassa e da coesione compatibile con quella di una roccia sciolta propriamente detta. Le sabbie variamente addensate sono dotate di una pseudocementazione derivante dalla composizione granulometrica e dal carico geostatico.

Il conglomerato si presenta ben cementato se il legante è di tipo calcitico, oppure mediamente cementato, ossia in condizioni tali da consentire la facile asportazione dei singoli clasti con le mani o raschiando con il martello, se il cemento è di natura sabbiosa argillosa. La natura dei ciottoli è prevalentemente calcarea, calcareo-seliosa, seliosa, calcareo-marnosa, nonché arenacea. I diametri variano da qualche mm ad alcuni decimetri, ma possono raggiungere anche dimensioni maggiori. La frazione più grossolana oscilla tra il 15% ed il 30%.

Dott. Giuseppe Rosa

geologo

Il diverso grado di addensamento e/o di diagenesi condiziona le proprietà geomeccaniche dei litotipi in esame e ne determina locali variazioni in un campo piuttosto ampio.

I valori medi dei principali parametri fisico-meccanici, a favore della sicurezza, si evincono dallo schema di seguito riportato:

- peso dell'unità di volume: $\gamma = 20.0 \text{ KN/m}^3$
- coefficiente di coesione: $c' = 2.5 \div 3.0 \text{ KPa}$
- angolo di attrito interno: $\phi' = 30 \div 31^\circ$

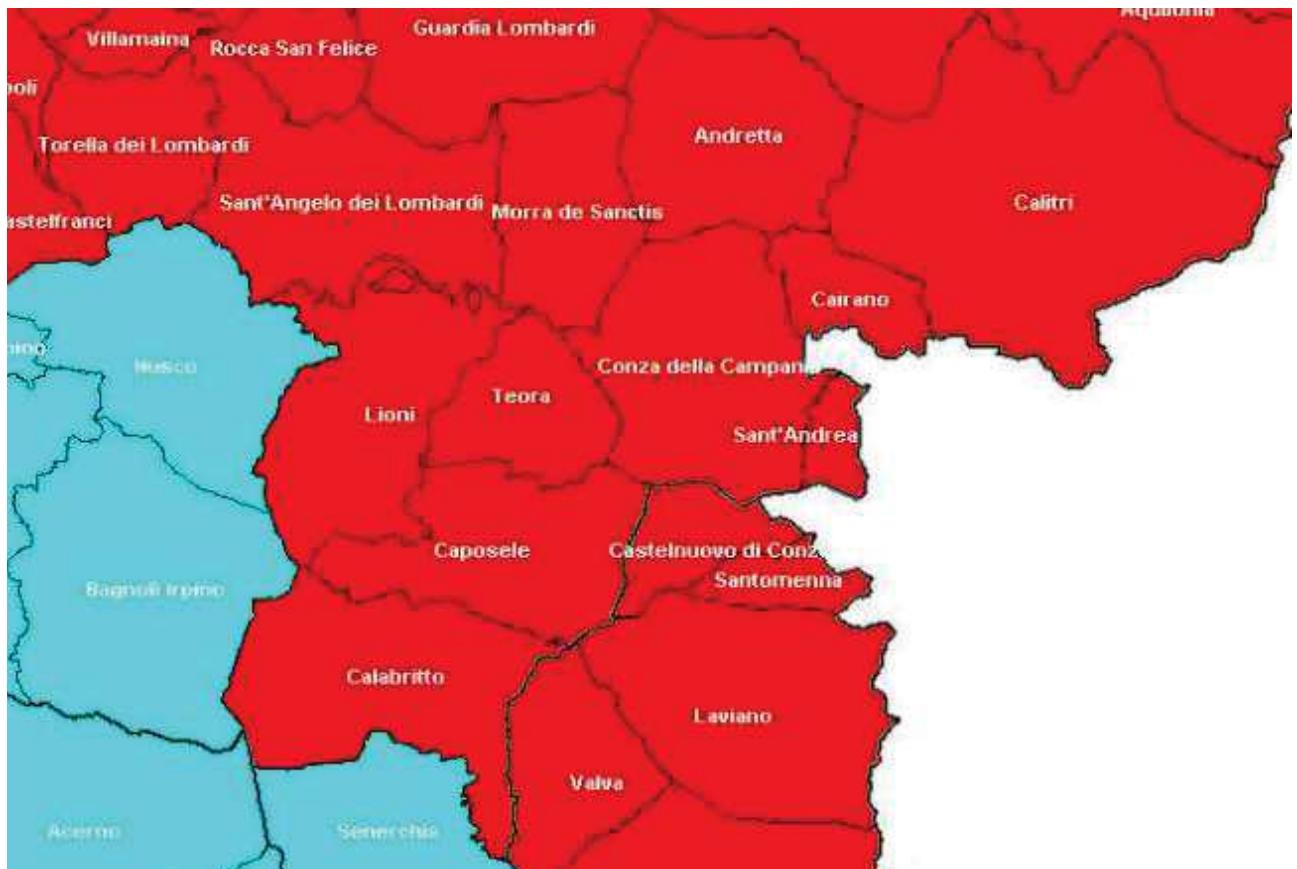
Per il coefficiente di Poisson è possibile assumere il valore $\nu = 0.35 \div 0.38$, per il Modulo di Taglio $G = 3884 \div 5088 \text{ Kg/cm}^2$ e per il modulo di Young $E = 11036 \div 14522 \text{ Kg/cm}^2$.

6 - INTERVENTI PROPOSTI

In considerazione del limitato spessore dello strato detritico corticale frammisto a riporto e delle buone caratteristiche geotecniche del sottosuolo, l'intervento di ristrutturazione è subordinato, qualora dal punto di vista ingegneristico se ne ravvisasse la necessità, all'eventuale adeguamento antisismico della fondazione mediante l'ampliamento della superficie di trasmissione dei sovraccarichi. L'obiettivo può essere conseguito mediante l'ammorsamento della muratura preesistente con cordoli armati perimetrali collegati trasversalmente ed attestati sullo strato detritico più consistente o direttamente sul substrato lapideo compatto.

7 – SISMICITÀ DI CAIRANO

Nel caso specifico, come si evince dallo stralcio della mappa della *Classificazione sismica della Regione Campania (Dgr 5447/2002)* di seguito riportata:



CLASSIFICAZIONE

(In parentesi: numero dei Comuni)

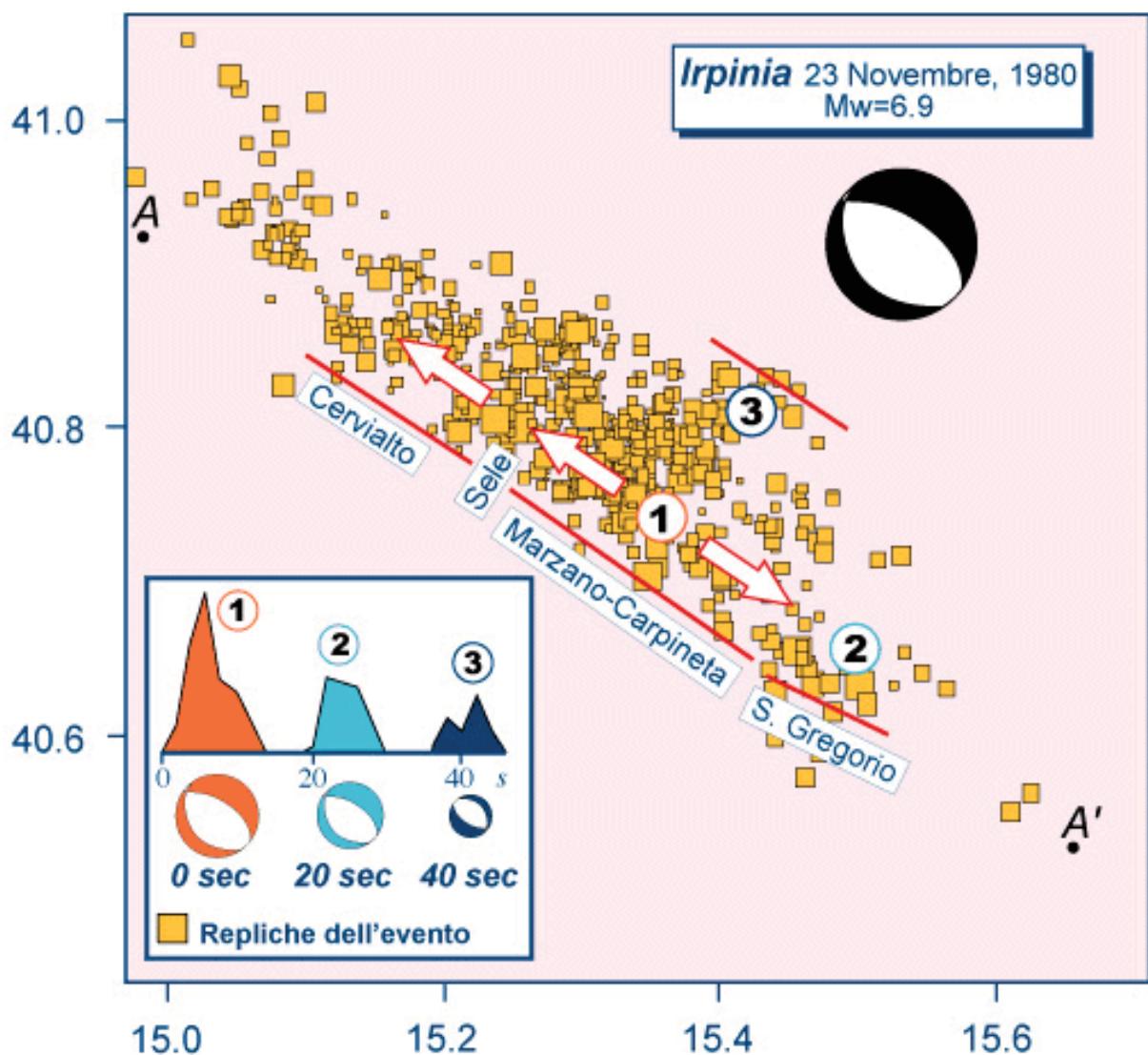
- | | | |
|--|------------------------------|--------------|
| ■ | 1 - Elevata sismicità | (129) |
| ■ | 2 - Media sismicità | (360) |
| ■ | 3 - Bassa sismicità | (62) |

il Comune di Cairano ricade all'interno della zona rossa e quindi è caratterizzato da elevata sismicità.

Per l'area di studio, l'evento sismico più significativo è stato il terremoto del 23.11.1980 che ha fatto registrare una magnitudo pari a 6.9 della scala Richter.

La faglia che causò questo terremoto, come si evince dalle figure di seguito riportate, è "lunga circa 35 km e va dalla zona del Monte Cervialto vicino al paese di Lioni, fino all'abitato di San Gregorio Magno, costeggiando il massiccio del Monte Marzano".

L'Epicentro, dopo 40 sec dal primo evento (SITO 1), è stato localizzato vicino al paese di Conza della Campania (SITO 3).





7.1 – Sismicità Storica di Cairano

Per quanto attiene alla sismologia storica, il primo "Catalogo dei Terremoti Italiani dall'anno 1000 al 1980" del Progetto Finalizzato Geodinamica fu pubblicato nel 1985 da Daniele Postpischl (Postpischl, 1985a).

Trent'anni dopo, grazie anche agli sviluppi metodologici maturati nell'ambito di alcuni progetti europei e, soprattutto, al considerevole quantitativo di nuovi dati di intensità pubblicati in questi ultimi cinque anni, unitamente a stime aggiornate delle magnitudo strumentali, è stato realizzato, insieme alla nuova versione del database macrosismico associato DBMI, il *Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani* (CPTI 15).

La nuova versione CPTI15 è un ulteriore importante contributo al miglioramento delle conoscenze sui caratteri della sismicità del territorio nazionale, la definizione dei processi sismogenetici, l'identificazione e caratterizzazione delle strutture attive e al miglioramento delle stime di pericolosità. (Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B., Gasperini P. (eds), 2016. *CPTI15, the 2015 version of the Parametric Catalogue of Italian Earthquakes. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia*).

PlaceID	IT_60653
Coordinate (lat, lon)	40.895, 15.369
Comune (ISTAT 2015)	Cairano
Provincia	Avellino
Regione	Campania
Numero di eventi riportati	17

Effetti		In occasione del terremoto del										
Int.		Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw	
7-8	■	1466	01	15	02	25		Irpinia-Basilicata	31	8-9	5.98	
10	■	1694	09	08	11	40		Irpinia-Basilicata	251	10	6.73	
7	■	1732	11	29	07	40		Irpinia	183	10-11	6.75	
6	■	1851	08	14	13	20		Vulture	103	10	6.52	

Dott. Giuseppe Rosa

geologo

Effetti		In occasione del terremoto del									
Int.		Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
7		1910	06	07	02	04		Irpinia-Basilicata	376	8	5.76
5-6		1930	07	23	00	08		Irpinia	547	10	6.67
7		1980	11	23	18	34	5	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.81
4-5		1991	06	20	11	32	1	Potentino	26	5-6	3.71
4-5		1996	04	03	13	04	3	Irpinia	557	6	4.90
3-4		1999	04	05	07	51	5	Irpinia	57	4-5	3.99
NF		2002	04	18	20	56	4	Appennino lucano	164	5	4.34
4		2002	11	01	15	09	0	Molise	638	7	5.72
3		2003	06	01	15	45	1	Molise	501	5	4.44
3		2004	02	23	19	48	4	Appennino lucano	107	4-5	3.82
3		2004	02	24	05	21	2	Appennino lucano	140	5	4.21
NF		2004	09	03	00	04	1	Potentino	156	5	4.41
NF		2006	05	29	02	20	0	Gargano	384		4.64

- Int: intensità al sito
- Anno, mese (Me), giorno (Gi), ora (Or), minuti (Mi) in cui si è verificato l'evento sismico;
- NMDP: numero di località alle quali è stata assegnata l'intensità macrosismica;
- Io: massima intensità epicentrale in scala MCS (indica la misura dei suoi effetti distruttivi e si valuta in base agli effetti locali e potenziali dei danni prodotti);
- Mw: magnitudo in scala Richter (energia totale sviluppata dal sisma e calcolata in funzione dell'ampiezza delle oscillazioni del suolo rilevate dai sismografi).

8 – PERICOLOSITÀ SISMICA

La *pericolosità sismica* viene definita come la probabilità che in un'area determinata e in un certo intervallo di tempo si verifichi un terremoto che superi una soglia di intensità, magnitudo o accelerazione di picco.

Attualmente la valutazione della pericolosità sismica di riferimento sul territorio italiano si basa su un approccio *probabilistico* (*PSHA, probabilistic seismic hazard analysis*) che consiste nella stima della probabilità che si verifichi un livello di scuotimento sismico maggiore di quello indicato nella mappa, entro un dato periodo di tempo.

Il livello di scuotimento può essere espresso mediante un parametro caratteristico: in genere la classificazione sismica ed anche le norme tecniche per le costruzioni fanno riferimento all'accelerazione orizzontale massima su suolo rigido (PGA, *peak ground acceleration*), utile ai fini della classificazione del territorio, ossia ai valori di accelerazione proposti dalla mappa di pericolosità sismica MPS04.

Al riguardo è bene precisare che i risultati dell'analisi probabilistica sono sempre relativi al cosiddetto "suolo rigido", ossia non tengono conto di come il moto sismico possa essere modificato in superficie.

L'approccio probabilistico fornisce mappe di pericolosità, ciascuna relativa ad un valore della probabilità che si verifichi un livello di scuotimento sismico maggiore di quello indicato dalla mappa stessa in un certo intervallo di tempo (usualmente di 50 anni), o a un determinato valore del tempo di ritorno.

La pericolosità sismica, a parità di intervallo di tempo considerato, sarà tanto più elevata quanto più probabile sarà il verificarsi di un terremoto di elevata magnitudo.

Nel 2006, con l'OPCM 3519, la Mappa di Pericolosità Sismica MPS04 che descrive la pericolosità sismica attraverso il parametro dell'accelerazione massima attesa con una probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni su suolo rigido e pianeggiante, è diventata ufficialmente la mappa di riferimento per il territorio nazionale.

Nella progettazione di nuove costruzioni ordinarie, quali gli edifici per civili abitazioni, si fa riferimento al livello di scuotimento che ha nella zona una probabilità del 10% di essere superato in 50 anni, che equivale a un tempo di ritorno di 475 anni.

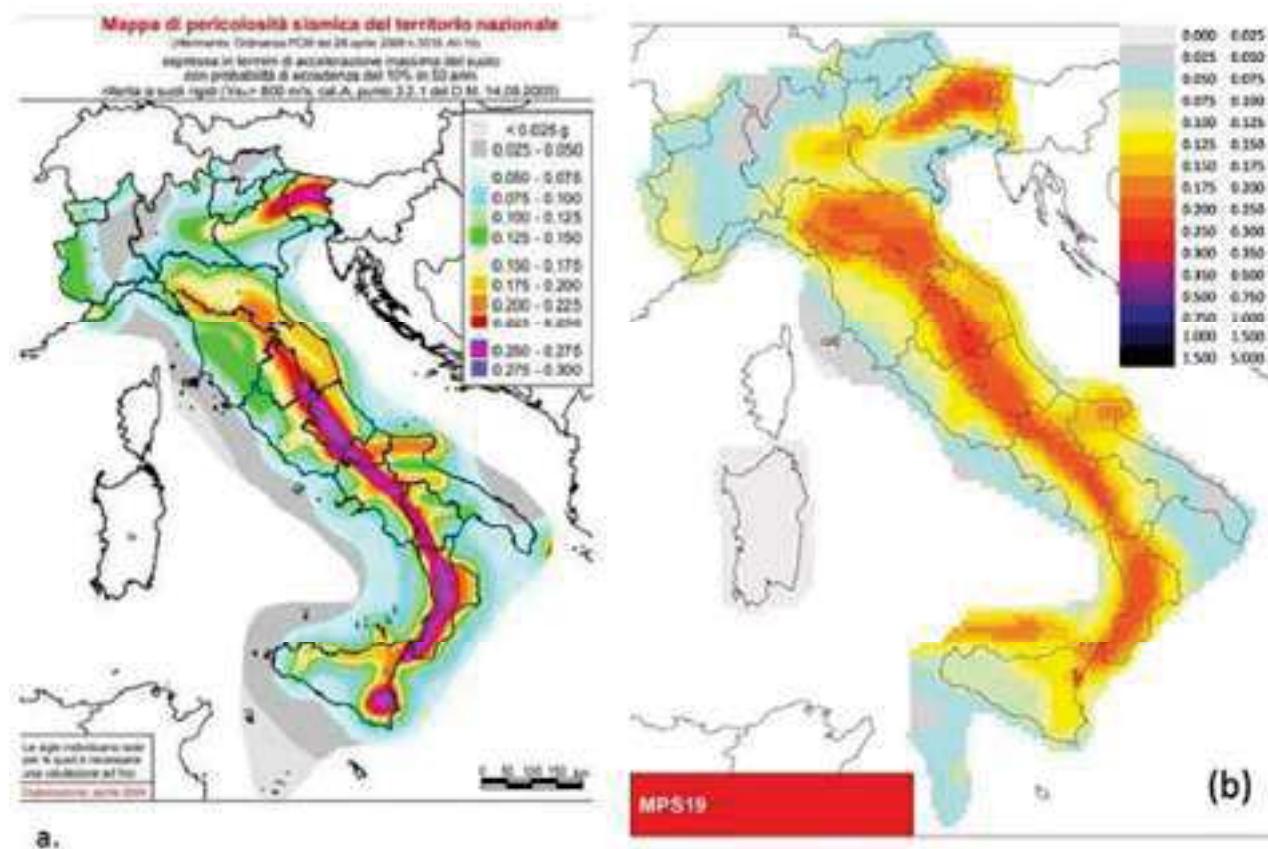
Successivamente, nell'ambito del progetto INGV-DPC S1 (2005-2007), sono state elaborate una serie di mappe di pericolosità sismica, in termini di a_g su suolo rigido per diverse probabilità di eccedenza in 50 anni: 81%, 63%, 50%, 39%, 30%, 22%, 5% e 2%, corrispondenti rispettivamente a periodi di ritorno di: 30, 50, 72, 100, 140, 200, 975 (1000) e 2475 (2500).

Di seguito si riporta la mappa della Pericolosità sismica della regione Campania:



Recentemente, per sopperire alle carenze ed incongruenze riscontrate nella mappa MPS04 e mantenere il passo con i progressi scientifici di quest'ultimi anni, è stato proposto un nuovo modello di Pericolosità sismica (MPS19) basato sull'analisi neo-deterministica (NDSHA).

Nelle figure di seguito riportate è possibile fare il raffronto fra le due mappe.



A sinistra, il modello MPS04. A destra, il modello MPS19

9 – PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

La pericolosità sismica di base calcola (generalmente in maniera probabilistica), per una certa regione e in un determinato periodo di tempo (usualmente 50 anni), i valori di parametri corrispondenti a prefissate probabilità di eccedenza (generalmente 10%).

La pericolosità sismica è il parametro fisico su cui si può basare la progettazione delle nuove costruzioni o il riadeguamento degli edifici preesistenti.

Con le nuove Norme Tecniche sulle Costruzioni, emanate con il DM Infrastrutture del 17.01.2018, la stima della pericolosità sismica non viene più definita mediante l'approccio "zona dipendente", che ancorava la zona sismica ad un valore dell'accelerazione di picco e al relativo spettro di risposta elastico da utilizzare per il calcolo delle azioni sismiche per le costruzioni, ma mediante il criterio "sito dipendente" che, per ogni costruzione, consente di riferirsi ad una accelerazione di riferimento propria, in relazione sia alle coordinate geografiche dell'area di progetto e sia alla vita nominale dell'edificio stesso.

La "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione è definita in termini di:

- accelerazione orizzontale massima attesa **ag** (picco del segnale che ha una certa probabilità (P_{VR}) di essere superato in un periodo di riferimento (V_R) in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido (categoria A), con superficie topografica orizzontale (categoria T1);
- ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente **Se(T)**, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} nel periodo di riferimento V_R .

Le forme spettrali, secondo le nuove NTC (2018), sono definite per 9 differenti periodi di ritorno TR (30, 50, 72, 101, 140, 201, 475, 975 e 2475 anni) a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- ag = accelerazione orizzontale massima del terreno;
- Fo = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_c^* = valore di riferimento per la determinazione del periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale;

Le succitate forme spettrali previste dalle NTC sono caratterizzate da prescelte probabilità di superamento e vite di riferimento e quindi, occorre fissare:

- la vita di riferimento V_R della costruzione;
- le probabilità di superamento P_{VR} nella vita di riferimento associate a ciascuno degli stati limite considerati.

In linea generale, gli stati limite di verifica sono quattro e per ognuno di questi la norma fissa la probabilità di superamento P_{VR} dell'azione sismica nell'arco della vita di riferimento V_R o, in maniera equivalente, il suo periodo di ritorno T_R (in anni), essendo quest'ultimo legato alla probabilità P_{VR} e alla vita V_R (in anni) tramite la seguente relazione:

$$T_R = - V_R / \ln(1 - P_{VR})$$

Stato limite sismico	Sigla	Probabilità di superamento nella vita V_R	Periodo di ritorno (anni)
SL di operatività	SLO	$P_{VR} = 81\%$	$T_R = 0.602 VR$
SL di danno	SLD	$P_{VR} = 63\%$	$T_R = 1.005 VR$
SL di salvaguardia vita	SLV	$P_{VR} = 10\%$	$T_R = 9.491 VR$
SL di Collasso	SLC	$P_{VR} = 5\%$	$T_R = 19.495 VR$

La vita di riferimento dipende dall'importanza della costruzione e si ricava moltiplicandone la vita nominale per il coefficiente d'uso.

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

dove:

V_N : vita nominale della costruzione;

C_U : valore del coefficiente d'uso (dipende dal potenziale numero di perdite per il raggiungimento di un determinato stato limite e quindi discende dall'importanza della struttura (classi d'uso))

C_U	V_N
Classe I: 0,7 Strutture secondarie	≤ 10 Opere provvisorie
Classe II: 1.0 Strutture ordinarie	≥ 50 Opere ordinarie
Classe III: 1.5 Strutture importanti	≥ 100 Grandi opere
Classe IV: 2.0 Strutture strategiche	

Dott. Giuseppe Rosa

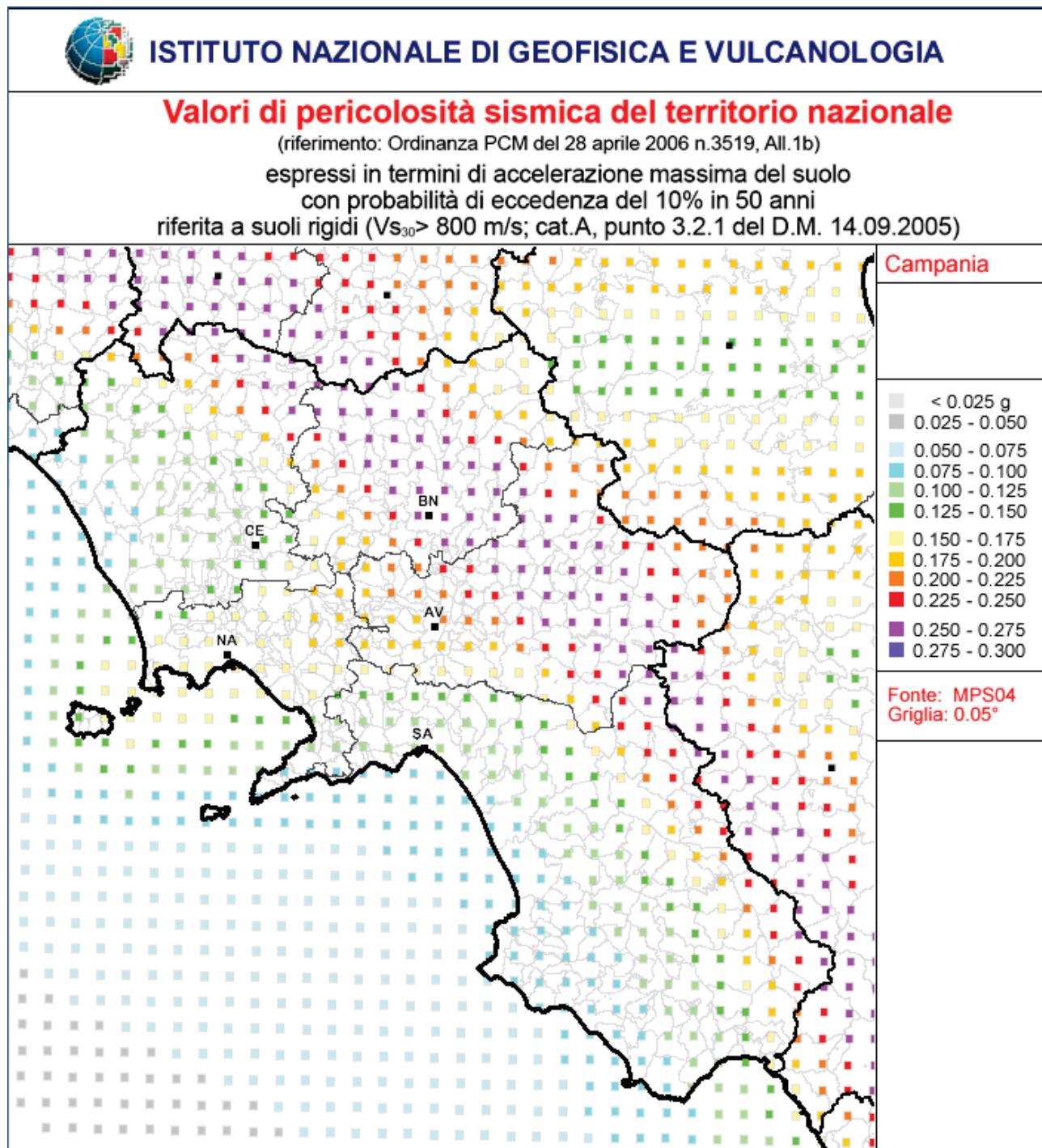
geologo

I valori di ag , nonché di Fo e T^*_C sono forniti dal Ministero (tabella 1 dell'Allegato B) per i 10751 punti del reticolo di riferimento in cui è suddiviso il territorio nazionale (maglie i cui nodi distano meno di 10 Km). Per un qualunque punto del territorio non ricadente nei nodi del reticolo di riferimento, si determinano i quattro vertici della maglia elementare di riferimento e, in base alle tabelle dei parametri spettrali fornite dal ministero, si desumono i valori di riferimento del punto in esame, utilizzando come pesi gli inversi delle distanze tra il punto in questione ed i quattro vertici.

In definitiva, la pericolosità sismica costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati.

La pericolosità sismica è il parametro fisico su cui si può basare la progettazione delle nuove costruzioni o il riadeguamento degli edifici preesistenti.

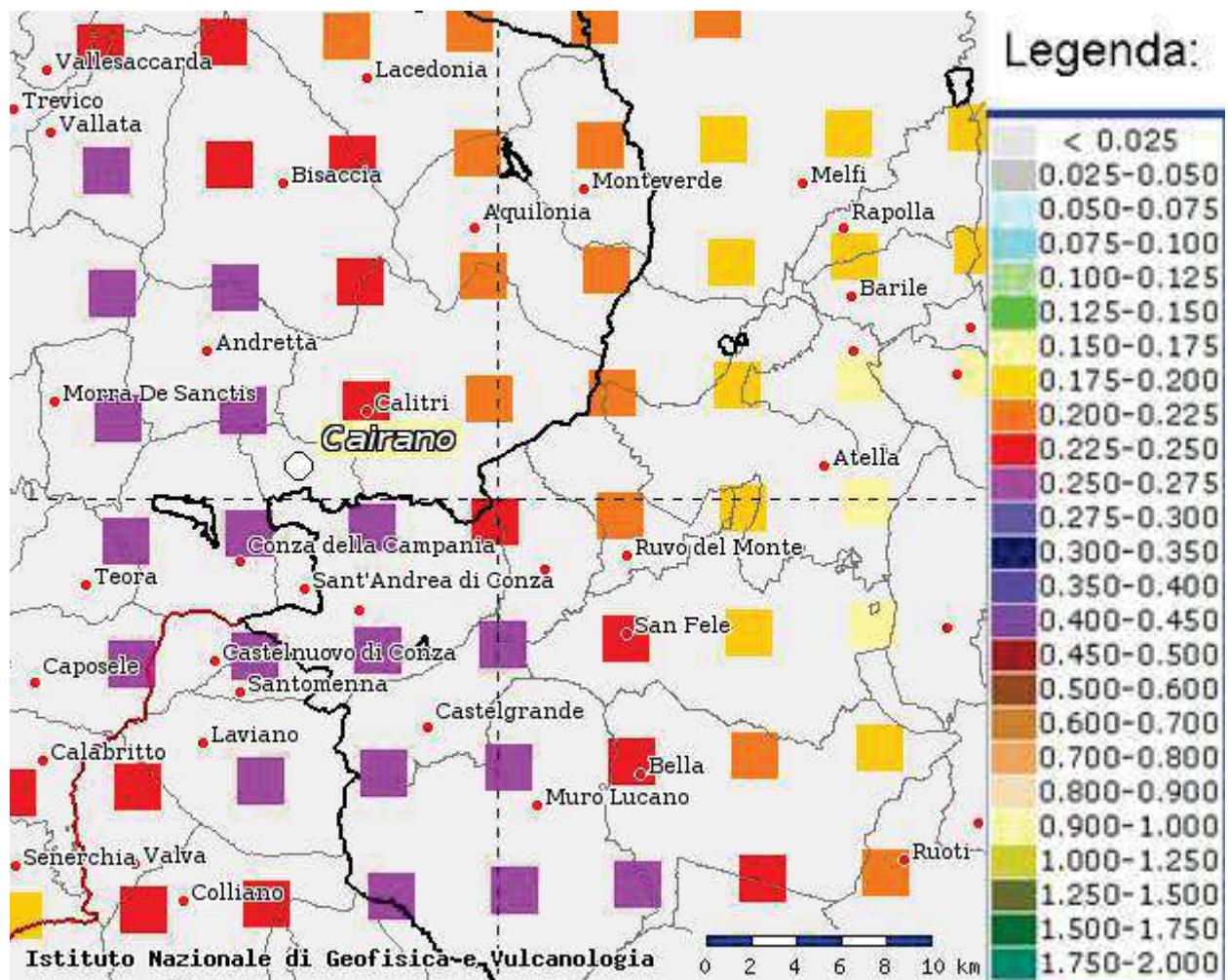
Nella nostra Regione, come si evince dalla mappa di pericolosità sismica di seguito riportata, si riscontrano 8 classi di $amax$.



I valori stimati variano gradualmente da 0.075g lungo la costa, a 0.275 in Irpinia.

Nel caso specifico, come si evince dalla mappa interattiva di pericolosità sismica di seguito riportata:

Mappe interattive di pericolosità sismica



il Comune di Cairano ricade prevalentemente nella zona viola caratterizzata da valori di picco dell'amax = 0.275g e solo marginalmente nella zona rossa con valori di picco dell'amax = 0.250g

10 – PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE (PSL)

Per pericolosità sismica locale (*PSL*) s'intende la modifica delle caratteristiche che il *moto sismico* (in termini di ampiezza, frequenza e durata) subisce nel passaggio dagli strati rigidi (bedrock) ai terreni più soffici, di solito superficiali, in relazione alle caratteristiche meccaniche e stratigrafiche di questi ultimi e alla presenza di peculiari situazioni topografiche e morfologiche.

Gli effetti di sito che influenzano la risposta sismica possono schematizzarsi come segue:

- *Effetti stratigrafici*: depositi costituiti da terreni stratificati di caratteristiche meccaniche diverse da quelle della roccia sottostante; depositi alluvionali con spessori maggiori di 5 mt su substrato roccioso;
- *Effetti di bordo*: depositi detritici di valle, su substrato ad andamento irregolare dove le onde sismiche possono subire fenomeni di rifrazione e riflessione con generazione all'interfaccia di onde superficiali e concentrazioni di energia;
- *Effetti topografici*: sommità di rilievi, creste, promontori, orli di terrazzi morfologici, parti superiori di versanti acclivi.

Per tener conto degli effetti di *amplificazione del moto sismico*, le NTC introducono un coefficiente **S** moltiplicativo dell'accelerazione spettrale $Se(T)$.

Il coefficiente $S = S_s \cdot S_t$ comprende sia gli effetti delle amplificazioni stratigrafiche (S_s) e sia gli effetti delle variazioni topografiche del terreno (S_t).

Il coefficiente di amplificazione stratigrafica S_s , per gli effetti litologico-stratigrafici, è funzione della *categoria di sottosuolo*, ossia del contrasto di impedenza tra la roccia di base e quella del terreno sovrastante, nonché del livello di *pericolosità sismica del sito* (descritto dal prodotto $Fo \cdot ag/g$).

Anche il coefficiente C_c , dipendente anch'esso dalla categoria di sottosuolo, influisce sull'andamento dello spettro di progetto in quanto ne modifica il periodo T_c .

10.1 - *Amplificazione stratigrafica*

Per sottosuoli di categoria **A** i coefficienti S_s e C_c valgono 1.

Per le altre categorie di sottosuolo (B, C, D ed E), i succitati coefficienti S_s e C_c possono essere calcolati, in funzione di F_o e T_c^* relativi al sottosuolo di categoria A, mediante le espressioni fornite nella Tab. 3.2.IV

Tab. 3.2.IV - Espressioni di S_s e di C_c

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

10.2 - *Condizioni topografiche*

Per configurazioni superficiali semplici si può far riferimento alla classificazione di cui alla Tab. 3.2.III:

Tab. 3.2.III

Categ.	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	In corrispondenza della sommità del pendio con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15 \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i \geq 30^\circ$

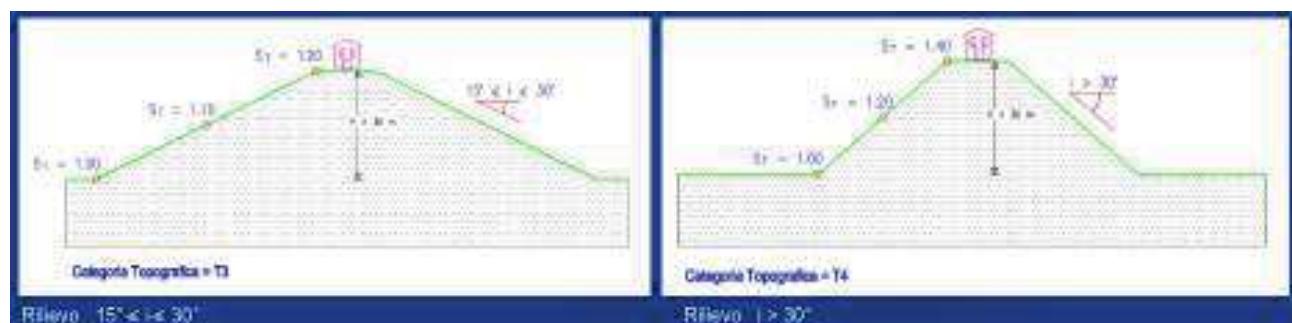
Dette categorie topografiche, se di altezza maggiore di 30 mt, devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica.

I valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica ST, funzione della configurazione topografica (Tab. 3.2.III) e dell'ubicazione dell'opera, sono schematizzati nella Tab. 3.2.V

Tab. 3.2.V

Categ.	Caratteristiche della superficie topografica	S_T
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media $\leq 30^\circ$	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media $\geq 30^\circ$	1,4

Per configurazioni superficiali semplici, se di altezza > 30 m, il valore del fattore di amplificazione topografica subisce un decremento lineare con l'altezza del pendio o rilievo, dalla sommità alla base, come di seguito specificato:



(da Sandro Zeni)

In definitiva, il moto sismico alla superficie di un sito, associato a ciascuna categoria di sottosuolo, è definito mediante l'accelerazione massima (a_{max}) attesa in superficie ed una forma spettrale ancorata ad essa

Il valore dell'accelerazione massima (a_{max}) può essere ricavato dalla relazione:

$$a_{max} = S \cdot ag = S_S \cdot S_T \cdot ag$$

11 – CATEGORIA DI SOTTOSUOLO

Per definire l'azione sismica di progetto si può fare riferimento ad un approccio semplificato che si basa sulla individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento che, rispetto al suolo rigido ed orizzontale, concorrono a modificare l'azione sismica in superficie (RSL).

Con le nuove Norme Tecniche sulle Costruzioni, emanate con il DM Infrastrutture del 17.01.2018, le tipologie di sottosuolo che consentono l'utilizzo dell'approccio semplificato, è definito da 5 categorie (A, B, C, D, E) di profili stratigrafici, come si evince dalla Tabella 3.2.II di seguito riportata:

Tabella 3.2.II

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

La classificazione, in particolare, si effettua in base ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio ($V_{s,eq}$) mediante l'espressione:

$$\frac{H}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{s,i}}}$$

in cui:

h_i spessore dell'i-esimo strato di N strati;

$V_{s,i}$ velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato di N strati.

H profondità del substrato molto rigido con $V_s > 800$ m/s.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 mt, la velocità delle onde di $V_{s,eq}$ è definita dal parametro $V_{s,eq}$, ottenuto ponendo $H = 30$ mt nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

⇒ *Tipologia di sottosuolo*

In sintonia con la nuova normativa sismica e in base ai criteri schemazzati in Tab. 3.2.II è possibile procedere alla caratterizzazione delle unità geologiche indagate.

Nel caso specifico, con riferimento alla prospezione sismica Masw eseguita ai margini della Torre Civica, e più specificatamente ai valori delle $V_{s,eq}$ ³⁰ desunti dalle velocità delle onde di taglio di seguito tabellate:

:

Sismostrato (mt)	Profondità (mt)	Spessore (mt)	V_s (m/sec)	$V_{s,eq}$ (m/sec)	Categoria di suolo
S1	1.2	1.2	520	574	B
S2	2.7	1.5	535		
S3	4.6	1.9	517		
S4	7.0	2.4	522		
S5	10.0	3.0	558		
S6	13.8	3.8	721		
S7	18.5	4.7	956		
S8	24.4	5.9	1184		
S9	31.7	7.3	1371		

il sottosuolo di fondazione, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, è ascrivibile alla categoria **B**.

12 – AZIONE SISMICA, PARAMETRI E COEFFICIENTI SISMICI

Le azioni di progetto si ricavano, ai sensi delle NTC, dalle accelerazioni a_g e dalle relative forme spettrali.

Le forme spettrali sono caratterizzate da prescelte probabilità di superamento e vite di riferimento, per cui occorre fissare:

- la vita di riferimento della costruzione: V_R (in funzione di V_N e C_U);
- le probabilità di superamento nella vita di riferimento PVR associate a ciascuno degli Stati Limite considerati.

Per valutare le azioni sismiche sulle costruzioni si definisce innanzitutto lo “Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali”, indi si procede alla costruzione dello spettro di risposta elastico dell’accelerazione orizzontale $Se(T)$.

Per il calcolo del valore dell’accelerazione massima del terreno che caratterizza il sito, occorre tener conto della *categoria di sottosuolo* e delle *condizioni topografiche*.

In particolare, il coefficiente S_S , connesso all’amplificazione stratigrafica, è determinato in funzione della *categoria di sottosuolo* e del livello di pericolosità del sito di costruzione, definito dal prodotto $Fo \cdot a_g$. A parità di pericolosità sismica del sito, i valori del coefficiente di amplificazione stratigrafica S_S aumentano al diminuire della rigidezza del sottosuolo.

Anche il coefficiente C_C , dipendente dalla categoria di sottosuolo, influenza sull’andamento dello spettro di progetto, in quanto ne modifica il periodo T_C .

I valori del coefficiente topografico S_T viene valutato in funzione delle categorie topografiche e dell’ubicazione dell’opera.

Per la stima della pericolosità sismica del sito (*PSL*), il primo passo consiste nella determinazione, in base alle *coordinate geografiche del sito* in cui è localizzata la costruzione e in funzione di T_R , dei valori dei parametri a_g (accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido), Fo e T^*_c che definiscono le forme spettrali associate ai diversi Stati Limite (SLO, SLD, SLD, e SLC).

Il passo successivo consiste nel calcolo del valore dell’*accelerazione massima attesa al sito* ($a_{max} = a_g \cdot S_S \cdot S_T$) e degli altri parametri e coefficienti sismici, in funzione dei *dati specifici della costruzione* in oggetto e della *categoria di sottosuolo*.

12.1 - Dati di riferimento, Parametri e coefficienti Sismici

Nel caso specifico la pendenza media del versante su cui insiste il fabbricato è del 38% circa e l'inclinazione di 21° circa.

Parametri sismici

Tipo di elaborazione: Stabilità dei pendii e fondazioni

Sito in esame.

latitudine: 40,896454
longitudine: 15,367259
Classe: 2
Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1 ID: 32773	Lat: 40,9199	Lon: 15,3428	Distanza: 3320,758
Sito 2 ID: 32774	Lat: 40,9188	Lon: 15,4089	Distanza: 4289,863
Sito 3 ID: 32996	Lat: 40,8688	Lon: 15,4074	Distanza: 4564,235
Sito 4 ID: 32995	Lat: 40,8699	Lon: 15,3413	Distanza: 3670,127

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: B
Categoria topografica: T2
Periodo di riferimento: 50anni
Coefficiente cu: 1

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento: 81 %
Tr: 30 [anni]
ag: 0,059 g
Fo: 2,367
Tc*: 0,283 [s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 63 %
Tr: 50 [anni]
ag: 0,080 g
Fo: 2,314
Tc*: 0,315 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento: 10 %
Tr: 475 [anni]
ag: 0,261 g
Fo: 2,318
Tc*: 0,375 [s]

Dott. Giuseppe Rosa

geologo

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento: 5 %
Tr: 975 [anni]
ag: 0,360 g
Fo: 2,298
Tc*: 0,422 [s]

Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii SLO:

Ss: 1,200
Cc: 1,420
St: 1,200
Kh: 0,017
Kv: 0,009
Amax: 0,837
Beta: 0,200

SLD:

Ss: 1,200
Cc: 1,390
St: 1,200
Kh: 0,023
Kv: 0,012
Amax: 1,129
Beta: 0,200

SLV:

Ss: 1,160
Cc: 1,340
St: 1,200
Kh: 0,102
Kv: 0,051
Amax: 3,560
Beta: 0,280

SLC:

Ss: 1,070
Cc: 1,310
St: 1,200
Kh: 0,129
Kv: 0,065
Amax: 4,529
Beta: 0,280

Le coordinate espresse in questo file sono in ED50
Geostru

Coordinate WGS84
latitudine: 40.895464
longitudine: 15.366411

13 - CONCLUSIONI

L'area indagata offre sufficienti garanzie di stabilità anche in prospettiva sismica e non denota elementi morfo-evolutivi significativi in grado di comprometterne la stabilità. Il sottosuolo è caratterizzato da nove orizzonti sismici a diverso grado di rigidità.

La successione stratigrafica è costituita dalla formazione di base di natura prevalentemente arenaceo-conglomeratica a diverso grado di cementazione e dalla sovrastante copertura detritica frammista a riporto.

La falda, in corrispondenza del piano fondale, è praticamente assente.

L'area è soggetta ad un'attività sismica elevata se indotta dai terremoti documentati con epicentro nell'ambito del territorio provinciale e medio-bassa se causata dagli eventi più intensi provenienti dalle province limitrofe.

Nell'area non sono presenti faglie superficiali, discontinuità o cavità tali da indurre un pericolo sismico aggiuntivo.

Il sottosuolo di fondazione è ascrivibile alla categoria “B”.

In relazione all'assetto stratigrafico e topografico l'area è suscettibile di locale amplificazione sismica.

In corso d'opera si procederà al controllo della rispondenza tra la caratterizzazione geotecnica assunta e la situazione effettiva.

Dott. Giuseppe Rosa

geologo

ALLEGATI

