

# Azienda ospedaliera di Caserta Sant'Anna e San Sebastiano di rilievo nazionale e di alta specializzazione

Via F. Palasciano - 81100 Caserta



Responsabile Unico del Procedimento: Arch. Virgilio Patitucci

Progettisti incaricati - Mandataria

**STANCANELLI RUSSO ASSOCIATI**

Uffici e sede legale: Via De Caro, 104 - Catania, 95126

stancanelli russo  
associati

Mandanti:

**COMMA ENGINEERING SOCIETA' DI INGEGNERIA COOPERATIVA**

Sede legale: Via Aldebaran, 21 - Catania, 95127

**COMMA ENGINEERING**società di ingegneria cooperativa  
Via Dottor Consoli, 100 - 95124 Catania - Italy  
p. iva 05459940879**MELITA PENNISI INGEGNERE**

Via Angelo Musco, 13 - Aci Castello (CT), 95021

**SALVATORE PALILLO GEOLOGO**

Via Fratelli Vigna, 117 - Enna (EN), 94100

Project Manager: Ing. Antonio Russo

Sicurezza: Ing. Salvatore Asero

Progetto Architettonico: Arch. Salvatore Contrafatto  
Ing. Antonio RussoProgetto Strutture: Ing. Claudio Carbone  
Ing. Cesare Costantino  
Ing. Ignazio Stancanelli

Bim Manager: Ing. Anna Stancanelli

Progetto Antincendio: Ing. Ignazio Stancanelli

Bim Coordinator: Arch. Alessia Lo Blanco

Progetto impianti: Ing. Emanuele Stancanelli  
Ing. Melita Pennisi

Geologia ed indagini geognostiche: Geol. Salvatore Palillo

Giovane Professionista: Ing. Vincenzo Sichera

Consulenti: Ing. Luigi Asero, Ing. Pietro Campolo, Ing. Giuseppina Cellino Caudo, Ing. Andrea Consoli, Ing. Claudio Consoli, Ing. Antonio Garozzo, Ing. Carmela Garozzo, Arch. Francesca Garozzo, Ing. Giulia La Ganga Vasta, Ing. Salvatore Lamberti, Ing. Daniele Piazzese, Ing. Giada Randisi, Ing. Salvatore Rigaglia, Ing. Rosario Rosso, Ing. Antonino Russo, Arch. Antonino Salanitro, Arch. Maria Stancanelli, Ing. Caterina Tamburino

Descrizione Commessa:

**PROGETTAZIONE DEFINITIVA, ESECUTIVA, COORDINAMENTO DELLA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE E PERIZIA GEOLOGICA RELATIVA ALLA RISTRUTTURAZIONE DEL DAY SURGERY, POSTO AL 3° PIANO DELL' 'EDIFICIO F', E DEMOLIZIONE E RICOSTRUZIONE DELL' 'EDIFICIO G'**

EMIS./REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDAT.	CONTR.
	11.12.2020			

Fase di Progetto

**Esecutiva**

Disciplina

**GEO**

Descrizione tavola

**Relazione Geologica**

Codice del Progetto

**2012OSPCAS****Scala****Codice Tavola PE.0.GEO.GE.RE.01**



## Sommario

1. PREMESSA.....	2
2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO DEL SITO.....	3
3. CARATTERISTICHE GEOLOGICHE E GEOMORFOLOGICHE DEL SITO.....	4
4. ASPETTI IDROGEOLOGICI.....	7
5. CARATTERISTICHE PROGETTUALI DELL'INTERVENTO DA REALIZZARE.....	8
6. INDAGINE GEOGNOSTICA.....	10
6.1 Indagine stratigrafica mediante sondaggi a carotaggio.....	11
6.2 Prove S.P.T. Standard Penetration Test.....	12
6.3 Prove di laboratorio su campioni indisturbati.....	13
6.4 Prova sismica M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves).....	14
6.5 Prova di sismica passiva HVSr.....	15
7. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL SITO.....	16
8 CLASSIFICAZIONE E CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SUOLO.....	16
8.1 Condizioni topografiche.....	19
8.2 Parametri di pericolosità sismica.....	19
9. CONSIDERAZIONI A CARATTERE GEOTECNICO.....	20
9.1 Scelta del tipo di fondazione.....	21
9.2 Raccomandazioni e prescrizioni finali.....	22

## Allegati alla relazione:

- 1\_inquadramento geografico*
- 2\_IGM 1:25.000*
- 3\_CTR 1:10.000*
- 4\_Aerofotogrammetria 1:2.000*
- 5\_Carta Geologica 1:10.000*
- 6\_Carta Idrogeologica 1:10.000*
- 7\_Piano stralcio Assetto Idrogeologico*
- 8\_Carta della Sismicità*
- 9\_Planimetria con ubicazione indagini 1:1.000*
- 10\_Sezioni geologiche 1:200; 1:100*
- 11\_Report indagine geognostica*

## 1. PREMESSA

A seguito della procedura negoziata ai sensi dell'art. 63, c. 2, lett. a), e c. 6, del D.Lgs. 50/2016 s.mm.ii., criterio dell'offerta economicamente più vantaggiosa ai sensi dell'art.95 c.3, lett. b) del D.Lgs. 50/2016 ss.mm.ii., inerente la progettazione definitiva, esecutiva, coordinamento della sicurezza in fase di progettazione e perizia geologica relativa alla *"ristrutturazione del Day Surgery, posto al 3° piano dell'Ed F, e demolizione e ricostruzione dell'Ed. G"*- Ospedale S. Anna e S. Sebastiano di Caserta - (CIG 82094593E1), lo scrivente dott. geol. **Salvatore Palillo**, iscritto all'Albo Regionale dei geologi di Sicilia al n° 1243 Sez. A, si è aggiudicato lo studio geologico di supporto alla progettazione appena citata (*Delibera di aggiudicazione n° 16 del 26/06/2020*).

Lo scrivente risulta aggiudicatario unitamente al raggruppamento temporaneo di professionisti così costituito: *"Stancanelli Russo Associati", "Comma Engineering società di ingegneria cooperativa", Ing. Melita Pennisi"* (*Atto Costitutivo n° 21614 del 5/08/2020*).

Lo studio redatto ha preso in considerazione gli elementi geologici, idrogeologici, sismici e geotecnici che caratterizzano il sito interessato dall'intervento progettuale. Ai fini della redazione della presente relazione si è tenuto conto del seguente quadro normativo:

**-DPR 328/2001, art. 41 ;**

**-O.P.C.M. del 20 marzo 2003 n. 3274** – *Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica ;*

**-Ordinanza P.C.M. 3519 del 28 aprile 2006** *"Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone" ;*

**-D.G.R. n° 5447 del 7/04/2002** - *"Aggiornamento della classificazione sismica dei comuni della Campania"*

**-Decreto del Ministero delle Infrastrutture del 17 gennaio 2018** – *Aggiornamento Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche ;*

**-P.S.A.I.** (*Piano stralcio per l'assetto idrogeologico – Autorità di bacino Liri-Garigliano, Volturno e Campania centrale*) – art. 1, c.1 D.L. 11.06.1998 n. 180, convertito con modificazioni dalla legge 267/1998, recante *"Misure urgenti per la prevenzione del rischio idrogeologico e a favore delle zone colpite da disastri franosi nella Regione Campania"*;

**-P.T.P. (Piano Territoriale Paesistico)** approvato con la G.U. 23.01.2001 n° 18 ;

**-D.Lgs 152/2006** – *Testo unico per l'ambiente ss.mm.ii.*

**-D.P.R. 120/2017** - *"Disciplina semplificata per la gestione delle terre e rocce da scavo"*;



Per una oggettiva ricostruzione del “*Modello geologico del sito*” si è tenuto conto dei rilievi geologici di superficie eseguiti dallo scrivente e delle indagini geognostiche effettuate recentemente dalla committenza nell’ambito delle “*verifiche sismiche ai sensi dell’OPCM N.3274/03 su edifici appartenenti al complesso ospedaliero di Sant’Anna e San Sebastiano di Caserta*”, così composte:

- ☐ n° 2 sondaggi a carotaggio continuo;
- ☐ n° 17 prove in foro del tipo SPT (*Standard penetration test*)
- ☐ n° 1 prova geofisica del tipo M.A.S.W.

Si è tenuto conto, altresì, di ulteriori indagini eseguite sempre nel medesimo *ambito geologico* e sempre a cura dell’Azienda Ospedaliera, ovvero:

-Indagine geognostica del 2010 avente ad oggetto “*progettazione esecutiva e realizzazione dei lavori di ristrutturazione dell’Ospedale civile di Caserta*” (n° 1 sondaggio a carotaggio continuo di 35 m, n° 5 SPT, anali di laboratorio su campioni indisturbati, prova geofisica del tipo Down Hole).

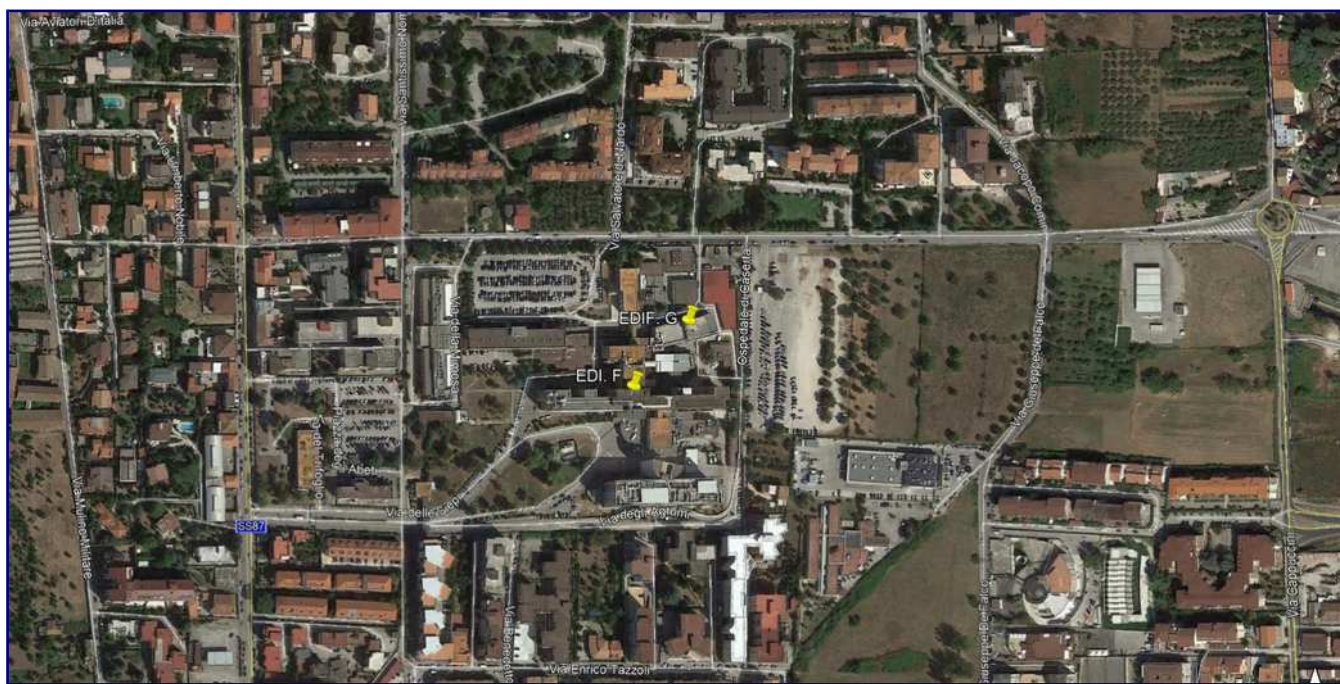
L’indagine così articolata è stata completata mediante l’esecuzione di due prove geofisiche del tipo HVSR (sismica passiva), ubicate in corrispondenza dell’edificio G (da demolire e ricostruire).

L’insieme delle indagini citate ha consentito di: ricostruire nel dettaglio l’assetto stratigrafico e stratimetrico del sito in progetto (in particolare dell’edificio “G”); proporre una modellazione geotecnica del “*volume significativo di terreno*”; definire gli aspetti sismici caratteristici del sito.

## 2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO DEL SITO

L’area in studio risulta ubicata nel settore settentrionale del centro abitato di Caserta, in un tratto di territorio ricompreso tra *Via Giorgio La Pira – Viale G.M. Di Blasio – Via degli Agrumi* ([Allegato 1](#)). Per quanto concerne la localizzazione nella cartografia ufficiale, il sito ricade nella tavoletta IGM 1:25.000 Foglio 172 II N.E. ([Allegato 2](#)), mentre nella cartografia tecnica regionale interessa la sezione 431\_090 ([Allegato 3](#)).

Il sito è individuato dalle seguenti coordinate geografiche: lat  $41.087498^{\circ}$  N long.  $14.335448^{\circ}$  E. ; esso è posto alla quota media di ~85 m s.l.m..



### 3. CARATTERISTICHE GEOLOGICHE E GEOMORFOLOGICHE DEL SITO

Per meglio evidenziare i principali aspetti geologici che caratterizzano il sito in studio, oltre ai rilievi eseguiti in sito è stata consultata la Carta Geologica al 100.000 “Foglio 72 Caserta” e quella allegata allo studio geologico inerente l'*estensione dei Piani di Recupero della città di Caserta*; in questo modo è stato possibile proporre uno stralcio geologico di un ambito territoriale sufficientemente esteso ([Allegato 5](#)). L'area in esame risulta ampiamente urbanizzata e si presenta con assetto del territorio *pianeggiante*; tale assetto rappresenta il risultato degli eventi geologici quaternari e dell'attività di regolarizzazione di tipo antropico degli ultimi decenni, che hanno portato le quote attuali del terreno intorno agli 85 m s.l.m..

Questo particolare settore ricade nella parte nord-orientale della *Piana Campana*, una delle più estese dell'Italia Meridionale. La piana rappresenta un enorme *graben* delimitato a nord dal Vulcano Roccamonfina e dal Monte Massico, a nord-est dai massicci carbonatici dei Monti Tifatini a sud-ovest dai complessi vulcanici dei Campi Flegrei e del Somma-Vesuvio, e ad ovest dal mare.

La struttura a *graben* si è imposta nel Pliocene superiore su terreni carbonatici del Mesozoico, smembrati e ribassati a gradinata verso il centro della piana (fino a 3000-4000 m), a seguito degli intensi fenomeni tettonici distensivi successivi alla surrezione della catena appenninica. Le linee tettoniche lungo le quali è avvenuto lo sprofondamento sono evidenti ai margini della piana e marcano i rilievi carbonatici secondo direttrici con orientamento NW-SE.

Lungo questi allineamenti strutturali si è impostato il vulcanismo potassico della “Provincia Romana” (Vulcano di Roccamonfina) e della “Provincia Campana” (Campi Flegrei e Somma-Vesuvio), responsabile della formazione delle potenti coltri piroclastiche che hanno riempito la depressione strutturale.

I terreni che si rinvengono nel territorio comunale sono essenzialmente di quattro tipi (dal basso verso l’alto):

***A) terreni carbonatici;***

***B) terreni argilloso arenacei;***

***C) terreni di origine vulcanica (piroclastiti);***

***D) terreni detritico alluvionali.***

I primi, riconducibili alle unità tettoniche Alburno-Cervati (D’Argenio, Pescatore, Scandone, 1972; Ippolito e Altri, 1973-1975), sono costituiti, a Nord, da formazioni Giurassiche in facies calcareo-dolomitica e, a Sud, da formazioni cretacee di calcari e calcari dolomitici talora detritici e oolitici; tali formazioni sono interessate da faglie dirette che le ribassano a gradinata e le pongono a contatto con i depositi continentali Quaternari.

I terreni vulcanici, litotipi più rappresentativi dell’area in studio, sono costituiti dai vari termini della “*Ignimbrite Campana*”, formazione originatasi circa 30.000 anni fa da un unico centro di emissione ubicato tra i Campi Flegrei ed il Lago Patria (Di Girolamo P., 1968) o, secondo una recente ricerca di R. Scandone del ’91, in corrispondenza della “Depressione di Acerra”.

L’emissione del materiale era accompagnata da fuoriuscita di notevoli quantità di gas che avvolgevano le piroclastiti in una guaina di volatili, tale condizione ha dotato i materiali di notevole mobilità conferendo loro l’aspetto di una nube ardente. Evidentemente le aree più distali dai centri di emissione sono state raggiunte solo dai materiali più fini a causa della diminuita forza di trasporto dei gas.

Questa formazione affiora prevalentemente nell’area di piana ed è ascrivibile al I Periodo dell’attività vulcanica flegrea. Per quanto attiene alle sue caratteristiche fisiche, è considerata una piroclastite da flusso di natura trachitica fonolitica e la sua origine è messa in relazione a meccanismi di tipo fissurale lungo fratture di entità regionale, secondo modalità che prescindono un edificio vulcanico. La sua età è compresa tra 42.000 e 27.000 anni. Nell’ambito della formazione si identificano variazioni di facies verticali e laterali. La variazione di facies verticale, legata alle variazioni delle caratteristiche fisiche del sistema al momento della deposizione, porta a distinguere nell’ambito della formazione la presenza di termini che dall’alto verso il basso si distinguono in: Cinerazzo, Semitufo, Tufo pipernoide, Piperno. Ad ognuno di questi termini, corrispondono valori di densità e compattezza sempre maggiori.

La variazione di facies laterale è evidenziata dalla presenza di un tufo giallo a scorie nere, litoide, formatosi per zeolitizzazione di un tufo grigio scarsamente saldato. Generalmente la formazione completa di tutti i suoi termini affiora nella zona pedemontana, dove gli spessori della coltre sono maggiori.

I meccanismi tettonici, particolarmente attivi durante il Quaternario, hanno variamente dislocato le successioni carbonatiche cui si accennava in precedenza, con una serie di faglie dirette ad andamento prevalentemente NW-SE e NE-SW, originando gli attuali rilievi; la figura di seguita mostra lo schema tettonico della pianura Campana e delle aree circostanti:



Relativamente alla stabilità generale del contesto territoriale d'interesse, i rilievi eseguiti non evidenziano la presenza di fenomeni di dissesto idrogeologico (né di tipo geomorfologico né idraulico); la stessa analisi delle cartografie del **P.S.A.I.** (*Piano stralcio per l'assetto idrogeologico della Campania- Autorità di bacino Liri-Garigliano e Volturno*), non evidenzia, per l'area d'interesse, settori censiti a pericolosità geomorfologica e/o idraulica ([Allegato 7](#)). Pertanto, le aree rilevate sono da ritenere stabili.



#### 4. ASPETTI IDROGEOLOGICI

Dal punto di vista idrogeologico, la città di Caserta è caratterizzata da un'alimentazione sia per infiltrazione superficiale sia per travasi sotterranei dai complessi calcareo dolomitici marginali (che formano una "dorsale" nel settore nord orientale di Caserta). Nello specifico si possono distinguere tre complessi idrogeologici:

**-Calcareo – dolomitici:**

complesso costituito da calcari detritici oolitici, pseudo oolitici, dolomie e calcari dolomitici, ad alta permeabilità per fessurazione; questo è il complesso che funge da roccia – serbatoio, immagazzinando importanti quantitativi d'acqua d'infiltrazione, ma che non presenta orizzonti sorgivi lungo l'area perimetrale dei rilievi dei Monti di Caserta (questo fa protendere per l'ipotesi di importanti travasi sotterranei dalle strutture del Monte S. Michele e del Monte S. Leucio verso la piana) ;

**-Piroclastici:** caratterizzati da permeabilità mista, mediamente bassa, in funzione dell'alternanza tra tufi permeabili per porosità e per fratturazione e piroclastiti incoerenti, permeabili per porosità. Questi complessi idrogeologici ostacolano la falda in rete dei complessi carbonatici, da cui sono contemporaneamente alimentati, in funzione delle giaciture degli strati, del loro spessore e del grado di alterazione ;

**-Detritico – alluvionali:** addossati in prossimità dei rilievi, costituiti da elementi a granulometria eterogenea, caratterizzati da una permeabilità localmente elevata in funzione della granulometria prevalente. Generalmente questo complesso idrogeologico tampona la falda idrica circolante nei calcari. La mancanza di orizzonti sorgenti nell'area di cinta dei rilievi calcareo dolomitici implica un evidente travaso sotterraneo dalle substrutture del M.te San Michele e del M.te San Leucio verso l'area di piana, dove l'acquifero principale è localizzato alla base del tufo. L'orizzonte tufaceo funge da impermeabile relativo, esercitando una funzione di semiconfinamento o confinamento in funzione dello spessore e delle caratteristiche fisiche quali: grado di coerenza, di fessurazione, di assortimento granulometrico dei prodotti costitutivi.

Dai sondaggi a carotaggio eseguiti nell'area dell'Ospedale (spinti anche alla profondità di 35 m dal pdc – *anno 2010 esecuzione a cura della INGE srl*), non è stato intercettato il livello di falda.

Per quanto concerne la circolazione idrica superficiale, il reticolo idrografico, poco sviluppato ed a basso ordine gerarchico, è costituito essenzialmente da aste torrentizie con profilo mediamente pronunciato che, nella fascia pedemontana, trovano recapito in valloni degradanti verso l'area di piana in incisioni poco profonde; queste disegnano un pattern idrografico poco ramificato.

Nell'area di stretto interesse, il flusso idrico superficiale risulta, almeno in parte, condizionato dall'intervento dell'uomo (opere di urbanizzazione); tale fattispecie, ovviamente, ha condizionato l'assetto del reticolo idrografico naturale (oggi, alcune arterie viarie, fungendo da deflusso idrico superficiale).

In allegato si riporta uno stralcio della carta idrogeologica dell'area ([Allegato 6](#))

## 5. CARATTERISTICHE PROGETTUALI DELL'INTERVENTO DA REALIZZARE

L'area oggetto d'intervento ricade all'interno dell'Ospedale S. Anna e S. Sebastiano di Caserta, risultando circoscritta tra *Via Giorgio La Pira*, *Viale G.M. Di Blasio* e *Via degli Agrumi*. In particolare si tratta di ristrutturare il Day Surgery posto al 3° piano dell'edificio F e la completa demolizione e ricostruzione dell'edificio G:



EDIFICIO G



EDIFICIO F

L'edificio G, impostato su una superficie di terreno di circa 800 mq, sarà ricostruito sulla medesima impronta; lo stesso presenta un piano interrato di altezza pari a 2,10 m. L'edificio F, di forma irregolare, risulta avere un'impronta di oltre 3.000 mq.

Sotto l'aspetto geologico, l'intervento più importante è riferito alla **demolizione e ricostruzione** dell'edificio G; tuttavia, come già accennato, esso manterrà analogo sedime e volumetria (all'incirca). Dunque, un intervento progettuale che, per intero, andrà a gravare su sedime già "collaudato" (per anni) dal carico del medesimo corpo di fabbrica.

La nuova struttura, che prevede un piano interrato di altezza ~3,50 m, trasmetterà i carichi al *volume significativo di terreno* mediante **fondazioni dirette** (del tipo a platea).

## 6. INDAGINE GEOGNOSTICA

La ricostruzione del “*modello geologico del sito*” e l’individuazione dei principali aspetti geotecnici e sismici che lo caratterizzano (*punto 6.2.1 – 6.2.2 NTC 2018*), è stata fatta mediante alcuni rilievi geologici di superfici e, soprattutto, mediante l’interpretazione ed elaborazione dei numerosi dati tecnici derivanti dalla corposa e completa indagine geognostica eseguita nel medesimo contesto geologico.

Le indagini geognostiche cui ci si riferisce sono state messe a disposizione della stessa Azienda Ospedaliera e, in sintesi, sono così composte:

In	<i>Indagine eseguita nel novembre 2018 da TECNO IN SPA (“Verifiche sismiche edific. F”)</i>
	<i>n° 2 carotaggi continui (per un totale di 55 m di perforazione); n° 17 SPT in foro n°1 indagine sismica del tipo M.A.S.W.</i>
	<i>Indagine eseguita nel giugno 2010 da INGE srl (“progettazione esecutiva e realizzazione dei lavori di ristrutturazione dell’Ospedale civile di Caserta”)</i>
	<i>n° 1 carotaggio continuo (35 m); n° 5 SPT in foro n° 2 campioni indisturbati analisi di laboratorio su campioni indisturbati n°1 indagine sismica Down Home</i>

L’indagine è stata completata con due prove di sismica passiva (**HVSR**), eseguite il 25 settembre dallo scrivente in corrispondenza dell’edificio G (in appositi pozzetti scavati al piano interrato).

Dunque un’indagine ampiamente articolata che consente di: ricostruire dettagliatamente l’assetto stratigrafico e stratimetrico del sito direttamente interessato dalle opere in progetto, schematizzare il rapporto suolo-strutture, definire la categoria di sottosuolo ai fini delle NTC 2018, proporre un quadro dei principali parametri geotecnici che caratterizzano i diversi orizzonti geologici individuati.

Una planimetria in scala 1:1.000, riportata come [allegato 9](#), evidenzia i punti di prova rispetto agli edifici esistenti.



## 6.1 Indagine stratigrafica mediante sondaggi a carotaggio

L'assetto stratigrafico del sito è stato definito, fondamentalmente, attraverso i due sondaggi meccanici verticali a carotaggio (in particolare S1), eseguiti nel 2018 dalla TECNO IN srl; a tale scopo è stata utilizzata la perforatrice idraulica cingolata Beretta T44 con testa di rotazione 700 daNm/55giri di coppia.

Nello schema seguente si riporta: sigla identificative dei sondaggi a carotaggio continuo; profondità raggiunte; numero e tipo di prove eseguite in foro:

Sigla Sondaggio	Profondità in m da p.d.c.	Prove SPT
<b>S1</b>	<b>25</b>	8
<b>S2</b>	<b>35</b>	9

*In allegato si riportano le colonne stratigrafiche dei singoli sondaggi*

Grazie alla stratigrafia emersa attraverso i sondaggi a carotaggio è stato possibile ricostruire **n. 2 sezioni geologiche** lungo le direttrici ritenute piu' significative. Le sezioni sono state denominate X-X' e Y-Y' (1:200); in esse viene riportato: l'assetto stratigrafico-stratimetrico del sito in progetto, il rapporto suolo-struttura; le quote minime d'imposta delle fondazioni previste; un quadro riassuntivo dei principali parametri geotecnici degli orizzonti geologici riconosciuti ([Allegato 10](#)).

L'esatta ubicazione dei sondaggi, unitamente alle tracce delle sezioni geologiche, sono riportati nella planimetria generale in scala 1:1.000 ([Allegato 9](#)).

Le sezioni geologiche evidenziano, in sintesi, il seguente assetto stratimetrico (almeno nell'area di sedime):

Descrizione litologica	Spessore in m (minimo-massimo)	unità geotecnica
terreno vegetale, marrone -bruno, scadente	Da 0,00 a ~ 1,60 m	A
<i>Piroclastite a granulometria sabbiosa limosa ed inclusi pomice millimetrica (marrone-ocra)</i>	Da ~1,60 a 3,50 m	B
<i>Ignimbrite campana: Piroclastite a granulometria sabbiosa grossolana, con pomici – grigio rosato</i>	Da 3,50 a 4,60 m	C
<i>Ignimbrite campana: Cinerite a grana sabbiosa da fine a finissima, limosa, con rari inclusi litici centimetrici e pomici – colore da grigio rossastro a grigio scuro</i>	Da 4,60 a 9,70 m	
<i>Ignimbrite campana: Piroclastite a granulometria sabbiosa grossolana, con pomici – grigio</i>	Da 9,70 a 10,50 m	
<i>Ignimbrite campana: Piroclastite a granulometria sabbiosa fine limosa, e sabbia finissima con limo, ed inclusi litoidi centimetrici e pomici centimetriche – grigio chiaro</i>	Da 10,50 a 25,00 m	D

## 6.2 Prove S.P.T. Standard Penetration Test

Le prove SPT (n° 17), effettuate durante l'avanzamento dei carotaggi, risultano eseguite mediante attrezzatura le cui caratteristiche (dimensioni del campionatore, peso delle aste e del maglio, altezza di caduta dello stesso), sono conformi a quanto indicato nella normativa di riferimento ASTM 1586/68: "Penetration Test and Split Barrel Sampling of Soil"; la prova consiste nel far cadere un maglio dal peso di 63.5 Kg da una altezza di 760 mm, su una testa di battuta fissa alla sommità di una batteria di aste alla cui estremità inferiore è avvitato il campionatore RAYMOND di dimensioni standardizzate.

Attraverso i valori di *Nspt* (ovvero numero di colpi (*N*) necessario per una penetrazione della punta pari a 30 cm, dopo la penetrazione dei primi 15 cm) è stato possibile effettuare delle correlazioni e delle elaborazioni finalizzate alla definizione di alcuni parametri geotecnici (soprattutto per ciò che attiene gli orizzonti geologici direttamente interessati dalle strutture di fondazione). In tal senso si è tenuto conto delle prove eseguite alle quote: 3,00-3,45 m e 6,00-6,45 m. Di seguito si riporta la tabella completa delle prove (valore *Nspt*/profondità):

Sigla Sondaggio	Profondità prova m da p.d.c. (m)	N SPT
<b>S1</b>	3,00-3,45	<b>10</b>
	6,00-6,45	<b>32</b>
	9,00-9,45	<b>42</b>
	12,00-12,45	<b>48</b>
	15,00-15,45	<b>45</b>
	18,00-18,45	<b>62</b>
	21,00-21,45	<b>rifiuto</b>
	24,00-24,45	<b>rifiuto</b>
<b>S2</b>	3,00-3,45	<b>8</b>
	6,00-6,45	<b>14</b>
	9,00-9,45	<b>33</b>
	12,00-12,45	<b>rifiuto</b>
	15,00-15,45	<b>45</b>
	18,00-18,45	<b>52</b>
	21,00-21,45	rifiuto
	24,00-24,45	rifiuto
	24,00-27,45	rifiuto

Nell'**allegato 11** (*elaborazione prove SPT*) viene proposta la caratterizzazione meccanica degli orizzonti B e C (in termini di sforzi efficaci).

### 6.3 Prove di laboratorio su campioni indisturbati

Durante l'esecuzione del carotaggio S1, eseguito nel 2010 dalla società INGE rsl) sono stati prelevati due campioni indisturbati: S1C1 (5,00-5,50 m) ed S1C2 (10,50-11,00 m). essi sono stati sigillati, etichettati e condotti in laboratorio per essere sottoposti a specifiche prove (**Allegato 11** – *analisi di laboratorio*). In particolare, i campioni sono stati sottoposti a prove geotecniche di laboratorio finalizzate alla determinazione dei parametri generali di identificazione, caratteristiche granulometriche e di resistenza al taglio (*peso di volume, contenuto naturale d'acqua, porosità, angolo di attrito drenato  $\phi'$ , coesione drenata  $C'$ , ec*). Di seguito si riporta un quadro riassuntivo con indicati: profondità di prelievo dei campioni, prove eseguite, descrizione litologica e parametri dedotti:

Campione	Profondità prelievo (m)	Prove eseguite	descrizione	parametri
<b>S1C1</b>	5,00-5,50	Identificazione granulometria taglio diretto	<i>Sabbia ghiaiosa debolmente limosa</i>	Y=1,40 t/mc C'=0 Ø'=32° e=0,60
<b>S1C2</b>	10,50-11,00		<i>Sabbia limosa debolmente ghiaiosa</i>	Y=1,15 t/mc C'=0 Ø'=35° e=0,61

*Y=peso di volume; Ø'=angolo di attrito dr; C'=coesione; e=porosità*

#### 6.4 Prova sismica M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves)

Nel presente studio viene presa in considerazione la prova M.A.S.W. eseguita dalla TECNIO IN srl nel 2018 (in prossimità dell'edificio F); si tratta di un'indagine di sismica attiva che consente di individuare il profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs, basandosi sulla misura delle onde superficiali, fatta in corrispondenza di uno stendimento di sensori multipli (geofoni) disposti sulla superficie libera del terreno. Nel caso specifico è stata utilizzata un'attrezzatura costituita da un sismografo digitale MAE -mod. X610-S; il profilo MASW ha lunghezza pari a 46 metri, ottenuto mediante l'utilizzo di 24 geofoni equi spazati di 2 m.

- ➔ L'elaborazione dei dati è stata fatta con i seguenti software specialistici: *IXSeg2Segy software per la visualizzazione dei segnali acquisiti;*
- ➔ *SURFSEIS 3.0 della Kansas Geological Survey – University of Kansas.*

Mediante i programmi descritti, è stato possibile ottenere il profilo di velocità delle onde S nel sottosuolo e, di conseguenza, calcolare la velocità equivalente delle onde di taglio Vs; conseguentemente si è potuto giungere alla definizione della *Categoria di Sottosuolo* (NTC 2018) - Il Vs è risultato pari a **326 m/s**.

In allegato si riporta l'elaborazione completa della prova ([allegato 11 – M.A.S.W](#))

La suddetta prova (confrontata con i risultati delle HVSr) conduce ad un **tipo di sottosuolo C**

## 6.5 Prova di sismica passiva HVSR

L'indagine è stata completata con due prove geofisiche del tipo HVSR effettuate tramite un tromografo **ECHO TROMO 3** della Ambrogeo a 24 bit e 3 canali. Tale indagine consiste nella misurazione, e nella successiva elaborazione, del microtremore ambientale nelle sue tre componenti spaziali (E-W, N-S e Up-Down) a varie frequenze. Dall'analisi delle componenti spettrali delle tracce registrate è possibile:

- *ricavare la frequenza fondamentale (o di risonanza) del sito;*
- *ottenere un'interpretazione del profilo stratigrafico-sismico ad elevata profondità con stima sulla profondità del bedrock (substrato sismico o litologico) e del parametro VS eq (velocità media delle onde S – di taglio – nei primi 30 metri di profondità).*

Le acquisizioni sono state fatte nei locali interrati dell'edificio G, ponendo il geofono direttamente nel sedime di fondazione (previo scavo pozzetto).

Una relazione dettagliata delle prove è riportata in allegato; da esse si evince una frequenza di risonanza pari a:

**HVSR 1: 2,30 Hz  $\pm$  0,26 Hz ;**

**HVSR 2: 2,80 Hz  $\pm$  0,21 Hz**

## 7. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL SITO

L'indagine così articolate (in sito ed in laboratorio) consente di poter proporre un quadro riassuntivo dei principali parametri geotecnici che caratterizzano i diversi orizzonti geotecnici denominati convenzionalmente **A-B-C-D** (dall'alto verso il basso):

Orizzonte geotecnico	Descrizione litologica sintetica	profondità dal p.c. (m)	Terreni incoerenti						
			Peso di volume (t/mc)	Angolo di attrito drenato $\phi'$	Coesione drenata $C'$ (t/mq)	Modulo edometrico (Kg/cmq)	Winkler (Kg/cm)	Coef. di Poisson	Categoria di sottosuolo NTC2018
<b>A</b>	Terreno vegetale scadente	0,00-1,60	-	-	-				
<b>B</b>	Piroclastiti (sabbie medie con pomice millimetrica)	1,60-3,50	1,40	30°	0	55-65	1,5-2,00	0,34	<b>TIPO C</b>
<b>C</b>	Ignimbrite campana (piroclatite e cinerite) – sabbie grossolane	3,50-10,50	1,38	35°	0	<b>150-200</b>	<b>4,00-4,50</b>	<b>0,30</b>	
<b>D</b>	Ignimbrite campana - sabbie fini limose con pomice centimetrica	10,50-30,00	1,13	35°	o				

*Il progettista, ai fini della modellazione geotecnica, qualora lo ritenesse opportuno, potrà richiedere ulteriori indagini e prove geotecniche (punto 6.2.2 del D.M. 17.01.2018), o effettuare proprie valutazioni/interpretazioni rispetto ai dati emersi dalle prove citate.*

## 8 CLASSIFICAZIONE E CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SUOLO

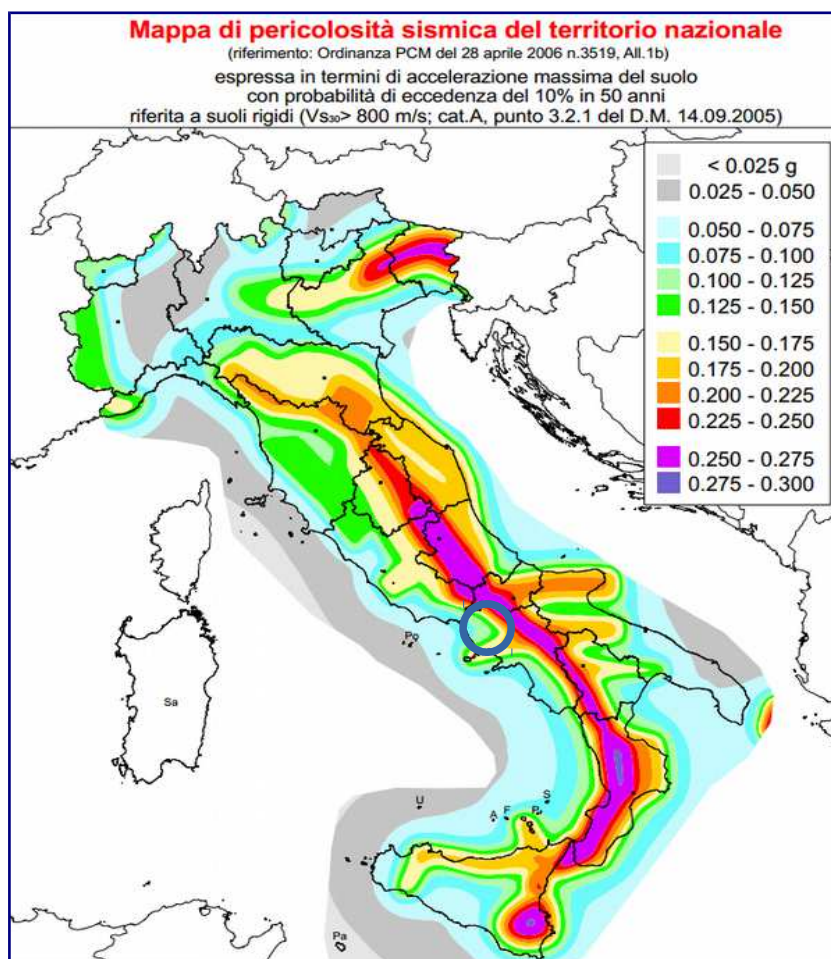
L'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003, aggiornata con la Delibera della Giunta Regionale della Campania n. 5447 del 7.11.2002, classifica il territorio comunale di Caserta in **ZONA SISMICA 2**

ZONA SISMICA 2	Zona con pericolosità sismica media dove possono verificarsi forti terremoti.
----------------	---

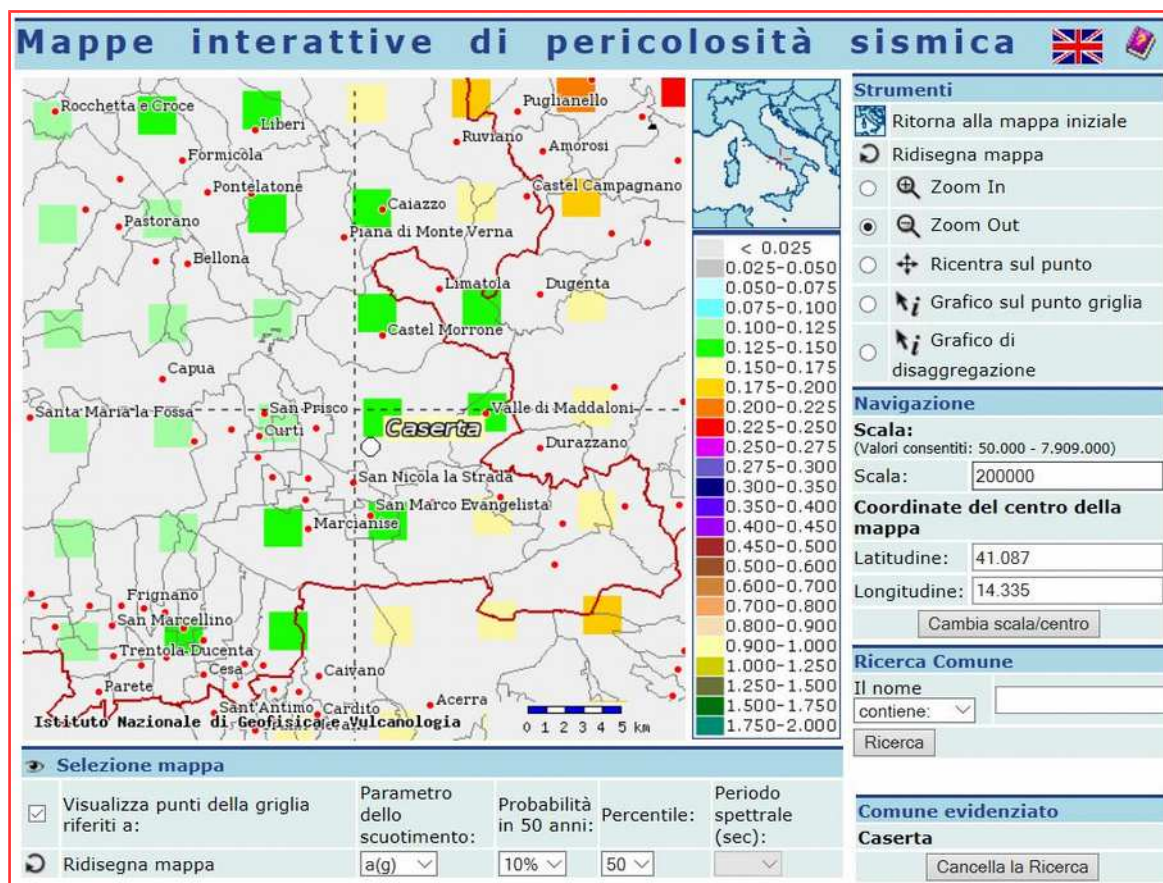
I criteri per l'aggiornamento della mappa di **pericolosità sismica** sono stati definiti nell'Ordinanza del PCM n. 3519/2006, che ha suddiviso l'intero territorio nazionale in quattro zone sismiche sulla base del valore dell'**accelerazione orizzontale massima (ag)** su suolo rigido o pianeggiante, che ha una probabilità del 10% di essere superata in 50 anni:

<i>Zona sismica</i>	<i>Descrizione</i>	<i>accelerazione con probabilità di superamento del 10% in 50 anni [a<sub>g</sub>]</i>	<i>accelerazione orizzontale massima convenzionale (Norme Tecniche) [a<sub>g</sub>]</i>
<b>1</b>	Indica la zona più pericolosa, dove possono verificarsi fortissimi terremoti.	$a_g > 0,25 \text{ g}$	0,35 g
<b>2</b>	<b>Zona dove possono verificarsi forti terremoti.</b>	<b><math>0,15 &lt; a_g \leq 0,25 \text{ g}</math></b>	<b>0,25 g</b>
<b>3</b>	Zona che può essere soggetta a forti terremoti ma rari.	$0,05 < a_g \leq 0,15 \text{ g}$	0,15 g
<b>4</b>	E' la zona meno pericolosa, dove i terremoti sono rari ed è facoltà delle Regioni prescrivere l'obbligo della progettazione antisismica.	$a_g \leq 0,05 \text{ g}$	0,05 g

Per quanto riguarda la “pericolosità sismica di base” su *reticolo di riferimento* nell'*intervallo di riferimento*, è fornita dai dati pubblicati sul sito dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (<http://esse1-gis.mi.ingv.it/>). In particolare, il sito in esame e ricompreso, come detto, nel territorio del Comune di Caserta il quale presenta valori di pericolosità sismica, espressi in termini di accelerazione massima del suolo ( $a_g$ ), compresi tra 0,125 g e 0,150 g con probabilità di eccedenza dello scuotimento del 10 % in 50 anni (vedi immagini seguenti):







Valori di pericolosità sismica, con indicata l'area in esame (coordinate lat: 41.087, lon: 14.335), espressi in termini di accelerazione massima al suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi ( $V_{s30} > 800$  m/s; cat. A, punto 3.2.2 del D.M. 17.01.2018) - (riferimento: Ordinanza PCM del 28 aprile 2006 n. 3519, All. 1b). Fonte: [www.ingv.it](http://www.ingv.it).

Il D.M. del Ministero delle Infrastrutture 17.01.2018, contenente l'aggiornamento delle nuove norme tecniche sulle costruzioni, propone l'adozione di un sistema di caratterizzazione geofisica e geotecnica del profilo stratigrafico del suolo, mediante cinque categorie di suoli di fondazione A-B-C-D-E (tabelle 3.2.II), da individuare in relazione ai parametri di velocità delle onde di taglio mediate sui primi 30 metri di terreno ( $V_{s30}$ , eq, così come definito dal punto 3.2.2. del Decreto Ministeriale 17.01.2018, dove  $H$  è la profondità del substrato, ovvero quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da  $V_S$  non inferiore a 800 m/s.).

I rilievi e le indagini eseguite sul sito d'interesse evidenziano affioramenti di termini incoerenti di natura sabbioso-ghiaiosa con limo ad addensamento crescente con la profondità; dall'indagine sismica eseguita (MASW e HVSR) si desume un  $V_s$  eq compreso tra **180 e 360 m/sec** (dalla MASW in particolare emerge  $V_{s30}=326$  m/s); pertanto il tipo di sottosuolo cui fare riferimento è: **Categoria C** (Tab. 2.II. NTC 2018), ovvero "Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s".



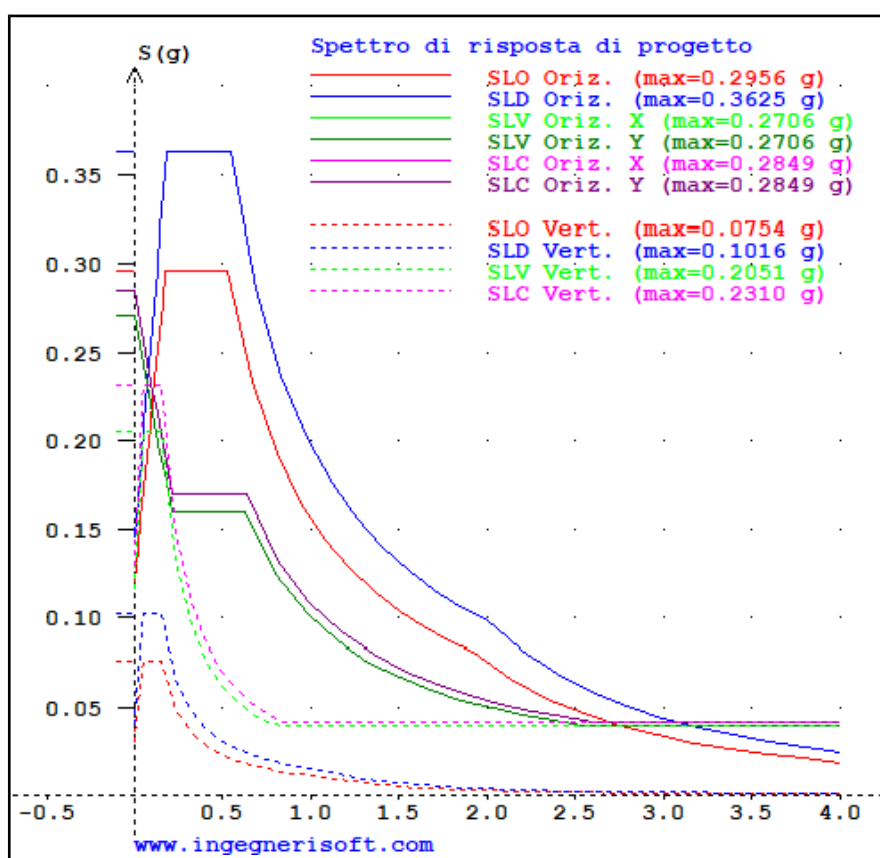
## 8.1 Condizioni topografiche

In riferimento alla *Classificazione delle condizioni topografiche*, secondo quanto previsto nelle tabelle **3.2.III**, la *superficie topografica* del sito, caratterizzata da un rilievo pianeggiante, può essere riferita alla **Categoria 'T1'**: “*Superficie con inclinazione media  $i < 15^\circ$* ”. A questa categoria corrisponde un coefficiente di amplificazione topografica ST pari a 1.00.

## 8.2 Parametri di pericolosità sismica

Per quanto riguarda i parametri sismici che caratterizzano in sito in questione (*classificato come **TIPO C** con categoria topografica **T1**, coordinate lat: 41.087, lon: 14.335 – Classe d'uso IV – Vita Nominale 100 anni*), si è fatto riferimento al software Spettri Win che individua la pericolosità sismica direttamente dalla mappa geografica.

Di seguito si riporta lo spettro sismico di progetto



In ascissa periodo  $T$  in ses

## 9. CONSIDERAZIONI A CARATTERE GEOTECNICO

Alla luce dei dati emersi nel presente studio, è possibile sintetizzare quanto segue:

1- l'area su cui poggiano gli edifici F e G dell'Ospedale S. Anna e S. Sebastiano di Caserta si presenta del tutto pianeggiante; i rilievi eseguiti (unitamente alla cartografia esistente) permettono di osservare che, la morfologia dei luoghi è il risultato degli eventi geo tettonici quaternari e dall'attività antropica degli ultimi decenni;

2 – l'edificio F è interessato esclusivamente della ristrutturazione del Day Surgery posto al 3° piano ;

3- l'edificio G andrà completamente demolito e ricostruito su analogo sedime ;

4- non sono presenti orli di scarpate e non sono presenti, segnalati o visibili, elementi che possano far ritenere presenti rischi di instabilità geomorfologica; l'area è attualmente stabile ;

5- l'assetto geomorfologico e idrogeologico del sito è tale da poter escludere rischio di alluvionamento (così come confermato anche dalla cartografia ufficiale PSAI);

6- i fabbricati risultano fondati direttamente su uno strato di piroclastiti (sabbie medie e/o fini, limose e di colore marrone ocre e/o cinerite sabbioso-limosa; le caratteristiche tecniche di tale orizzonte sono accettabili ;

7- non è stata riscontrata falda idrica alle profondità investigate (35 m dal pdc) ;

8- il rischio di cavità sotterranee sia naturali che antropiche è irrilevante ;

9- il rischio sismico dell'area è basso (Zona 2 - accelerazione di picco  $a_g$  compresa tra 0,15 e 0,25 – con probabilità' di superamento pari al 10% in 50 anni); i rilievi non evidenziano presenza di faglie attive nella zona d'interesse e nelle immediate vicinanze ;

10- ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, il sito è classificabile come **"Tipo di Sottosuolo C"**, con  $V_{s30} = 326$  m/sec (condizioni topografiche - Categoria **T1**);

11- la quota di sedime, a fine scavi di fondazione, potrà presentarsi disomogenea sotto il profilo litologico si potrà passare da piroclastite (sabbie grossolane grigio-rosate) a Cinerite (sabbie fini limose); tale fattispecie è legata alle frequenti variazioni laterali di facies .

## 9.1 Scelta del tipo di fondazione

Dalla combinazione tra assetto geologico del sito ed esigenze progettuali, scaturiscono le scelte dei progettisti relativamente al tipo di fondazioni da adottare per il nuovo fabbricato in progetto.

L'edificio G andrà fondato, previa demolizione dell'esistente, direttamente sull'orizzonte **geotecnico C**, ovvero su *Piroclastite a granulometria sabbiosa grossolana, con pomici, di colore grigio rosato*, le cui caratteristiche geotecniche risultano buone (si veda allegato 10 – Sezioni geologiche).

Le strutture di fondazione sono previste a platea, ovvero fondazioni continue estese per tutta l'impronta della struttura; soluzione che consente di ridurre i carichi trasmessi dalla struttura al terreno.

Tra la quota di sedime e la platea di fondazione è raccomandata la messa in opera di uno strato di materiale inerte drenante di adeguato spessore (almeno 0,30-0,40 m), da compattare opportunamente (materiali aridi provenienti da cava); questa fattispecie consente l'abbattimento dell'umidità di risalita nella fondazione, nonché contribuisce a rendere uniforme il sedime di fondazione (il quale, per effetto delle variazioni laterali di facies dell'ignimbrite, può presentarsi disomogeneo).

Per osservazioni di dettaglio si rimanda alla *relazione geotecnica e relazione sulle fondazioni*.

## 9.2 Raccomandazioni e prescrizioni finali

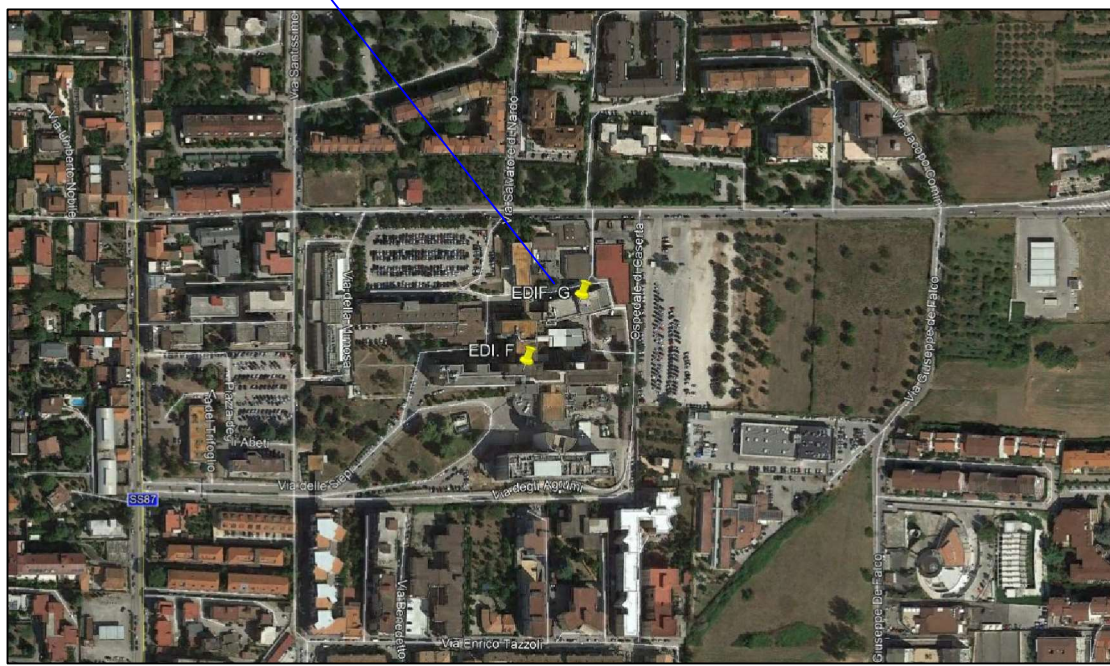
- si raccomanda di operare un'adeguata regimentazione delle acque di scorrimento superficiale in tutto il settore in oggetto, cio' al fine di ridurre al massimo le infiltrazioni idriche nel volume significativo di terreno ;
- tra la quota di sedime e le strutture di fondazioni andrà collocato uno strato di materiale inerte drenante di adeguate caratteristiche tecniche e idoneo spessore; esso andrà compattato adeguatamente; eventuali disomogeneità presenti alla quota di sedime dovranno essere adeguatamente bonificate;
- ai fini della classificazione sismica secondo quanto stabilito dal D.M. 17.01.2018 (aggiornamento norme tecniche), il sito è risultato “**tipo di sottosuolo C**” ( $V_s eq=326$  m/sec) ;
- il calcolista dovrà verificare che il periodo di vibrazione della struttura in progetto (frequenza struttura) non coincidano con quello proprio del sito in questione (NTC 2018, punto 3.2). Cio' allo scopo di evitare, in caso di sollecitazioni sismiche, pericolosi fenomeni di risonanza ;
- ai fini dei calcoli geotecnici che il caso prevede, si potrà fare riferimento al modello geotecnico proposto nel presente studio, ed in particolare ai parametri dell'orizzonte geotecnico C ;
- le terre provenienti dagli scavi di sbancamento ed i materiali derivanti dalle demolizioni dell'edificio dovranno essere gestite nel rispetto di quanto previsto nel D.Lgs 152/2006 ss.mm.ii. e DPR 120/2017.

Enna, 11 dicembre 2020

*Il geologo*  
*(dott. Salvatore Palillo)*

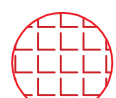
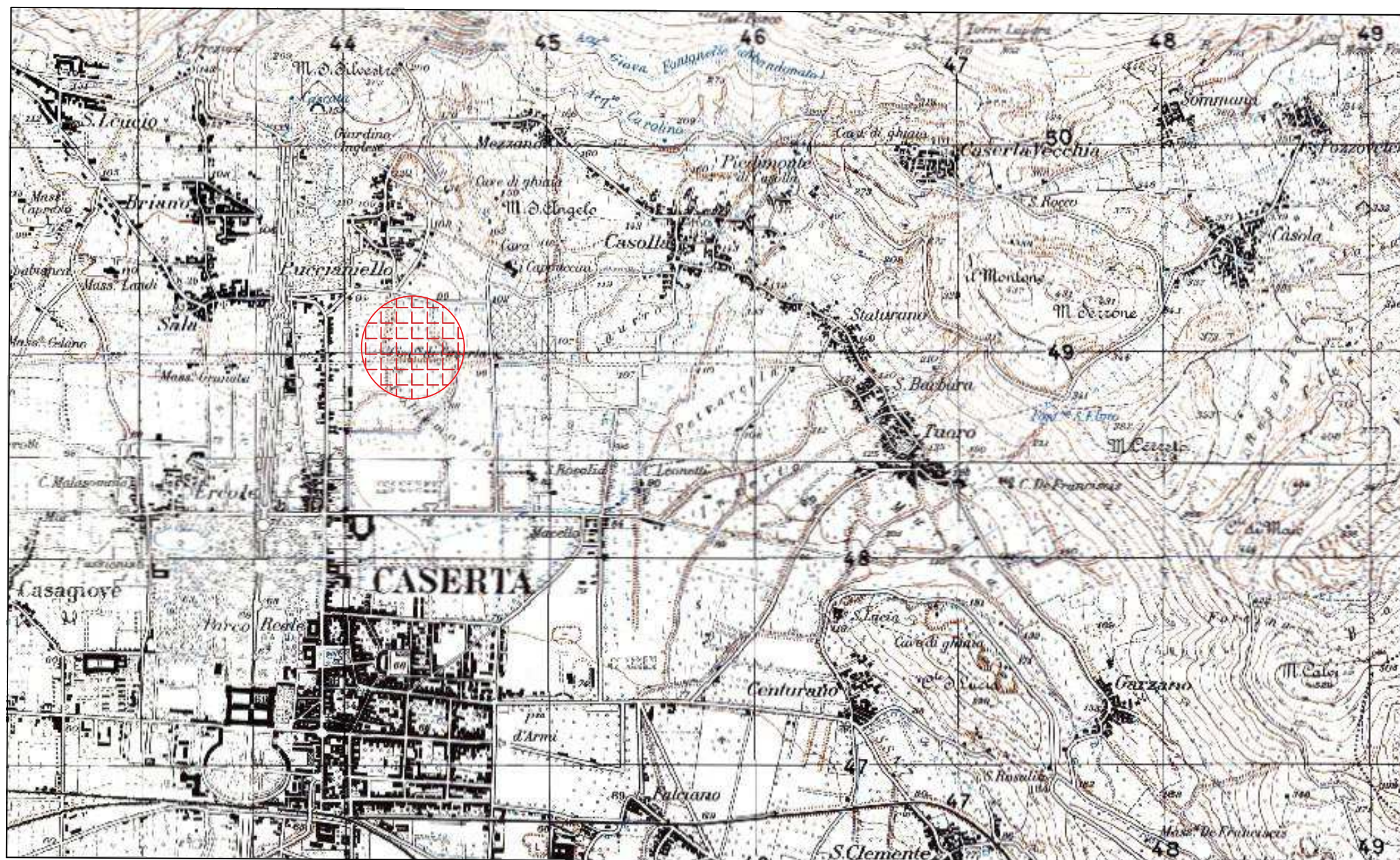
**ALLEGATI ALLA RELAZIONE**

## *Allegato 1 - Inquadramento geografico*

**settore d'interesse**

*lat. 41.087498°*  
*long. 14.335448°*




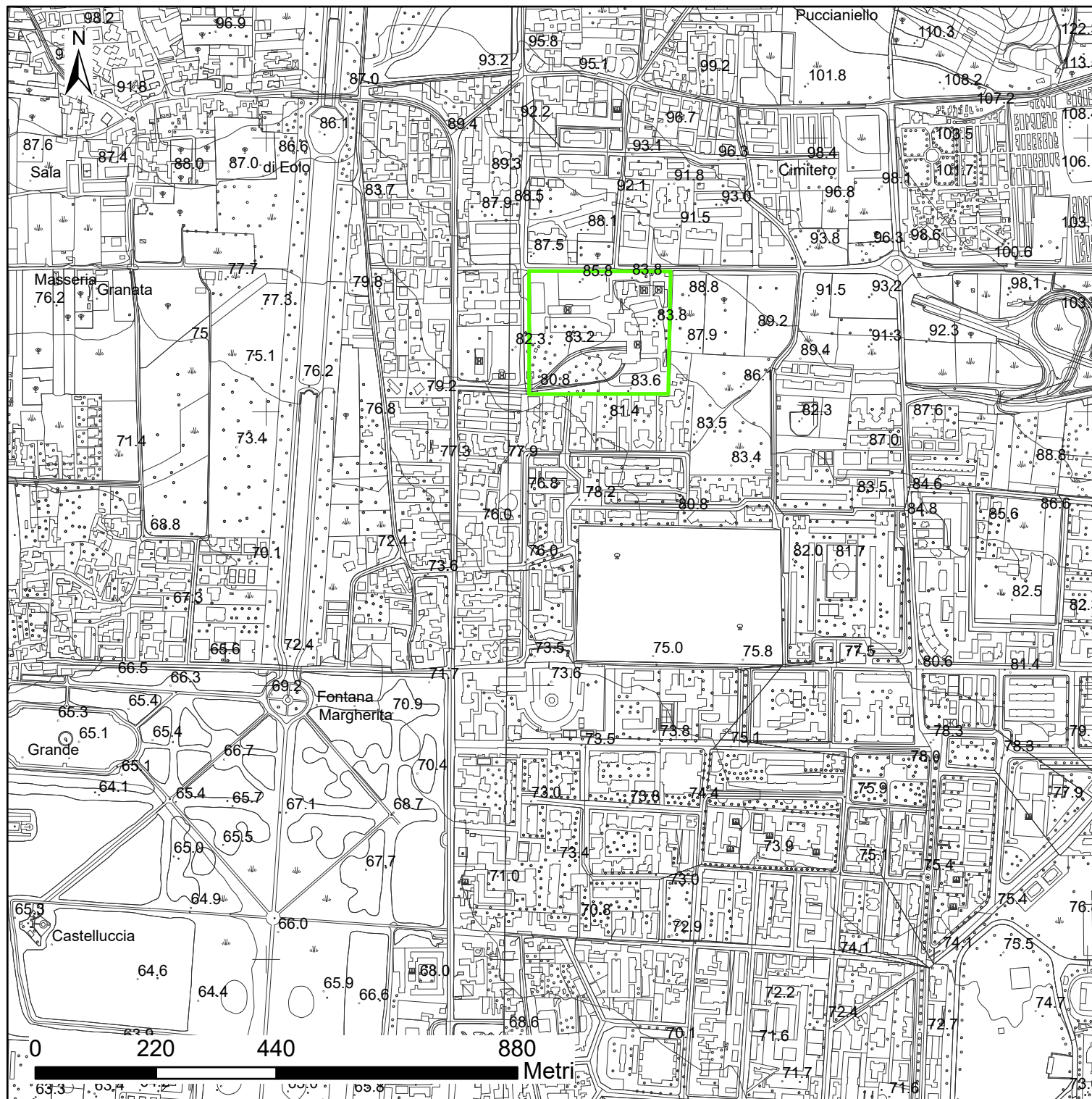


Area di Interesse



## Legenda

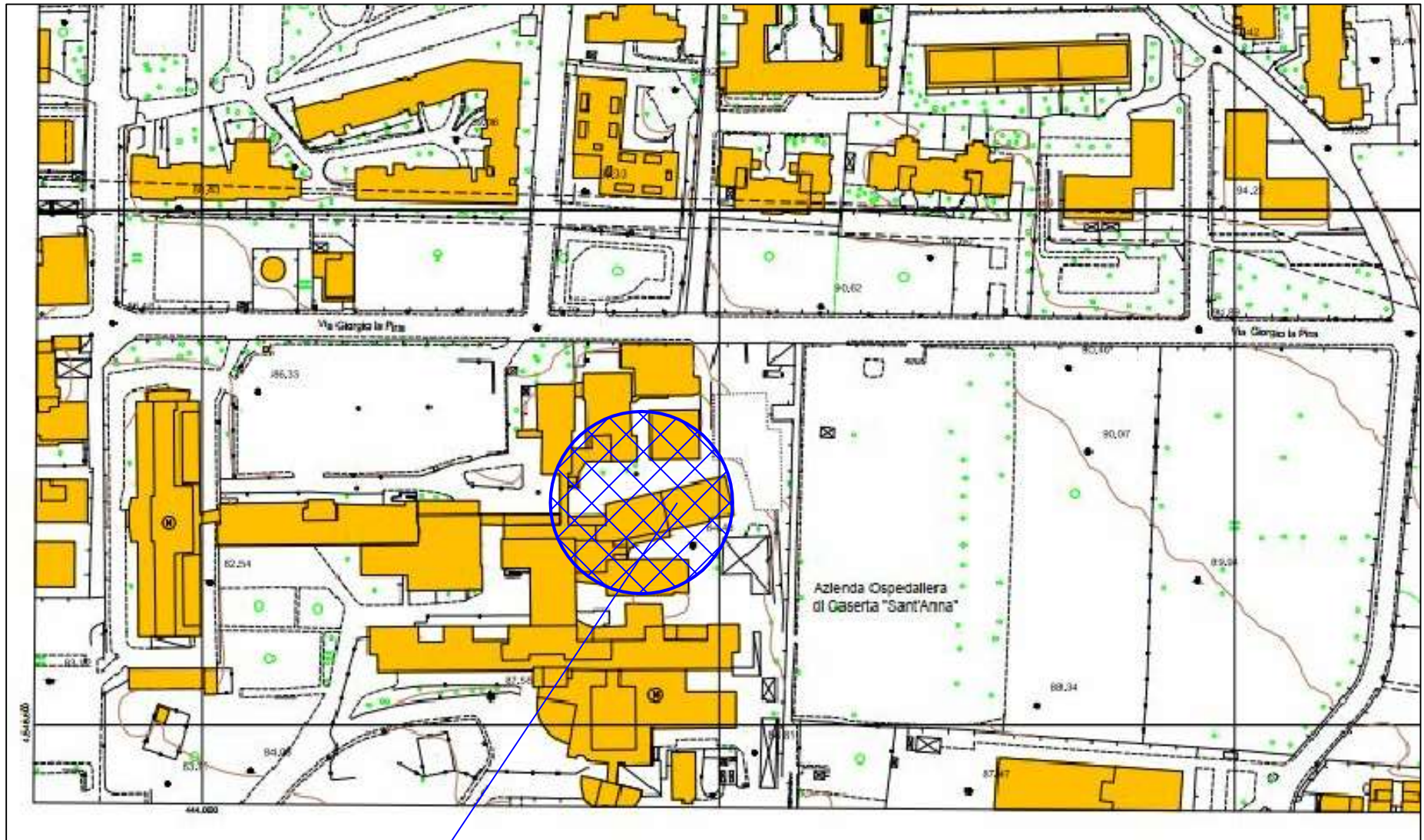
 Area\_di\_interesse





*Allegato 4 - Aerofotogrammetria 1:2.000*

*elemento 4310944*

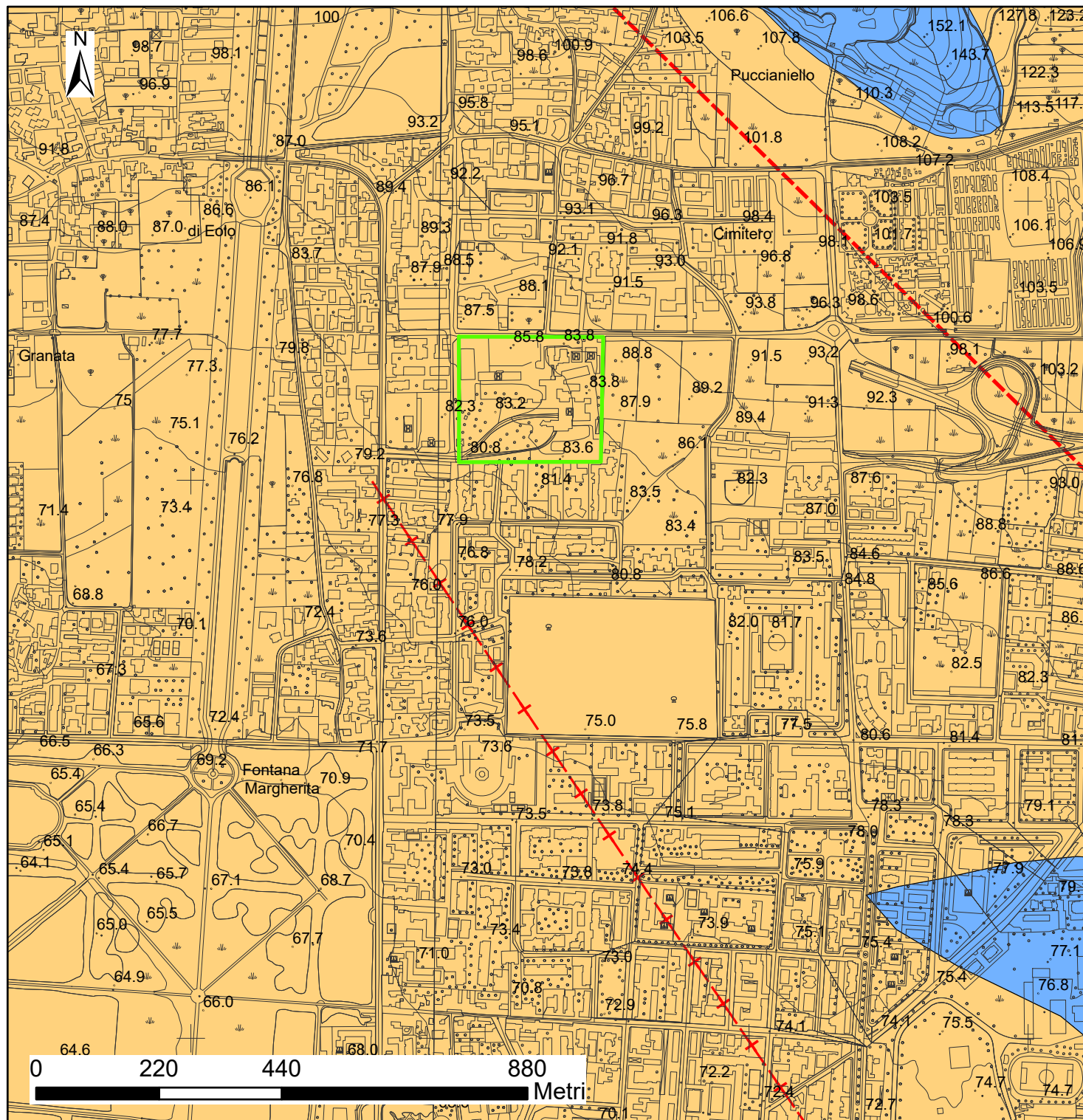


**EDIFICIO G**  
*da demolire e ricostruire*



## CARTA GEOLOGICA

1:10,000



## Legenda





- Area\_di\_interesse
- Contatto tettonico generico incerto
- Faglia diretta incerta

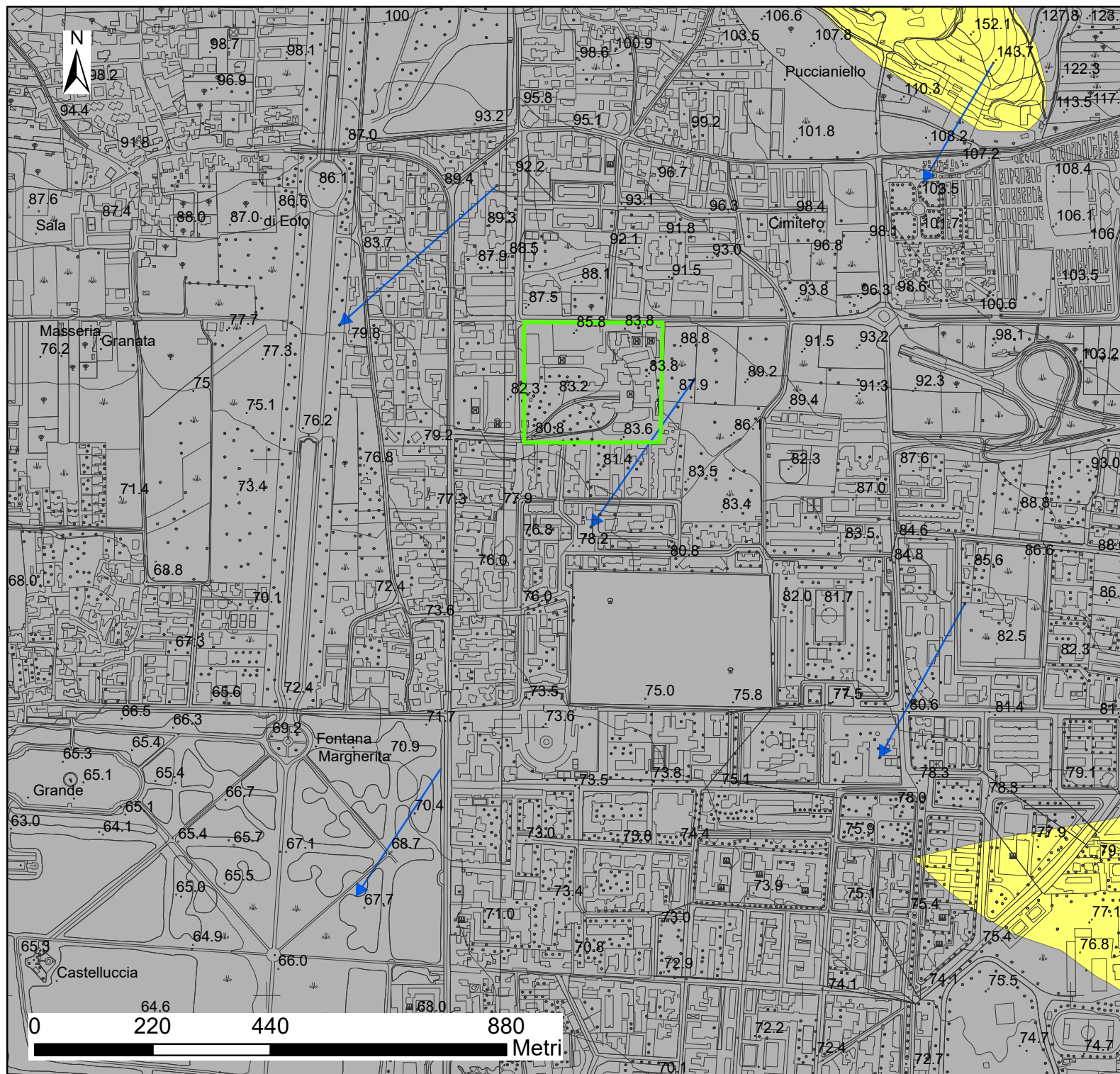
Depositi Piroclastici di caduta e da flusso costituiti da ceneri, lapilli e pomici, ben classati. Tali depositi colmano le conche endoreiche e le piane alluvionali o le aree sommitali e sub pianeggianti dei rilievi. I depositi sono di colore variabile dal grigio chiaro al marrone scuro.  
Formazione Ignimbrite Campana.  
ETA OLOCENE - PLEISTOCENE SUP.

Calcareniti con diceratidi e nerineddi, in strati da medi a spessi.  
ETA' CRETACEO SUP.

**CARTA IDROGEOLOGICA**  
1:10,000

**Legenda**

-  Area di interesse
-  Linee di flusso sotterranee
-  Permeabilità medio bassa dovuta alla porosità - Complesso Idrogeologico delle Piroclastiti
-  Permeabilità per fessurazione - Complesso Calcareo-Dolomitico







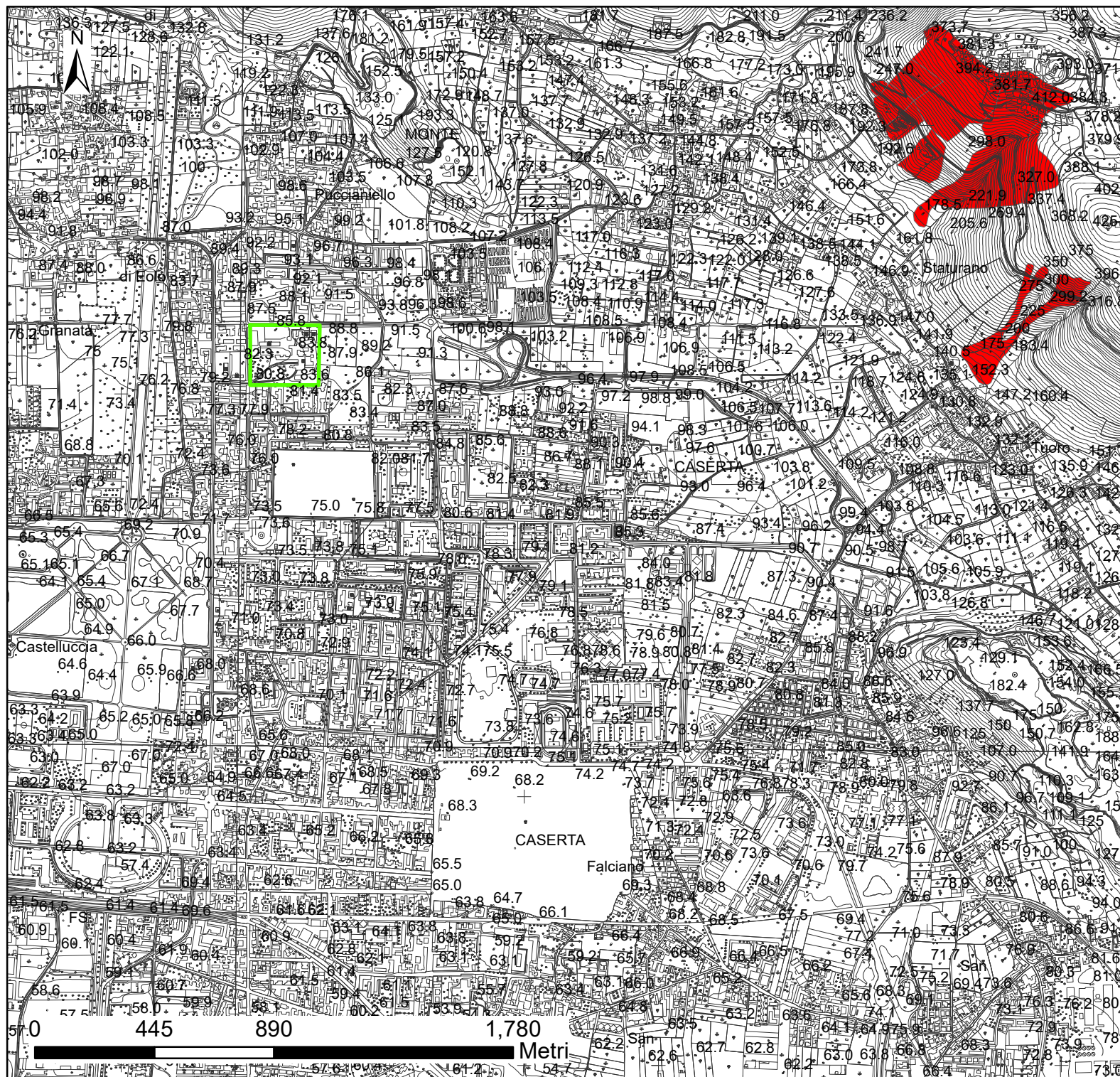
**CARTA P.S.A.I. - DISSESTI ATTIVI**

Bacino Liri Garigliano - Volturno

**Legenda**

 Area di interesse

 Dissesti Attivi







**CARTA DELLA SISMICITA'**

**DGR n.5447 del 07/11/2002**

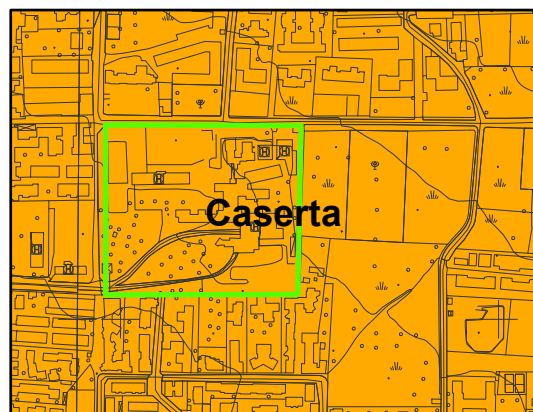
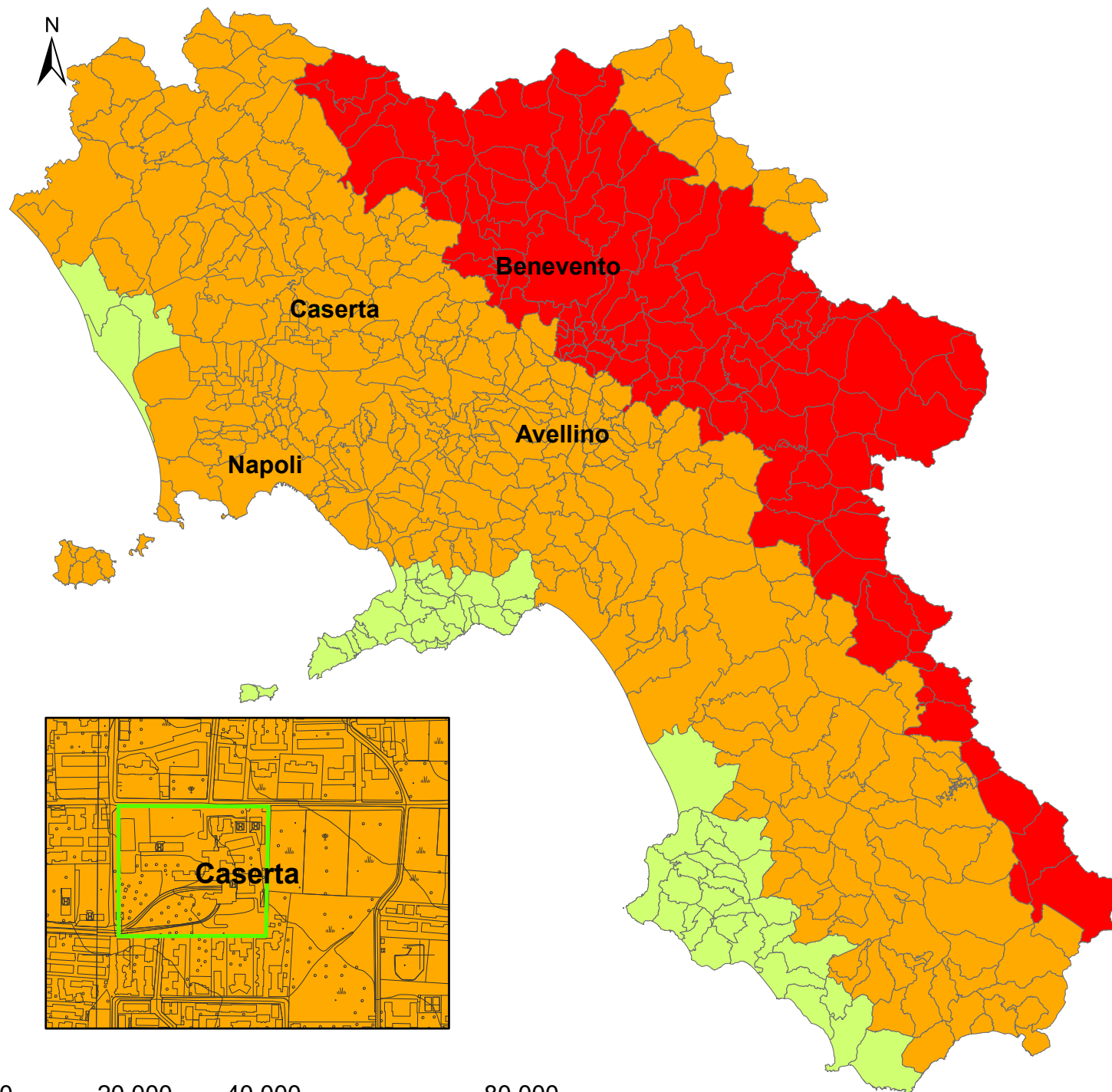
**Legenda**

 Area\_di\_interesse

 Elevata sismicità

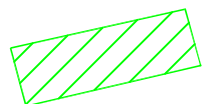
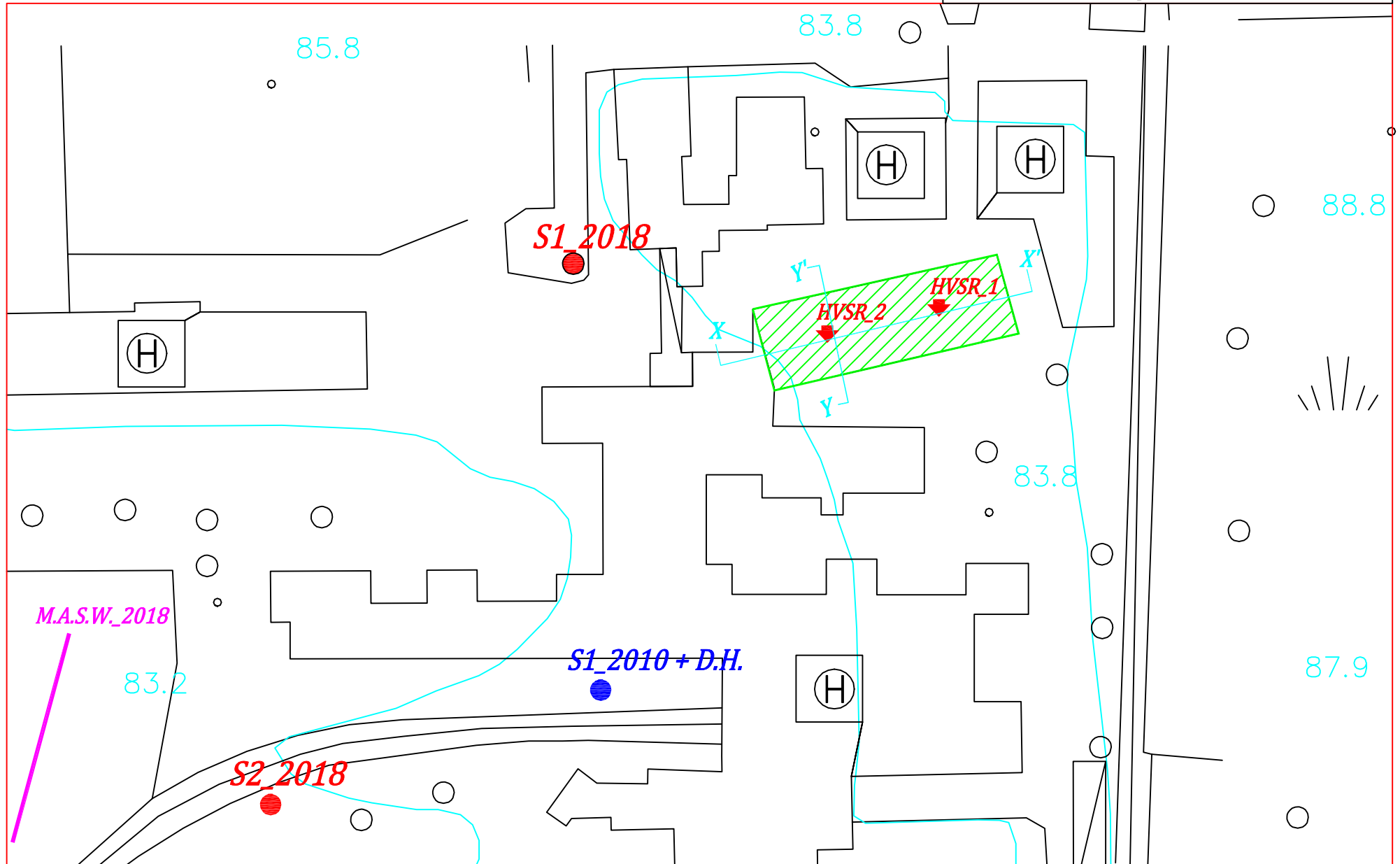
 Media sismicità

 Bassa sismicità



0 20,000 40,000 80,000 Metri

# Planimetria generale 1:1.000



EDIFICIO G  
da demolire e ricostruire

↓ Prove HVSR



sondaggi a carotaggio continuo



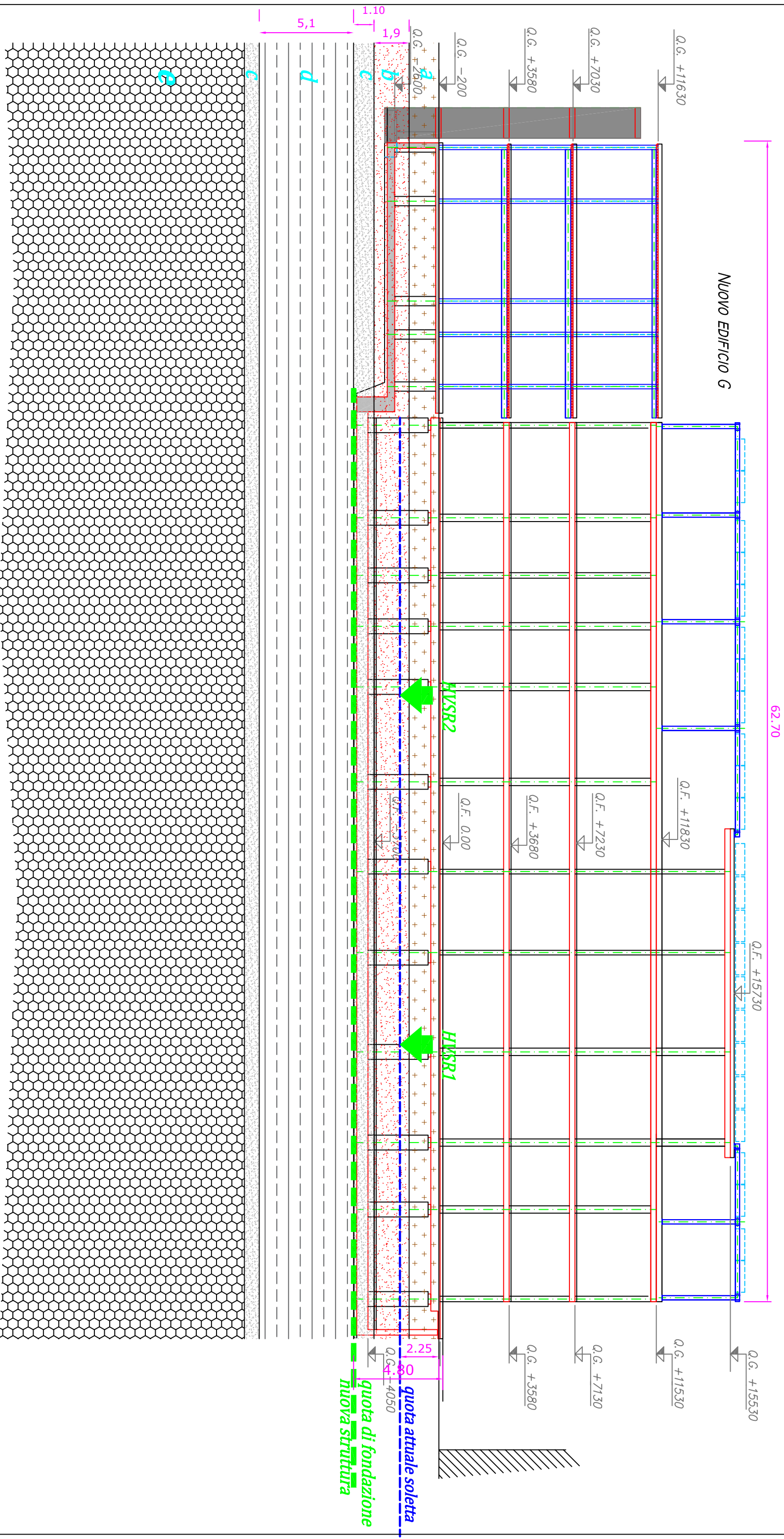
sondaggio a carotaggio con Down Hole



tracce sezioni geologiche

## Allegato 10 – sezioni geologiche

**SEZIONE GEOLOGICA X-X' - 1:200**



2  
terreno vegetale, marrone-bruno, scadente

ORIZZONTE GEOTECNICO A:

$\gamma=1.40 \text{ t/mc}$ ,  $\phi'=18^\circ$ ,  $c'=0$

**Piroclastite a granulometria sabbiosa ed inclusi di pomice millimetrica (marrone-ocra)**

**ORIZZONTE GEOTECNICO B:  $\gamma=1.40 \text{ t/m}$ ,  $\phi'=30^\circ$ ,  $C'=0$**

**ORIZZONTE GEOTECNICO C.**

**Y=1 38 t/mc C'=0 Ø'=35° poros=0 60 K0=4 - 4 5 Kσ/cm²**

*Ignimbrite campana. Cinerte a grana sabbioso-limoso, con rari inclusi litici centimetrici e pomici*

 *Ignimbrite campana: Piroclastite a granulometria sabbiosa fine limosa, e sabbia finissima con limo, ed inclusi litoidi centimetrici e pomici centimetriche*

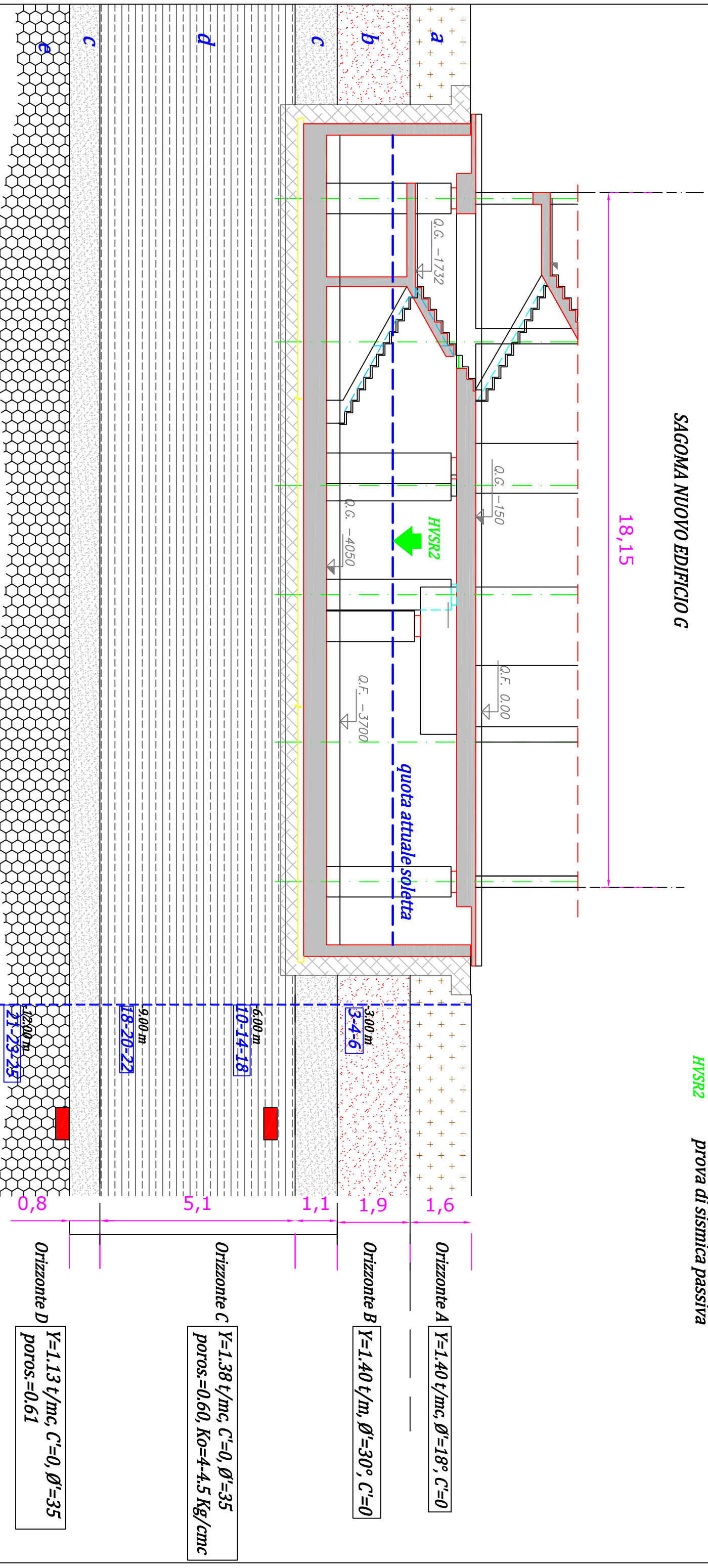
\_\_\_\_\_ ORIZZONTE GEOTECNICO D:

$\gamma = 1.13 \text{ t/m}^3, C = 0, \phi' = 35^\circ, \text{poros.} = 0.61$



**SEZIONE GEOLOGICA Y-Y' - 1:100**

*(sezione di progetto 4-4)*



18,15

**SAGOMA NUOVO EDIFICIO G**

**3-4-6** risultati prove SPT (indagine riportata in proiezione)

**3-4-6** Campioni indisturbati (riportati in proiezione)

**3-4-6** prova di sismica passiva

**3-4-6** HVSr2

**a**  *terreno vegetale, marrone-bruno, scadente*

***Piroclastite a granulometria sabbiosa ed inclusi di pomice millimetrica (marrone-ocra)***

**c**  *Ignimbrite campana: Piroclastite a granulometria sabbiosa grossolana, con pomici*

**d**


*Ignimbrite campana: Cinerite a grana sabbioso-limosa, con rari inclusi litici centimetrici e pomici*

**e**  *leimibrie campana: Piroclastite a granulometria sabbiosa fine limosa, e sabbia finissima con limo, ed inclusi litoidi centimetrici e pomici centimetriche*

Orizzonte A  $Y=1.40\text{ t/mc}, \varnothing'=18^\circ, C'=0$

Orizzonte B  $Y=1.40 \text{ t/m}, \theta'=30^\circ, C'=0$

Orizzonte C	$Y=1.38 \text{ t/mc}$ , $C'=0$ , $\theta'=35$ $\text{poros.}=0.60$ , $Ko=4-4.5 \text{ Kg/cm}$
-------------	--

Orizzonte $D$	$1-1.15 \text{ g/m}^3$ , $c=0$ , $\rho=55$ $\text{poros.}=0.61$
---------------	--

## Allegato 11 – Indagine geognostica

- colonne stratigrafiche
- elaborazione prove SPT
- analisi di laboratorio
- prova M.A.S.W.
- prove HVSR

Committente: Azienda Ospedaliera Caserta  
Progetto: Indagini geognostiche Ospedale Sant' Anna e San Sebastiano  
Località: Caserta



Studio di geologia tecnica "Dott. Salvatore Palillo"  
Via Fratelli Vigna 119 - 94100 Enna (EN)

SONDAGGIO S1

Coord. EST: 444109.960      Metodo di perforazione: carotaggio continuo      Data esecuzione: 06/11/2018  
Coord. NORD: 4548702.100      Diam. min. (mm): 101      Data revisione: 25/09/2020  
Quota p.c.: 84.00 m s.l.m.      Diam. max. (mm): 127      Sondatore: A. Biondi  
Sonda: T44      Redattore: Dott. Geol. Salvatore Palillo  
Profondità: 25 m      Review: 0

Scala (m)	Quota (m s.l.m.)	Profondità (m p.c.)	Litologia	Descrizione litologica	Spessore (m)	Rivestimento	ROD (%)	SPT (N1/2, N3)	Campioni geotecnici	Livello di falda (m)
0	84.00	0.00		Terreno vegetale costituito da sabbia fine limosa di colore marrone-bruno con clasti, presenza di apparati radicali nei primi 60 cm.	1.60					
1										
2	82.40	1.60		Piroclastite a granulometria da sabbiosa media a sabbiosa fine limosa di colore marrone - ocra, a tratti ricca di pomici millimetriche.	1.90			3.00		
3								3/4/6		
4	80.50	3.50		Formazione dell'Ignimbrite Campana: Piroclastite a granulometria sabbiosa grossolana di colore grigio rosato, ricca di pomici da millimetriche a centimetriche, subarrotondate e con frammenti litici e scorie di colore nerastro, arrotondati.	1.10			3.45		
5	79.40	4.60						6.00		
6								10/14/18		
7				Formazione dell'Ignimbrite Campana: Cinerite a granulometria sabbiosa da fine a finissima limosa, variabile all'aumentare della profondità da grigio rossastro a grigio scuro, rare presenza di litici centimetrici e pomici millimetriche.	5.10			6.45		
8								9.00		
9								18/20/22		
10	74.30	9.70		Formazione dell'Ignimbrite Campana: Piroclastite a granulometria sabbiosa da media a grossolana di colore grigio, con inclusi frammenti litici e scorie di colore nerastro, a spigoli vivi.	0.80			9.45		
11	73.50	10.50						12.00		
12								21/23/25		
13								12.45		
14								15.00		
15								17/21/24		
16								15.45		
17								18.00		
18				Formazione dell'Ignimbrite Campana: Piroclastite a granulometria sabbiosa da fine limosa a sabbia finissima con limo, di colore grigio chiaro, con inclusi litici centimetrici a spigoli vivi e pomici centimetriche.	14.50			26/30/32		
19								18.45		
20								21.00		
21								31/nif		
22								21.30		
23								24.00		
24								12/nif		
25	59.00	25.00						24.30		



Committente: Azienda Ospedaliera Caserta  
Progetto: Indagini geognostiche Ospedale Sant' Anna e San Sebastiano  
Località: Caserta



Studio di geologia tecnica "Dott. Salvatore Palillo"  
Via Fratelli Vigna 119 - 94100 Enna (EN)

SONDAGGIO S2

Coord. EST: 444073.580      Metodo di perforazione: carotaggio continuo      Data esecuzione: 08/11/2018  
Coord. NORD: 4548586.900      Diam. min. (mm): 101      Data revisione: 25/09/2020  
Quota p.c.: 86.00 m s.l.m.      Diam. max. (mm): 127      Sondatore: A. Biondi  
Profondità: 30 m      Sonda: T44      Redattore: Dott. Geol. Salvatore Palillo  
Review: 0

Scala (m)	Quota (m s.l.m.)	Profondità (m p.c.)	Litologia	Descrizione litologica	Spessore (m)	Rivestimento	RQD (%)	SPT (N1,N2,N3)	Campioni geotecnici	Livello di falda (m)
0	86.00	0.00		Terreno vegetale costituito da sabbia fine limosa di colore marrone-bruno con clasti, presenza di apparati radicali.	0.40					
1	85.60	0.40								
2				Cinerite sabbioso-limosa rimaneggiata e umificata, di colore marrone.	3.20			3.00		
3								3/4/4		
4	82.40	3.60		Formazione dell'Ignimbrite Campana: Piroclastite a granulometria da sabbiasa media a sabbiasa fine limosa, di colore rossastro, a tratti intercalata da scorie nere centimetriche.	0.40			3.45		
5	82.00	4.00								
6				Formazione dell'Ignimbrite Campana: Cinerite a granulometria da sabbia fine a sabbia finissima limosa, di colore variabile all'aumentare della profondità da vinaccia a grigio scuro. Sono inclusi rari litici centimetrici e pomici millimetriche.	4.40			6.00		
7								4/5/9		
8								6.45		
9	77.60	8.40						9.00		
10								12/15/18		
11								9.45		
12								12.00		
13								'32/rif		
14								12.45		
15								15.00		
16								21/22/25		
17								15.45		
18								18.00		
19								23/25/27		
20				Formazione dell'Ignimbrite Campana: Piroclastite a granulometria da sabbiosa fine limosa a sabbiosa finissima con limo, di colore grigio e grigio chiaro. Sono inclusi litici centimetrici a spigoli vivi e pomici centimetriche.	21.60			18.45		
21								21.00		
22								29/31/rif		
23								21.45		
24								24.00		
25								'30/rif		
26								24.45		
27								27.00		
28								'39/rif		
29								27.45		
30	56.00	30.00								

---

## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

Committente: A.O. CASERTA Cantiere: edificio G Località: Caserta	
--	--

### Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: RAYMOND HOLE

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	63,5 Kg
Altezza di caduta libera	0,76 m
Peso sistema di battuta	4,2 Kg
Diametro punta conica	50,46 mm
Area di base punta	20 cm <sup>2</sup>
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	10 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,99 m
Avanzamento punta	0,30 m
Numero colpi per punta	N(30)
Coeff. Correlazione	0,926
Rivestimento/fanghi	No

---

**PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE**  
**(DYNAMIC PROBING)**  
**DPSH – DPM (... scpt ecc.)**

**Note illustrative - Diverse tipologie di penetrometri dinamici**

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi  $\delta$ ) misurando il numero di colpi N necessari.

Le Prove Penetrometriche Dinamiche sono molto diffuse ed utilizzate nel territorio da geologi e geotecnici, data la loro semplicità esecutiva, economicità e rapidità di esecuzione.

La loro elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente di “catalogare e parametrizzare” il suolo attraversato con un'immagine in continuo, che permette anche di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati e una correlazione diretta con sondaggi geognostici per la caratterizzazione stratigrafica.

La sonda penetrometrica permette inoltre di riconoscere abbastanza precisamente lo spessore delle coltri sul substrato, la quota di eventuali falde e superfici di rottura sui pendii, e la consistenza in generale del terreno.

L'utilizzo dei dati, ricavati da correlazioni indirette e facendo riferimento a vari autori, dovrà comunque essere trattato con le opportune cautele e, possibilmente, dopo esperienze geologiche acquisite in zona.

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

- peso massa battente M
- altezza libera caduta H
- punta conica: diametro base cono D, area base A (angolo di apertura  $\alpha$ )
- avanzamento (penetrazione)  $\delta$
- presenza o meno del rivestimento esterno (fanghi bentonitici).

Con riferimento alla classificazione ISSMFE (1988) dei diversi tipi di penetrometri dinamici (vedi tabella sotto riportata) si rileva una prima suddivisione in quattro classi (in base al peso M della massa battente) :

- tipo LEGGERO (DPL)
- tipo MEDIO (DPM)
- tipo PESANTE (DPH)
- tipo SUPERPESANTE (DPSH)

**Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici:**

Tipo	Sigla di riferimento	peso della massa M (kg)	prof.max indagine battente (m)
Leggero	DPL (Light)	$M \leq 10$	8
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$	20-25
Pesante	DPH (Heavy)	$40 \leq M < 60$	25
<b>Super pesante (Super Heavy)</b>	<b>DPSH</b>	<b><math>M \geq 60</math></b>	<b>25</b>

## PROVA ... Nr.1

Strumento utilizzato...  
Prova eseguita in data  
Falda non rilevata

RAYMOND HOLE  
06/11/2018

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi
3,15	3
3,30	4
3,45	6

## STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.1

### TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato (1) sabbia	9,26	0.00-3,45	9,26	Meyerhof (1957)	64,12

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (1) sabbia	9,26	0.00-3,45	9,26	Meyerhof (1965)	30,39

Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
Strato (1) sabbia	9,26	0.00-3,45	9,26	Schmertmann (1978) Sabbie	111,12

Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm²)
Strato (1) sabbia	9,26	0.00-3,45	9,26	Farrent (1963)	65,75

Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (1) sabbia	9,26	0.00-3,45	9,26	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m³)
Strato (1) sabbia	9,26	0.00-3,45	9,26	Meyerhof ed altri	1,40



## Modulo di Poisson

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Strato (1) sabbia	9,26	0.00-3,45	9,26	(A.G.I.)	0,34

Coefficiente spinta a Riposo  $K_0 = \sigma_H / P_0$ 

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	$K_0$
Strato (1) sabbia	9,26	0.00-3,45	9,26	Navfac 1971-1982	1,94

## Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1) sabbia	9,26	0.00-3,45	9,26	Robertson 1983	18,52

## PROVA ... Nr.2

Strumento utilizzato...

RAYMOND HOLE

Prova eseguita in data

06/11/2018

Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi
6,15	10
6,30	14
6,45	18

## STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.2

## TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato (1) Strato	29,632	0.00-6,45	29,632	Meyerhof (1957)	97,07

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (1) Strato	29,632	0.00-6,45	29,632	Meyerhof (1965)	35,32

Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1) Strato	29,632	0.00-6,45	29,632	Schmertmann (1978) Sabbie	355,58

Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1) Strato	29,632	0.00-6,45	29,632	Farrent (1963)	210,39

Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (1) Strato	29,632	0.00-6,45	29,632	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO

Modulo di Poisson

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Strato (1) Strato	29,632	0.00-6,45	29,632	(A.G.I.)	0,3

Coefficiente spinta a Riposo  $K_0 = \sigma_H / P_0$

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	$K_0$
Strato (1) Strato	29,632	0.00-6,45	29,632	Navfac 1971-1982	5,56

$Q_c$  ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	$Q_c$ (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1) Strato	29,632	0.00-6,45	29,632	Robertson 1983	59,26

Castel Morrone (CE), 22/06/2010

Accettazione n: TER160/2010

Data ricevimento: 09/06/10

Data esecuzione prova: 15/06/10

Committente: Dott. Geol. Russo Francesco

Cantiere: Ospedale Civile - Caserta

Sondaggio: S1

Campione: C1

Profondità di prelievo (m): 5.00 - 5.50

## IDENTIFICAZIONE DEL TERRENO

(ASTM D2488-00)

### CARATTERI IDENTIFICATIVI

Contenitore: Fustella a pareti grosse in ferro

Diametro (cm): 8.20

Lungh. (cm): 35.80

Massa (Kg) 2.623

Condizione del campione estruso:

Buone

Classe di qualità (AGI): Q5

### PROVE DI CONSISTENZA SPEDITIVE

Pocket Penetrometer Test (MPa):

> 0.600

Pocket Vane Test (MPa):

> 0.200

### CARATTERISTICHE VISIVE

#### DESCRIZIONE DEL CAMPIONE

Materiale a granulometria sabbioso - ghiaiosa debolmente limosa, contenente pomici e scorie di dimensioni millimetriche alterate, clasti calcarei, frammenti laterizi e venature rossastre. Materiale mediamente addensato.

#### COLORE (Tavola di Munsell)

5YR Marrone rosso scuro 2.5/2

Foto campione

LO SPERIMENTATORE  
Geom. Alfonso Casapulla

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO  
Dott. Geol. Antonio Petriccione

Castel Morrone (CE), 22/06/2010

Certificato n. 00887

Accettazione n: TER160/2010

Data ricevimento: 09/06/10 Data esecuzione prova: 15/06/10

Committente: Dott. Geol. Russo Francesco

Cantiere: Ospedale Civile - Caserta

Sondaggio: S1

Campione: C1

Profondità di prelievo (m): 5.00 - 5.50

## CARATTERISTICHE FISICHE DEL TERRENO

(CNR-UNI 10008-64 BS 1377/75 ASTM D854-83)

### CONDIZIONI NATURALI

Peso specifico del terreno $\gamma_s$ (KN/m <sup>3</sup> )	26.94
Peso dell'unità di volume (fustellamento) $\gamma$ (KN/m <sup>3</sup> )	13.81
Peso dell'unità di volume (pesata idrostatica) $\gamma$ (KN/m <sup>3</sup> )	
Contenuto d'acqua W (%)	28.94
Peso secco dell'unità di volume $\gamma_d$ (KN/m <sup>3</sup> )	10.71
Indice di porosità e (-)	1.52
Porosità n (-)	0.60
Grado di saturazione S (-)	0.52

### CONDIZIONI DI SATURAZIONE

Peso dell'unità di volume immerso in acqua $\gamma'$ (KN/m <sup>3</sup> )	6.81
Peso dell'unità di volume saturo d'acqua $\gamma_{sat}$ (KN/m <sup>3</sup> )	16.62
Contenuto d'acqua $W_{sat}$ (%)	55.15

LO SPERIMENTATORE  
Geom. Alfonso Casapulla



IL DIRETTORE DEL LABORATORIO  
Dott. Geol. Antonio Petriccione





Castel Morrone (CE), 22/06/2010

Certificato n. 00888

Accettazione n: TER160/2010

Data ricevimento: 09/06/10 Data esecuzione prova: 18/06/10

Committente: Dott. Geol. Russo Francesco

Cantiere: Ospedale Civile - Caserta

Sondaggio: S1

Campione: C1

Profondità di prelievo (m): 5.00 - 5.50

## ANALISI GRANULOMETRICA

(ASTM D421-D422-D2217)

### VALORI DETERMINATI MEDIANTE SETACCIATURA

Vaglio ASTM	(No)	3	5	10	20	40	70	140	200
Diametro granuli	(mm)	19.000	4.000	2.000	0.850	0.425	0.212	0.106	0.075
Peso passante compl.	(%)	77.94	52.84	42.84	29.88	22.49	16.62	11.04	8.61

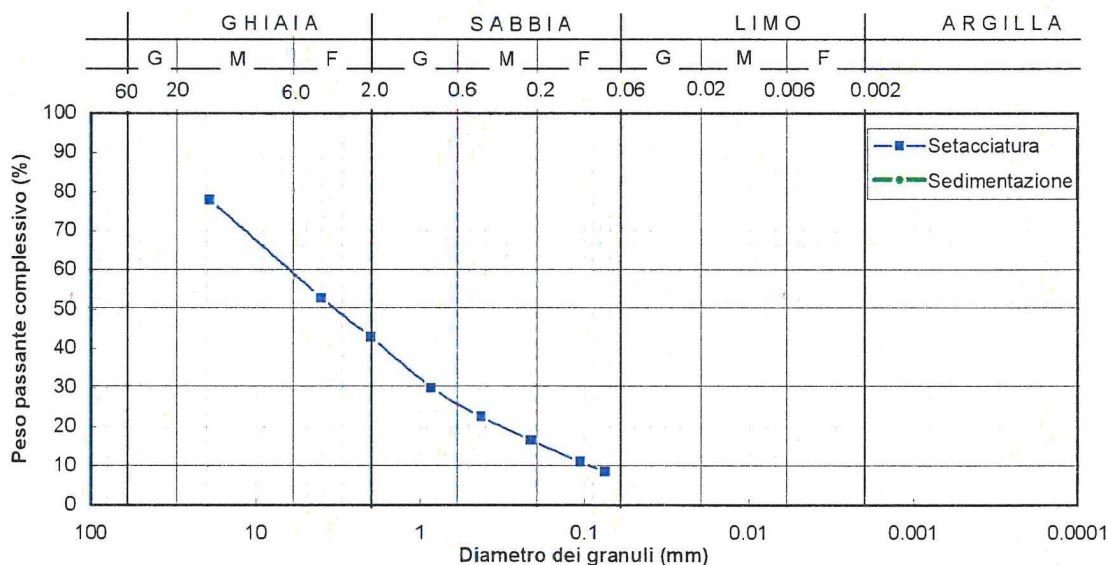
### VALORI DETERMINATI MEDIANTE SEDIMENTAZIONE

Diametro granuli	(mm)	
Peso passante compl.	(%)	

### FRAZIONI GRANULOMETRICHE E PARAMETRI CORRELATI

Frazione argillosa < 0.002 mm	(%)		Diametro efficace $D_{10}$	(mm)	0.092730
Frazione limosa < 0.06 mm	(%)		Diametro medio $D_{30}$	(mm)	0.860588
Frazione < 0.074 mm	(%)	8.61	Diametro medio $D_{50}$	(mm)	3.431438
Frazione sabbiosa < 2 mm	(%)		Diametro medio $D_{60}$	(mm)	8.277347
Frazione ghiaiosa < 60 mm	(%)	47.16	Coefficiente di uniformità $C_u$	(-)	89.26
Frazione ciottolosa $\geq 60$ mm	(%)	0.00	Coefficiente di curvatura $C_c$	(-)	0.96
Class. A.G.I. (1990): <i>Sabbia ghiaiosa debolmente limosa</i>					

### DIAGRAMMA DELLA DISTRIBUZIONE GRANULOMETRICA



LO SPERIMENTATORE

Geom. Alfonso Casapulla

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO

Dott. Geol. Antonio Petriccione

Castel Morrone (CE), 22/06/2010

Certificato n. 00889

Accettazione n: TER160/2010

Data ricevimento: 09/06/10

Data esecuzione prova: 16/06/10

Committente: Dott. Geol. Russo Francesco

Cantiere: Ospedale Civile - Caserta

Sondaggio: S1

Campione: C1

Profondità di prelievo (m): 5.00 - 5.50

## TAGLIO DIRETTO

(ASTM D 3080-98)

DIMENSIONI DEI PROVINI				VALORI A INIZIO CONSOLIDAZ.		PARAMETRI DELLA CONSOLIDAZIONE			
Prov.	Lungh. lato l (cm)	Altezza iniziale h (cm)	Area di base A <sub>b</sub> (cm <sup>2</sup> )	Peso di volume γ <sub>i</sub> (KN/m <sup>3</sup> )	Contenuto d'acqua w <sub>i</sub> (%)	Durata consol. δt (ore)	Pressione di consolidazione σ <sub>n</sub> (MPa)	Cedim. finale δh (mm)	Tempo T <sub>100</sub> (min)
1 ■	6.00	2.50	36.00	13.78	31.07	24.00	0.049	0.650	11.04
2 ◆	6.00	2.50	36.00	13.80	31.39	24.00	0.098	1.180	7.37
3 ●	6.00	2.50	36.00	13.83	31.71	24.00	0.196	1.598	5.92

CONSOLIDAZIONE DEI PROVINI						VALORI A FINE CONSOLIDAZ.		
Provino n.1 ■		Provino n.2 ◆		Provino n.3 ●		Prov.	Peso di volume γ <sub>f</sub> (KN/m <sup>3</sup> )	Contenuto d'acqua w <sub>f</sub> (%)
Tempo t (min)	Cedim. δh (mm)	Tempo t (min)	Cedim. δh (mm)	Tempo t (min)	Cedim. δh (mm)	(n)		
0.1	0.46	0.1	0.92	0.1	1.30	1 ■	16.09	49.10
0.25	0.48	0.25	0.96	0.25	1.35	2 ◆	16.23	47.24
0.4	0.49	0.4	0.98	0.4	1.37	3 ●	16.31	45.37
0.5	0.50	0.5	0.99	0.5	1.38			
1	0.50	1	0.99	1	1.39			
2	0.51	2	1.02	2	1.42			
4	0.52	4	1.03	4	1.44			
8	0.53	8	1.04	8	1.46			
15	0.54	15	1.06	15	1.48			
30	0.56	30	1.08	30	1.50			
60	0.57	60	1.10	60	1.52			
120	0.58	120	1.11	120	1.54			
240	0.60	240	1.13	240	1.56			
480	0.62	480	1.16	480	1.58			
960	0.64	960	1.17	960	1.59			
1440	0.65	1440	1.18	1440	1.60			

### CARATTERISTICHE DELLA PROVA

Prov.	Condizione del provino	Orientazione strutturale del provino	Velocità di def. orizz. V <sub>i</sub> (mm/min)
(n)		(°)	
1 ■	Indisturbato	n.d.	0.035
2 ◆	Indisturbato	n.d.	0.035
3 ●	Indisturbato	n.d.	0.035

Note: Prova di taglio eseguita con la scatola di Casagrande.

LO SPERIMENTATORE

Geom. Alfonso Casapulla

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO

Dott. Geol. Antonio Petriccione





Castel Morrone (CE), 22/06/2010

Certificato n. 00889

Accettazione n: TER160/2010

Data ricevimento: 09/06/10 Data esecuzione prova: 16/06/10

Committente: Dott. Geol. Russo Francesco

Cantiere: Ospedale Civile - Caserta

Sondaggio: S1

Campione: C1

Profondità di prelievo (m): 5.00 - 5.50

## TAGLIO DIRETTO

(ASTM D 3080-98)

DIAGRAMMA DELLA CONSOLIDAZIONE DEI PROVINI

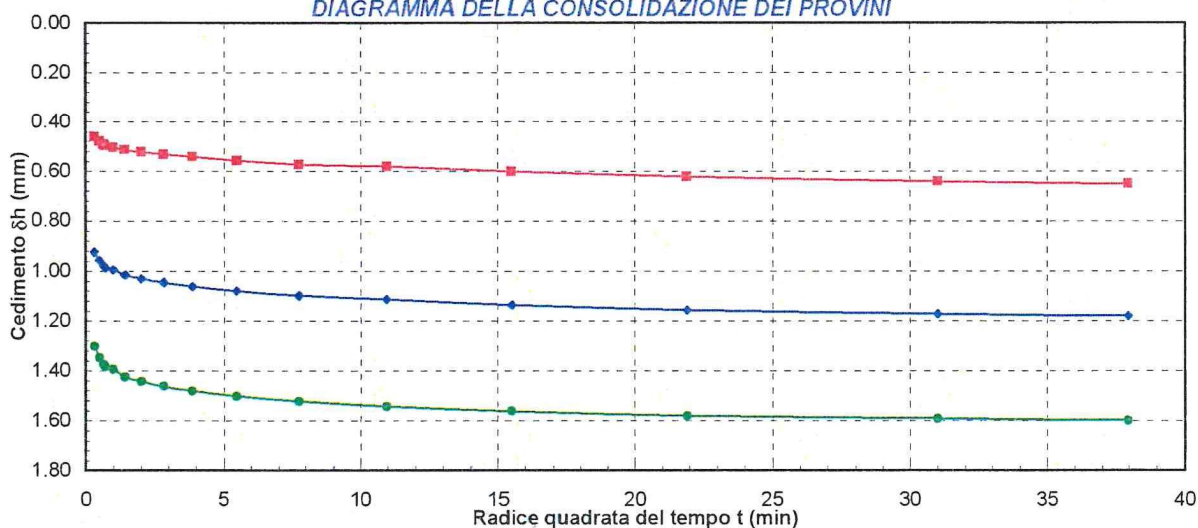
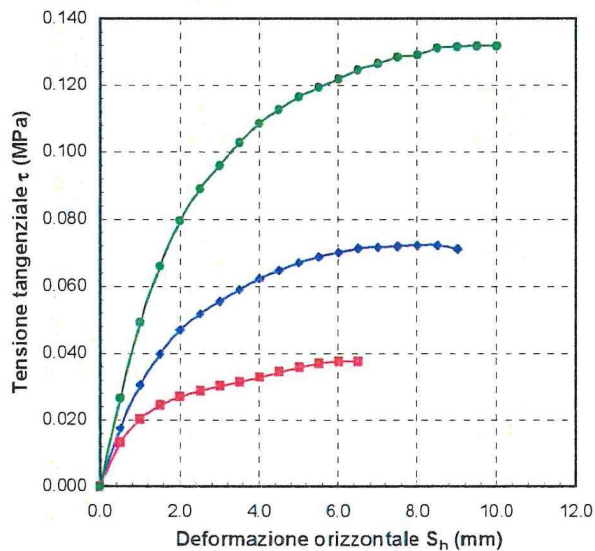
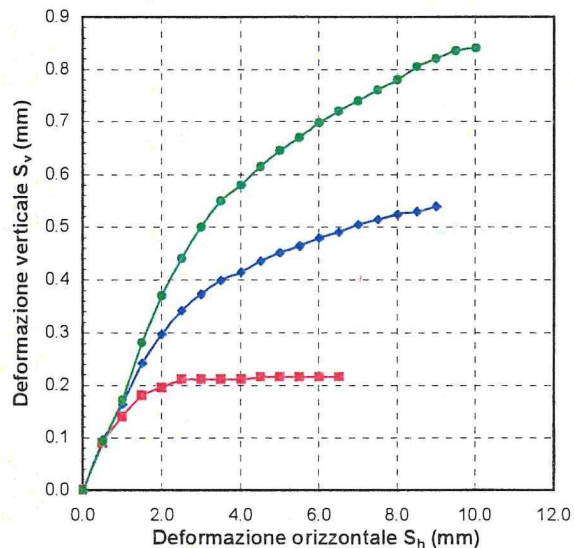


DIAGRAMMA DEFORMAZIONE-TENSIONE



LO SPERIMENTATORE  
Geom. Alfonso Casapulla

DIAGRAMMA DELLE DEFORMAZIONI



IL DIRETTORE DEL LABORATORIO  
Dott. Geol. Antonio Petriccione



Castel Morrone (CE), 22/06/2010

Certificato n. 00889

Accettazione n: TER160/2010

Data ricevimento: 09/06/10

Data esecuzione prova: 16/06/10

Committente: Dott. Geol. Russo Francesco

Cantiere: Ospedale Civile - Caserta

Sondaggio: S1

Campione: C1

Profondità di prelievo (m): 5.00 - 5.50

## TAGLIO DIRETTO

(ASTM D 3080-98)

### VALORI RILEVATI AI COMPARATORI DELLA MACCHINA DI TAGLIO - CONDIZIONI DI PICCO

Provino n.1 ■			Provino n.2 ◆			Provino n.3 ●		
Def. orizz. S <sub>h</sub> (mm)	Def. vert. S <sub>v</sub> (mm)	Tensione tangenziale τ (MPa)	Def. orizz. S <sub>h</sub> (mm)	Def. vert. S <sub>v</sub> (mm)	Tensione tangenziale τ (MPa)	Def. orizz. S <sub>h</sub> (mm)	Def. vert. S <sub>v</sub> (mm)	Tensione tangenziale τ (MPa)
0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.000
0.50	0.09	0.013	0.50	0.10	0.017	0.50	0.09	0.026
1.00	0.14	0.020	1.00	0.16	0.030	1.00	0.17	0.049
1.50	0.18	0.024	1.50	0.24	0.040	1.50	0.28	0.066
2.00	0.20	0.027	2.00	0.30	0.047	2.00	0.37	0.079
2.50	0.21	0.028	2.50	0.34	0.052	2.50	0.44	0.089
3.00	0.21	0.030	3.00	0.37	0.055	3.00	0.50	0.096
3.50	0.21	0.031	3.50	0.40	0.059	3.50	0.55	0.103
4.00	0.21	0.033	4.00	0.41	0.062	4.00	0.58	0.109
4.50	0.22	0.034	4.50	0.44	0.065	4.50	0.62	0.113
5.00	0.22	0.036	5.00	0.45	0.067	5.00	0.65	0.117
5.50	0.22	0.037	5.50	0.46	0.069	5.50	0.67	0.119
6.00	0.22	0.037	6.00	0.48	0.070	6.00	0.70	0.122
6.50	0.22	0.037	6.50	0.49	0.071	6.50	0.72	0.125
			7.00	0.51	0.072	7.00	0.74	0.127
			7.50	0.52	0.072	7.50	0.76	0.128
			8.00	0.53	0.072	8.00	0.78	0.129
			8.50	0.53	0.072	8.50	0.81	0.131
			9.00	0.54	0.071	9.00	0.82	0.132
						9.50	0.84	0.132
						10.00	0.84	0.132

LO SPERIMENTATORE  
 Geom. Alfonso Casapulla

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO  
 Dott. Geol. Antonio Petriccione



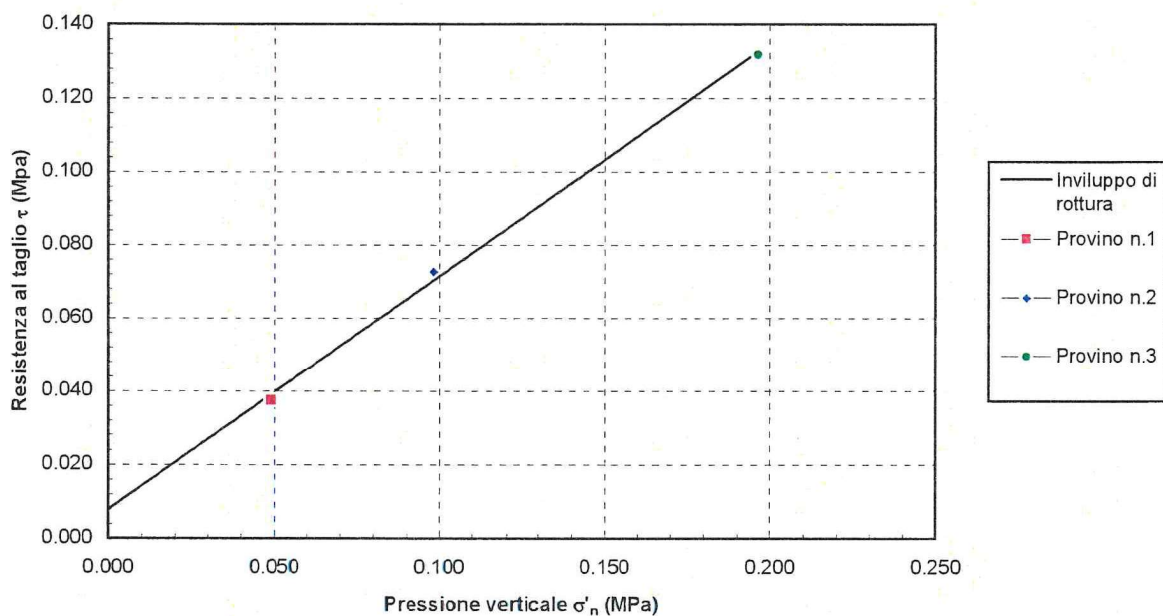
Sondaggio: **S1**Campione: **C1**Profondità di prelievo (m): **5.00 - 5.50**

## TAGLIO DIRETTO

### CONDIZIONI DI PICCO

Provino	Pressione verticale $\sigma'_n$ (MPa)	Deformazione orizzontale $S_{hr}$ (mm)	Deformazione verticale $S_{vr}$ (mm)	Resistenza al taglio $\tau_f$ (MPa)
1 ■	0.049	6.00	0.22	0.037
2 ◆	0.098	8.00	0.53	0.073
3 ●	0.196	9.50	0.84	0.132

### DIAGRAMMA DELL'INVILUPPO DI ROTTURA - CONDIZIONI DI PICCO



### PARAMETRI DELL'INVILUPPO

Coeff. di determinaz.	Errore stand. sulla stima di c	Angolo di attrito $\phi$ (gradi)	Coesione intercetta c (Mpa)
$r^2$ (-)	$S_y$ (-)		
9.98E-01	3.01E-02	<b>32.46</b>	<b>0.008</b>

Castel Morrone (CE), 22/06/2010

Accettazione n: TER160/2010

Data ricevimento: 09/06/10 Data esecuzione prova: 15/06/10

Committente: Dott. Geol. Russo Francesco

Cantiere: Ospedale Civile - Caserta

Sondaggio: S1

Campione: C2

Profondità di prelievo (m): 10.50 - 11.00

## IDENTIFICAZIONE DEL TERRENO

(ASTM D2488-00)

### CARATTERI IDENTIFICATIVI

Contenitore: Fustella a pareti grosse in ferro

Diametro (cm): 8.20

Lungh. (cm): 63.00

Massa (Kg) 4.007

Condizione del campione estruso: Buone

Classe di qualità (AGI): Q5

### PROVE DI CONSISTENZA SPEDITIVE

Pocket Penetrometer Test (MPa): > 0.600

Pocket Vane Test (MPa): > 0.200

### CARATTERISTICHE VISIVE

#### DESCRIZIONE DEL CAMPIONE

Materiale di origine piroclastica, granulometria sabbioso debolmente limosa, contenente pomici e scorie di dimensioni millimetriche e frammenti tufacei di dimensioni variabili da 1 centimetro a 5 centimetri. Materiale poco addensato.

#### COLORE (Tavola di Munsell)

10YR Grigio Marrone 5/2

Foto campione

LO SPERIMENTATORE  
Geom. Alfonso Casapulla

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO  
Dott. Geol. Antonio Petriccione



Castel Morrone (CE), 22/06/2010

Certificato n. 00890

Accettazione n: TER160/2010

Data ricevimento: 09/06/10 Data esecuzione prova: 15/06/10

Committente: Dott. Geol. Russo Francesco

Cantiere: Ospedale Civile - Caserta

Sondaggio: S1

Campione: C2

Profondità di prelievo (m): 10.50 - 11.00

## CARATTERISTICHE FISICHE DEL TERRENO

(CNR-UNI 10008-64 BS 1377/75 ASTM D854-83)

### CONDIZIONI NATURALI

Peso specifico del terreno $\gamma_s$ (KN/m <sup>3</sup> )	26.50
Peso dell'unità di volume (fustellamento) $\gamma$ (KN/m <sup>3</sup> )	11.27
Peso dell'unità di volume (pesata idrostatica) $\gamma$ (KN/m <sup>3</sup> )	
Contenuto d'acqua W (%)	10.40
Peso secco dell'unità di volume $\gamma_d$ (KN/m <sup>3</sup> )	10.21
Indice di porosità e (-)	1.60
Porosità n (-)	0.61
Grado di saturazione S (-)	0.18

### CONDIZIONI DI SATURAZIONE

Peso dell'unità di volume immerso in acqua $\gamma'$ (KN/m <sup>3</sup> )	6.43
Peso dell'unità di volume saturo d'acqua $\gamma_{sat}$ (KN/m <sup>3</sup> )	16.24
Contenuto d'acqua $W_{sat}$ (%)	59.04

LO SPERIMENTATORE

Geom. Alfonso Casapulla

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO

Dott. Geol. Antonio Petriccione





Castel Morrone (CE), 22/06/2010

Certificato n. 00891

Accettazione n: TER160/2010

Data ricevimento: 09/06/10 Data esecuzione prova: 18/06/10

Committente: Dott. Geol. Russo Francesco

Cantiere: Ospedale Civile - Caserta

Sondaggio: S1

Campione: C2

Profondità di prelievo (m): 10.50 - 11.00

## ANALISI GRANULOMETRICA

(ASTM D421-D422-D2217)

### VALORI DETERMINATI MEDIANTE SETACCIATURA

Vaglio ASTM (No)	5	10	20	40	70	140	200
Diametro granuli (mm)	4.000	2.000	0.850	0.425	0.212	0.106	0.075
Peso passante compl. (%)	90.39	83.87	67.97	56.51	44.78	31.21	24.66

### VALORI DETERMINATI MEDIANTE SEDIMENTAZIONE

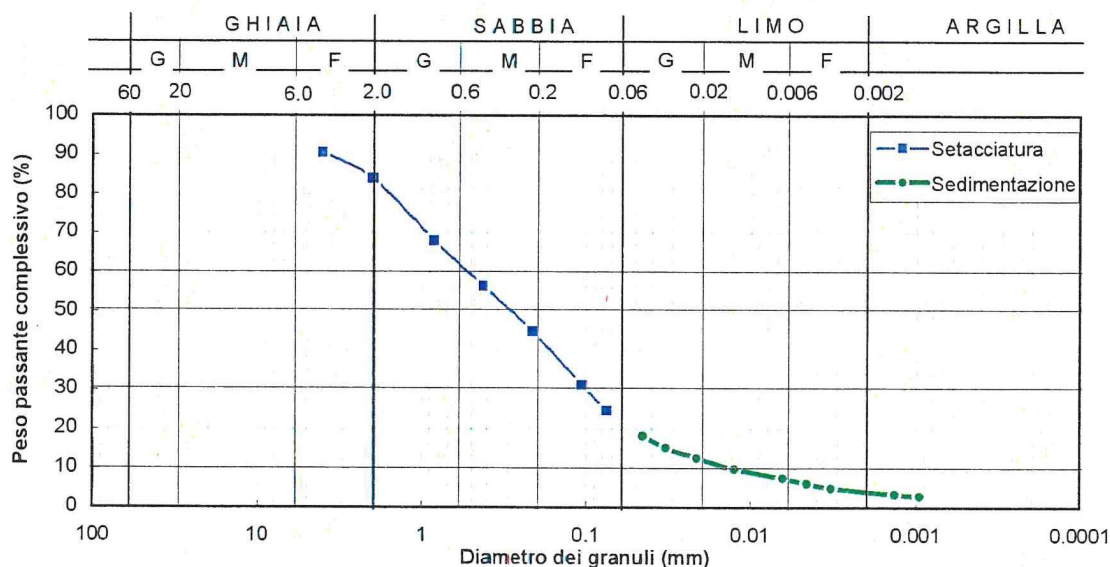
Diametro granuli (mm)	0.045	0.033	0.021	0.013	0.006	0.005	0.003	0.0014	0.0010
Peso passante compl. (%)	18.20	15.10	12.50	9.70	7.40	6.00	4.80	3.30	2.80

### FRAZIONI GRANULOMETRICHE E PARAMETRI CORRELATI

Frazione argillosa < 0.002 mm (%)	3.80	Diametro efficace $D_{10}$ (mm)	0.013553
Frazione limosa < 0.06 mm (%)	17.59	Diametro medio $D_{30}$ (mm)	0.100277
Frazione < 0.074 mm (%)	24.66	Diametro medio $D_{50}$ (mm)	0.306755
Frazione sabbiosa < 2 mm (%)	69.00	Diametro medio $D_{60}$ (mm)	0.554333
Frazione ghiaiosa < 60 mm (%)	9.61	Coefficiente di uniformità $C_u$ (-)	40.90
Frazione ciottolosa $\geq 60$ mm (%)	0.00	Coefficiente di curvatura $C_c$ (-)	1.34

Class. A.G.I. (1990): *Sabbia limosa debolmente ghiaiosa*

### DIAGRAMMA DELLA DISTRIBUZIONE GRANULOMETRICA



LO SPERIMENTATORE

Geom. Alfonso Casapulla

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO

Dott. Geol. Antonio Petriccione





Castel Morrone (CE), 22/06/2010

Certificato n. 00892

Accettazione n: TER160/2010

Data ricevimento: 09/06/10 Data esecuzione prova: 16/06/10

Committente: Dott. Geol. Russo Francesco

Cantiere: Ospedale Civile - Caserta

Sondaggio: S1

Campione: C2

Profondità di prelievo (m): 10.50 - 11.00

## TAGLIO DIRETTO

(ASTM D 3080-98)

DIMENSIONI DEI PROVINI				VALORI A INIZIO CONSOLIDAZ.		PARAMETRI DELLA CONSOLIDAZIONE			
Prov.	Lungh. lato l	Altezza iniziale h	Area di base A <sub>b</sub>	Peso di volume γ <sub>i</sub>	Contenuto d'acqua w <sub>i</sub>	Durata consol. δt	Pressione di consolidazione σ <sub>n</sub>	Cedim. finale δh	Tempo T <sub>100</sub>
(n)	(cm)	(cm)	(cm <sup>2</sup> )	(KN/m <sup>3</sup> )	(%)	(ore)	(MPa)	(mm)	(min)
1 ■	6.00	2.50	36.00	11.37	11.74	24.00	0.049	0.970	7.50
2 ◆	6.00	2.50	36.00	11.30	11.74	24.00	0.098	1.303	6.94
3 ●	6.00	2.50	36.00	11.22	11.75	24.00	0.196	1.512	6.72

CONSOLIDAZIONE DEI PROVINI						VALORI A FINE CONSOLIDAZ.		
Provino n.1 ■		Provino n.2 ◆		Provino n.3 ●		Prov.	Peso di volume γ <sub>f</sub>	Contenuto d'acqua w <sub>f</sub>
Tempo t	Cedim. δh	Tempo t	Cedim. δh	Tempo t	Cedim. δh	(n)	(KN/m <sup>3</sup> )	(%)
(min)	(mm)	(min)	(mm)	(min)	(mm)			
0.1	0.82	0.1	1.03	0.1	1.15	1 ■	16.02	51.33
0.25	0.84	0.25	1.07	0.25	1.20	2 ◆	15.83	48.46
0.4	0.84	0.4	1.09	0.4	1.23	3 ●	15.56	45.55
0.5	0.85	0.5	1.10	0.5	1.24			
1	0.86	1	1.11	1	1.26			
2	0.86	2	1.12	2	1.28			
4	0.87	4	1.14	4	1.30			
8	0.88	8	1.16	8	1.32			
15	0.89	15	1.18	15	1.35			
30	0.91	30	1.20	30	1.37			
60	0.92	60	1.22	60	1.40			
120	0.93	120	1.24	120	1.43			
240	0.94	240	1.26	240	1.46			
480	0.95	480	1.28	480	1.49			
960	0.96	960	1.29	960	1.51			
1440	0.97	1440	1.30	1440	1.51			

### CARATTERISTICHE DELLA PROVA

Prov.	Condizione del provino	Orientazione strutturale del provino	Velocità di def. orizz. V <sub>i</sub>
(n)		(°)	(mm/min)
1 ■	Indisturbato	n.d.	0.052
2 ◆	Indisturbato	n.d.	0.052
3 ●	Indisturbato	n.d.	0.052

Note: Prova di taglio eseguita con la scatola di Casagrande.

LO SPERIMENTATORE

Geom. Alfonso Casapulla

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO

Dott. Geol. Antonio Petriccione



Castel Morrone (CE), 22/06/2010

Certificato n. 00892

Accettazione n: TER160/2010

Data ricevimento: 09/06/10 Data esecuzione prova: 16/06/10

Committente: Dott. Geol. Russo Francesco

Cantiere: Ospedale Civile - Caserta

Sondaggio: S1

Campione: C2

Profondità di prelievo (m): 10.50 - 11.00

## TAGLIO DIRETTO

(ASTM D 3080-98)

DIAGRAMMA DELLA CONSOLIDAZIONE DEI PROVINI

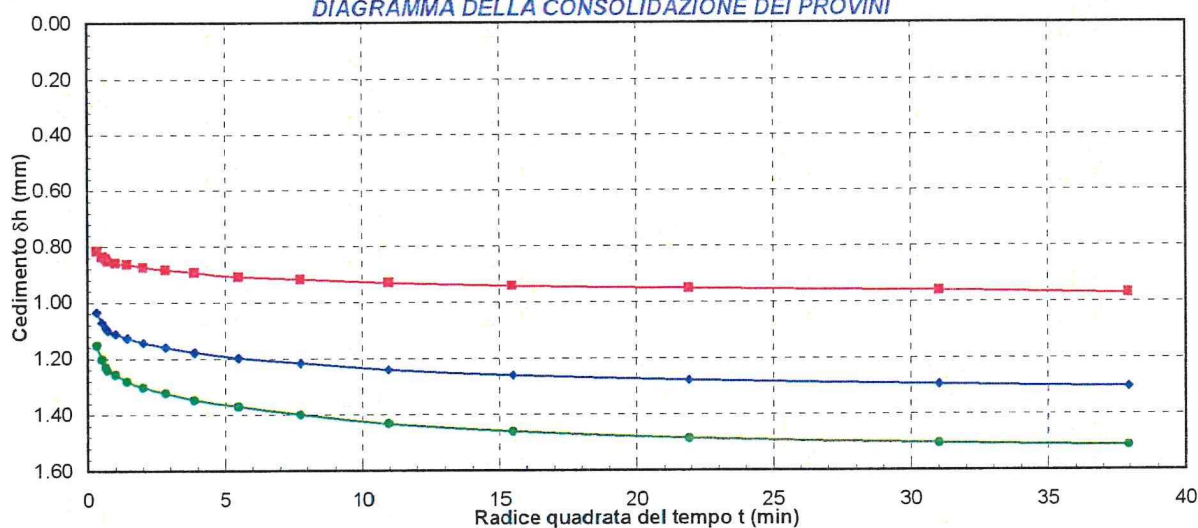
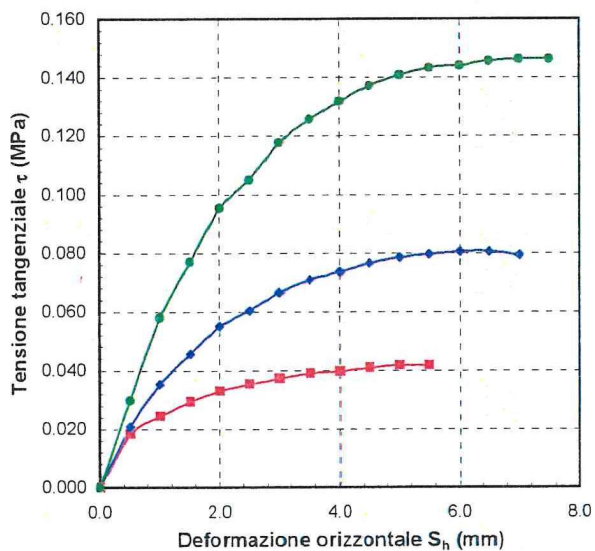
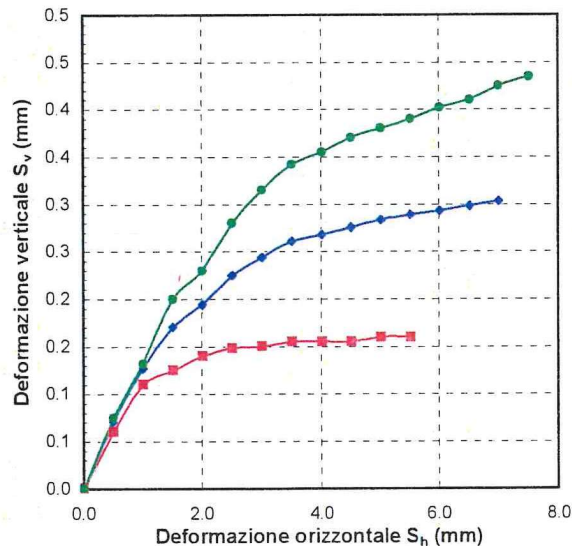


DIAGRAMMA DEFORMAZIONE-TENSIONE



LO SPERIMENTATORE  
Geom. Alfonso Casapulla

DIAGRAMMA DELLE DEFORMAZIONI



IL DIRETTORE DEL LABORATORIO  
Dott. Geol. Antonio Petriccione





Castel Morrone (CE), 22/06/2010

Certificato n. 00892

Accettazione n: TER160/2010

Data ricevimento: 09/06/10 Data esecuzione prova: 16/06/10

Committente: Dott. Geol. Russo Francesco

Cantiere: Ospedale Civile - Caserta

Sondaggio: S1

Campione: C2

Profondità di prelievo (m): 10.50 - 11.00

## TAGLIO DIRETTO

(ASTM D 3080-98)

### VALORI RILEVATI AI COMPARATORI DELLA MACCHINA DI TAGLIO - CONDIZIONI DI PICCO

Provino n.1 ■			Provino n.2 ◆			Provino n.3 ●		
Def. orizz. S <sub>h</sub> (mm)	Def. vert. S <sub>v</sub> (mm)	Tensione tangenziale τ (MPa)	Def. orizz. S <sub>h</sub> (mm)	Def. vert. S <sub>v</sub> (mm)	Tensione tangenziale τ (MPa)	Def. orizz. S <sub>h</sub> (mm)	Def. vert. S <sub>v</sub> (mm)	Tensione tangenziale τ (MPa)
0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.000
0.50	0.06	0.018	0.50	0.07	0.021	0.50	0.08	0.030
1.00	0.11	0.024	1.00	0.13	0.035	1.00	0.13	0.058
1.50	0.13	0.029	1.50	0.17	0.046	1.50	0.20	0.077
2.00	0.14	0.033	2.00	0.19	0.055	2.00	0.23	0.095
2.50	0.15	0.035	2.50	0.22	0.060	2.50	0.28	0.105
3.00	0.15	0.037	3.00	0.24	0.067	3.00	0.32	0.118
3.50	0.16	0.039	3.50	0.26	0.071	3.50	0.34	0.126
4.00	0.16	0.040	4.00	0.27	0.074	4.00	0.36	0.132
4.50	0.16	0.041	4.50	0.28	0.077	4.50	0.37	0.137
5.00	0.16	0.042	5.00	0.28	0.079	5.00	0.38	0.141
5.50	0.16	0.042	5.50	0.29	0.080	5.50	0.39	0.143
			6.00	0.29	0.081	6.00	0.40	0.144
			6.50	0.30	0.081	6.50	0.41	0.146
			7.00	0.30	0.079	7.00	0.43	0.146
						7.50	0.44	0.146

LO SPERIMENTATORE  
Geom. Alfonso Casapulla

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO  
Dott. Geol. Antonio Petriccione

Sondaggio: S1

Campione: C2

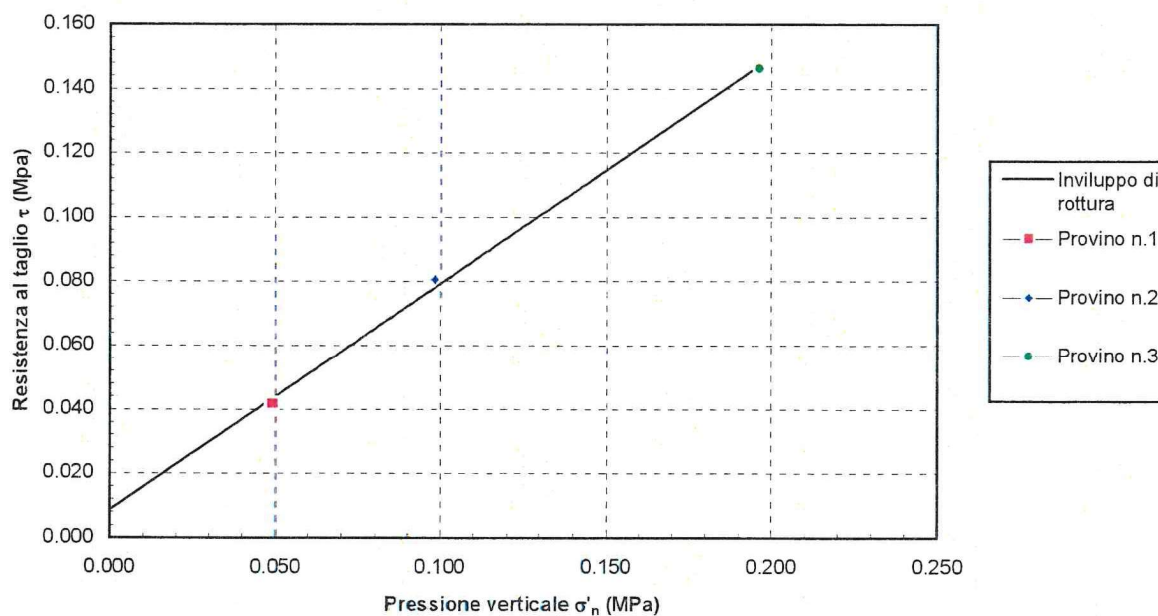
Profondità di prelievo (m): 10.50 - 11.00

## TAGLIO DIRETTO

### CONDIZIONI DI PICCO

Provino	Pressione verticale	Deformazione orizzontale	Deformazione verticale	Resistenza al taglio
(n)	$\sigma'_n$ (MPa)	$S_{hr}$ (mm)	$S_{vr}$ (mm)	$\tau$ (MPa)
1 ■	0.049	5.00	0.16	0.042
2 ◆	0.098	6.00	0.29	0.080
3 ●	0.196	7.00	0.43	0.146

### DIAGRAMMA DELL'INVILUPPO DI ROTTURA - CONDIZIONI DI PICCO



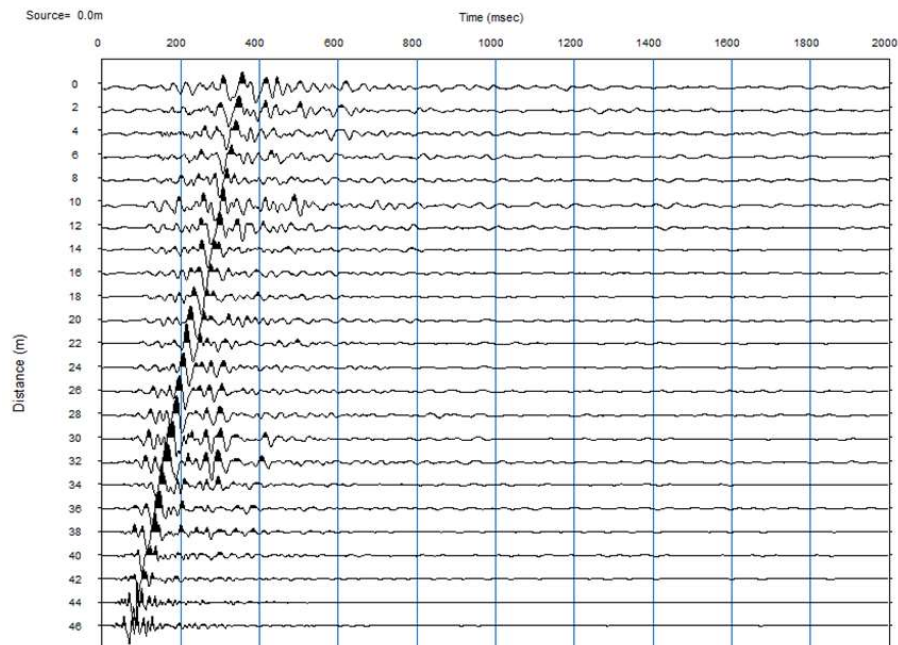
### PARAMETRI DELL'INVILUPPO

Coeff. di	Errore stand.	Angolo	Coesione
determinaz.	sulla stima di c	di attrito	intercetta
$r^2$	$s_y$	$\phi$	$c$
(-)	(-)	(gradi)	(Mpa)
9.98E-01	3.10E-02	35.23	0.009



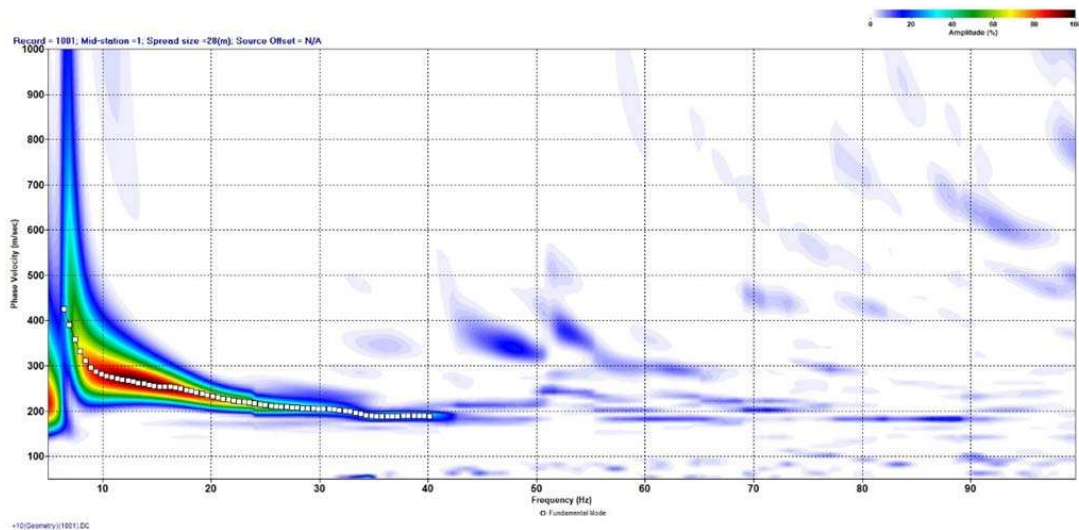
### 3.2 INDAGINE MASW

L'elaborazione dei dati è stata effettuata selezionando, tra tutti i segnali acquisiti, il sismogramma di seguito riportato.



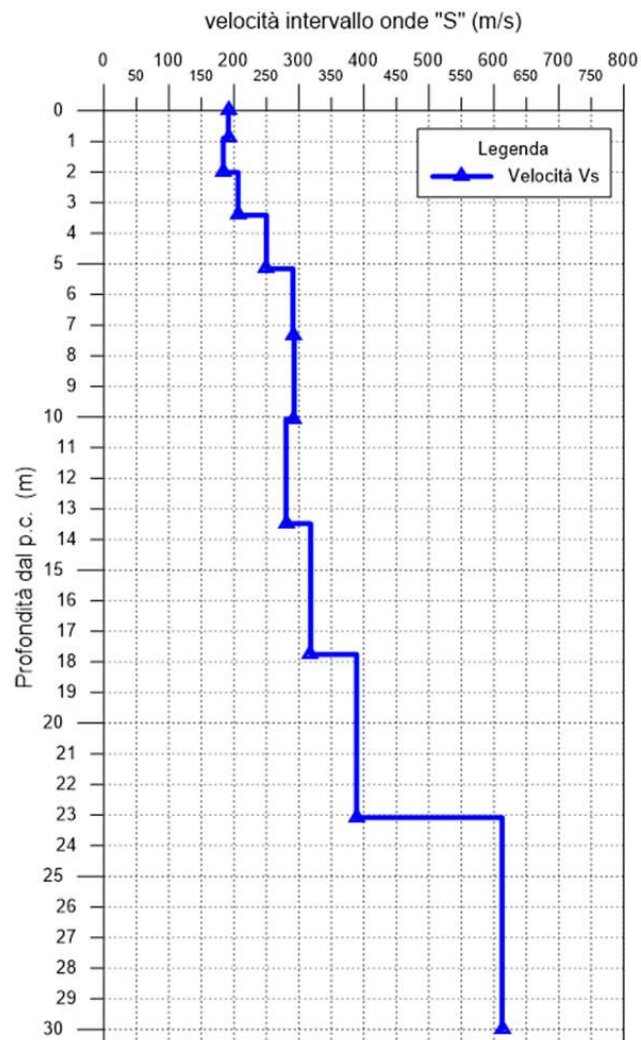
*Sismogramma MASW*

A seguito del post-processing descritto in precedenza, è stato elaborato il diagramma velocità di fase-frequenza dal quale è stata estratta la curva di dispersione di seguito riportata.



*Diagramma velocità di fase-frequenza e curva di dispersione MASW*

Ultimato il processo di inversione, è stato ricavato il profilo verticale dell'andamento della velocità delle onde S di seguito diagrammato.



*Andamento del profilo delle velocità delle onde S con la profondità MASW*

### 3.2.1 DETERMINAZIONE DEL PARAMETRO $V_{S,30}$

Al fine di classificare il sottosuolo da un punto di vista sismico nonché per definire l'azione sismica di progetto e l'effetto della risposta sismica locale, la normativa europea (EUROCODICE 8) e quelle italiane, dall'OPCM 3274/2003 sino alle recenti "Norme Tecniche per le Costruzioni", approvate con Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018, adottano, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili a determinate categorie, un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio,  $V_S$ .

La velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio,  $V_{S,eq}$  (in m/s) è definita dall'espressione:

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

con:

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

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

$N$  numero di strati;

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

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione.

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

Mediante le risultanze scaturite dalle prospezioni geofisiche descritte nel presente elaborato, l'elaborazione dei dati ha permesso di calcolare i seguenti valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio,  $V_{s30}$ :

*Tabella riepilogativa del valore  $V_{s30}$ .*

Codice	Valore $V_{s30}$
MASW	326 m/s

Napoli, 15/11/2018

Tecno In S.p.A.



**TECNO IN** S.p.A.





Data: settembre 2020

Il committente: A.O. CASERTA

Oggetto: demolizione e ricostruzione edificio G

IL Tecnico: Geol. Salvatore Palillo

## Indagine geofisica tramite tecnica HVSR



## **Cenni sulla teoria della tecnica 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  $V_{seq}$  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  $V_{seq}$ .

## Dati generali

Nome progetto: demolizione e ricostruzione edificio G  
Committente: A.O Caserta  
Cantiere:  
Località: Caserta  
Operatore: Geol. Salvatore Palillo  
Responsabile:  
Data: 25/09/2020  
Zona:  
Latitudine: 41.087498°  
Longitudine: 14.335448°

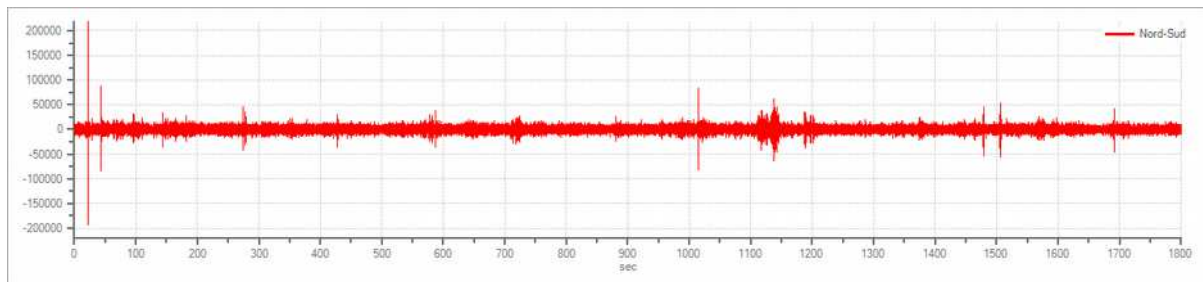
## PROVA N° 1

### Tracce in input

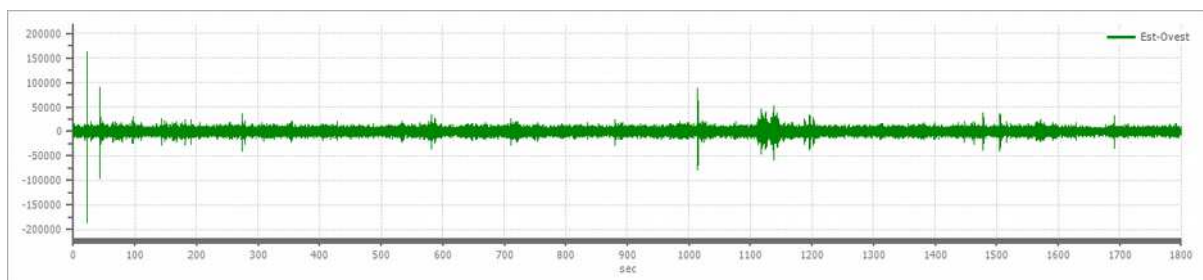
#### Dati riepilogativi:

Numero tracce: 3  
Durata registrazione: 1800 s  
Frequenza di campionamento: 172.00 Hz  
Numero campioni: 309600  
Direzioni tracce: Nord-Sud; Est-Ovest; Verticale.

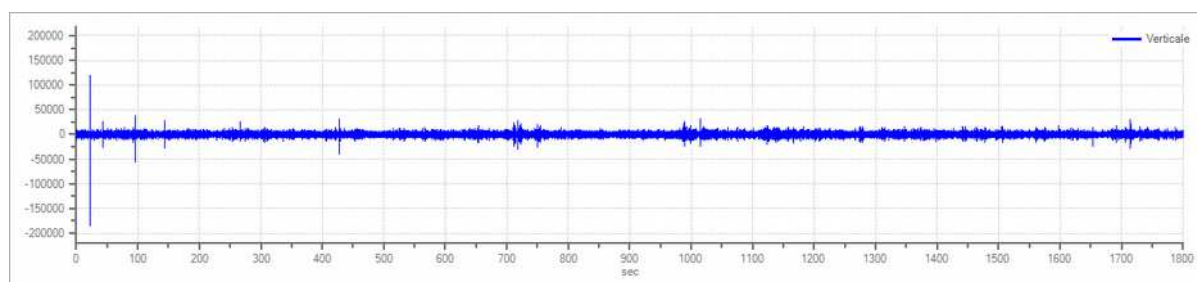
#### Grafici tracce:



Traccia in direzione Nord-Sud



Traccia in direzione Est-Ovest



Traccia in direzione Verticale

## Finestre selezionate

### Dati riepilogativi:

Numero totale finestre selezionate: 80  
 Numero finestre incluse nel calcolo: 80  
 Dimensione temporale finestre: 20.000 s  
 Tipo di lisciamiento: Konno & Ohmachi  
 Percentuale di lisciamiento: 20.00 %  
 Coefficiente di banda: 40.00

### Tabella finestre:

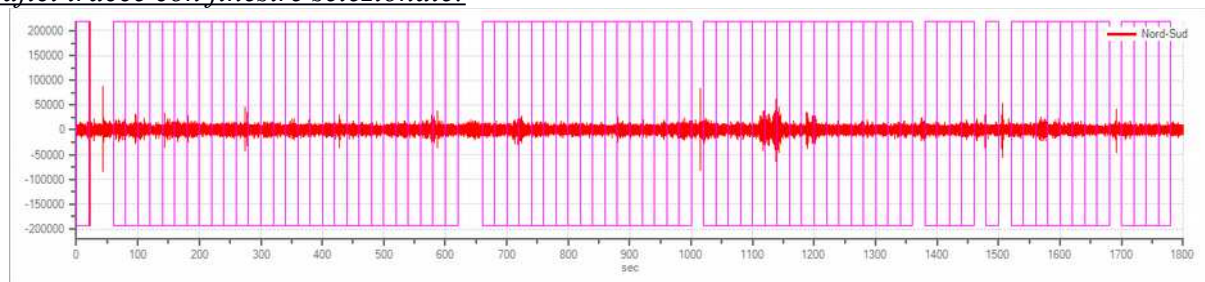
Numero finestra	Istante iniziale	Istante finale	Selezione
1	0	20	Inclusa
2	60	80	Inclusa
3	80	100	Inclusa
4	100	120	Inclusa
5	120	140	Inclusa
6	140	160	Inclusa
7	160	180	Inclusa
8	180	200	Inclusa
9	200	220	Inclusa
10	220	240	Inclusa
11	240	260	Inclusa
12	260	280	Inclusa
13	280	300	Inclusa
14	300	320	Inclusa
15	320	340	Inclusa
16	340	360	Inclusa
17	360	380	Inclusa
18	380	400	Inclusa
19	400	420	Inclusa
20	420	440	Inclusa
21	440	460	Inclusa
22	460	480	Inclusa
23	480	500	Inclusa



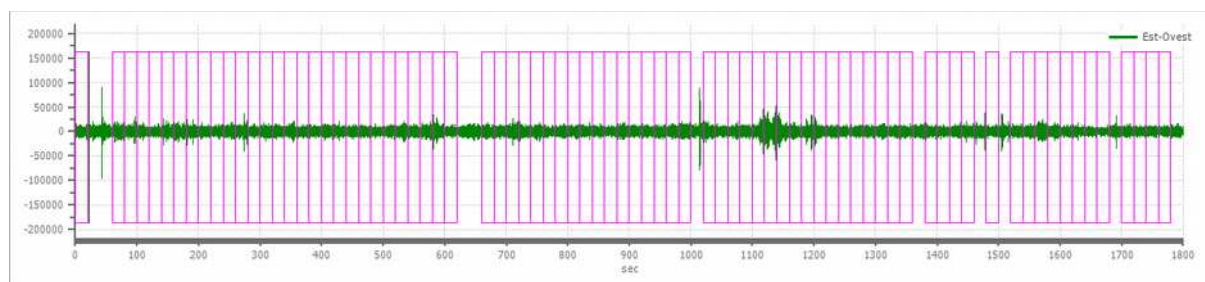
24	500	520	Inclusa
25	520	540	Inclusa
26	540	560	Inclusa
27	560	580	Inclusa
28	580	600	Inclusa
29	600	620	Inclusa
30	660	680	Inclusa
31	680	700	Inclusa
32	700	720	Inclusa
33	720	740	Inclusa
34	740	760	Inclusa
35	760	780	Inclusa
36	780	800	Inclusa
37	800	820	Inclusa
38	820	840	Inclusa
39	840	860	Inclusa
40	860	880	Inclusa
41	880	900	Inclusa
42	900	920	Inclusa
43	920	940	Inclusa
44	940	960	Inclusa
45	960	980	Inclusa
46	980	1000	Inclusa
47	1020	1040	Inclusa
48	1040	1060	Inclusa
49	1060	1080	Inclusa
50	1080	1100	Inclusa
51	1100	1120	Inclusa
52	1120	1140	Inclusa
53	1140	1160	Inclusa
54	1160	1180	Inclusa
55	1180	1200	Inclusa
56	1200	1220	Inclusa
57	1220	1240	Inclusa
58	1240	1260	Inclusa
59	1260	1280	Inclusa
60	1280	1300	Inclusa
61	1300	1320	Inclusa
62	1320	1340	Inclusa
63	1340	1360	Inclusa
64	1380	1400	Inclusa
65	1400	1420	Inclusa
66	1420	1440	Inclusa
67	1440	1460	Inclusa
68	1480	1500	Inclusa
69	1520	1540	Inclusa
70	1540	1560	Inclusa
71	1560	1580	Inclusa
72	1580	1600	Inclusa

73	1600	1620	Inclusa
74	1620	1640	Inclusa
75	1640	1660	Inclusa
76	1660	1680	Inclusa
77	1700	1720	Inclusa
78	1720	1740	Inclusa
79	1740	1760	Inclusa
80	1760	1780	Inclusa

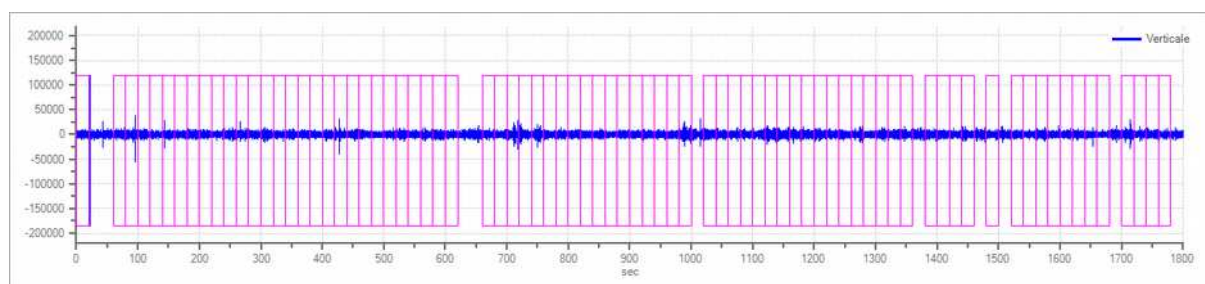
Grafici tracce con finestre selezionate:



Traccia e finestre selezionate in direzione Nord-Sud

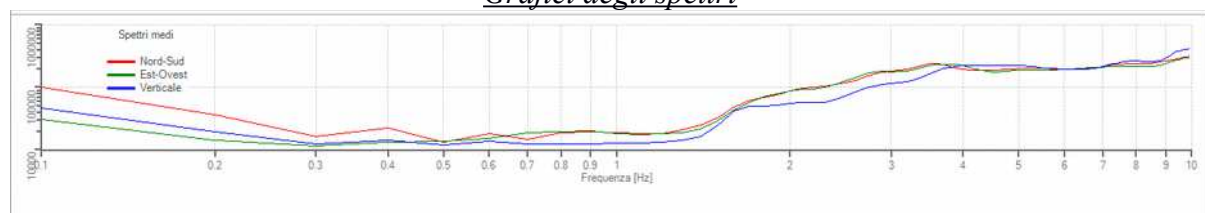


Traccia e finestre selezionate in direzione Est-Ovest

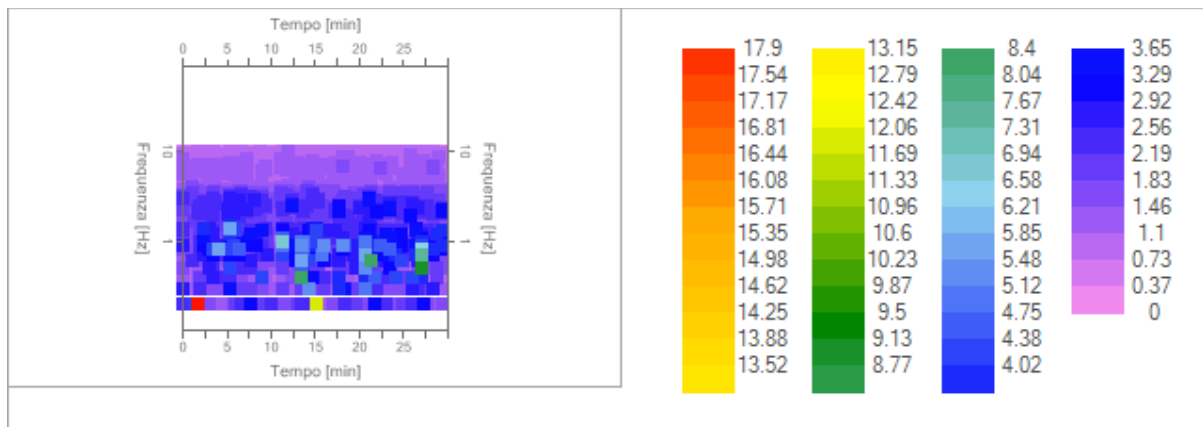


Traccia e finestre selezionate in direzione Verticale

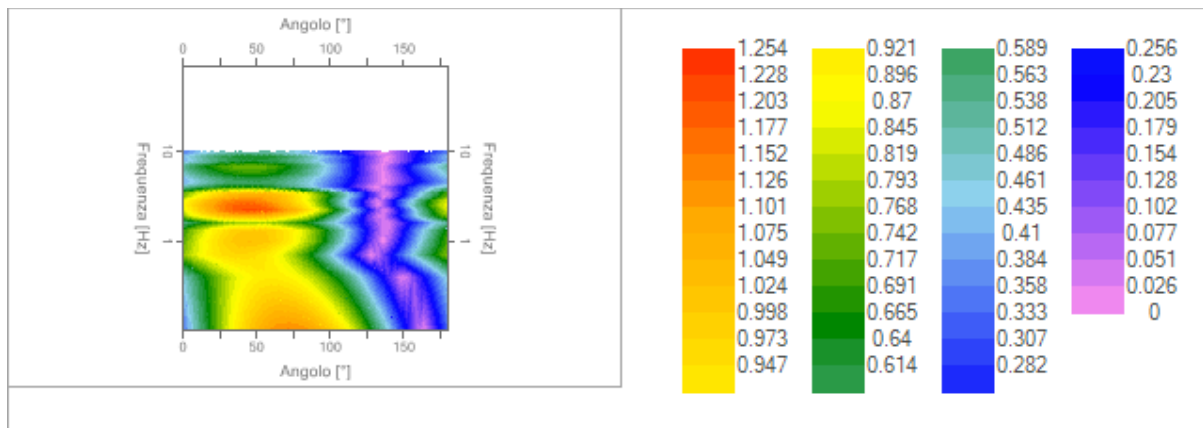
Grafici degli spettri



Spettri medi nelle tre direzioni



Mapa della stazionarietà degli spettri



Mapa della direzionalità degli spettri

## Rapporto spettrale H/V

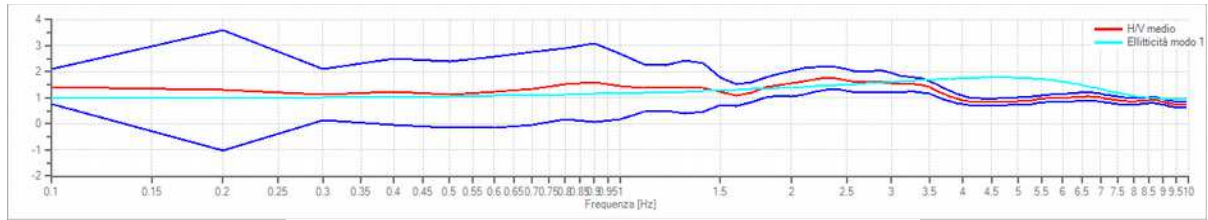
### Dati riepilogativi:

Frequenza massima: 10.00 Hz  
 Frequenza minima: 0.10 Hz  
 Passo frequenze: 0.10 Hz  
 Tipo lisciamento:: Konno & Ohmachi  
 Percentuale di lisciamento: 20.00 %  
 Tipo di somma direzionale: Media aritmetica

### Risultati:

Frequenza del picco del rapporto H/V: **2.30 Hz  $\pm$  0.26 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
$\exists f^- \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	Non superato
$\exists f^+ \in [f_0, 4 \cdot f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	Ok
$A_0 > 2$	Non superato
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	Non superato
$\sigma_f < \varepsilon(f)$	Non superato
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	Ok

## Modello stratigrafico

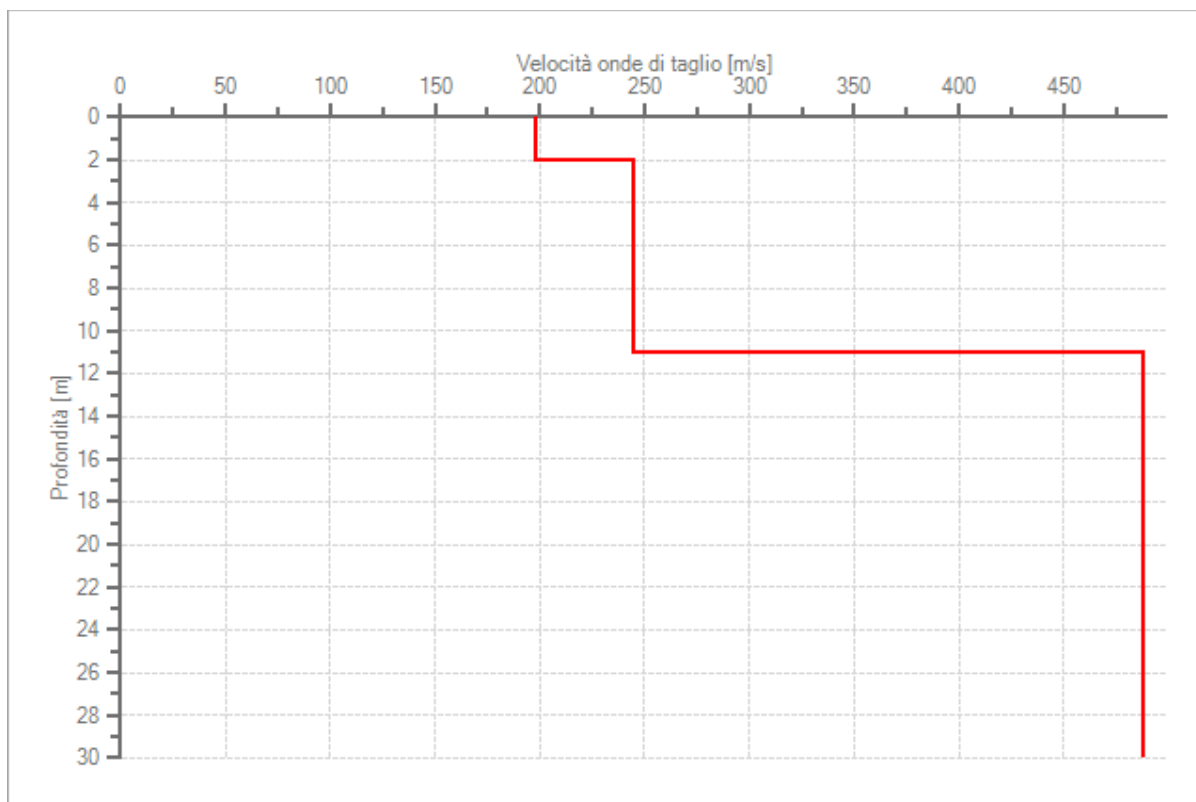
### Dati riepilogativi:

Numero strati: 3  
 Frequenza del picco dell'ellitticità: 4.60 Hz  
 Valore di disadattamento: 0.50  
**Valore Vseq: 349.61 m/s**

### Dati della stratigrafia:

Strato	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso per Unità di Vol. [kN/m <sup>3</sup> ]	Coeff. di Poisson	Velocità onde di taglio [m/s]
1	0	2	18	0.34	198
2	2	9	18	0.3	245
3	11	19	18	0.29	487





Profilo delle velocità delle onde di taglio.

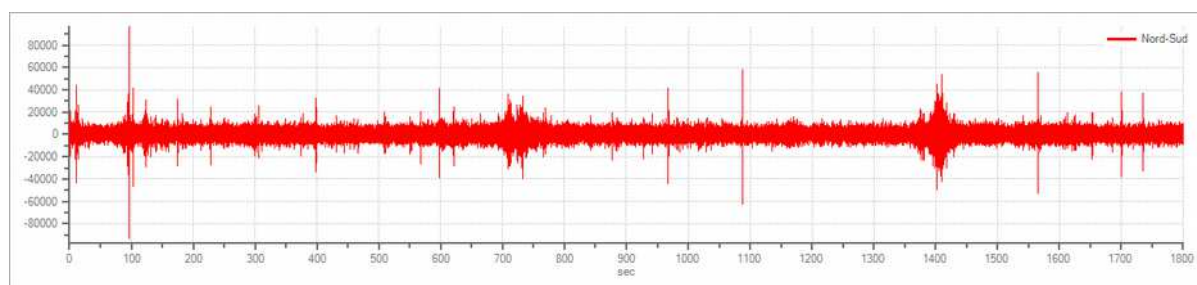
## **PROVA 2**

### **Tracce in input**

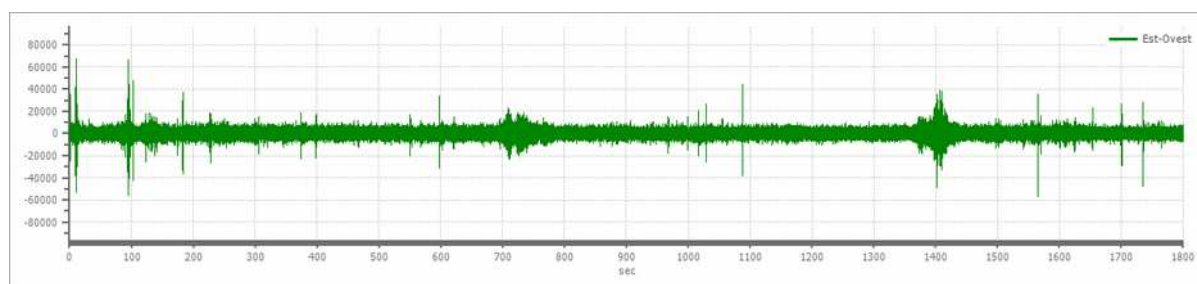
#### Dati riepilogativi:

Numero tracce:	3
Durata registrazione:	1800 s
Frequenza di campionamento:	172.00 Hz
Numero campioni:	309600
Direzioni tracce:	Nord-Sud; Est-Ovest; Verticale.

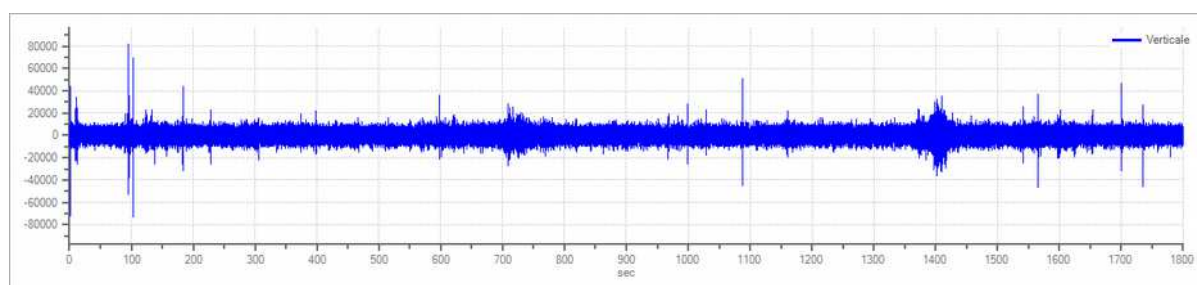
### Grafici tracce:



Traccia in direzione Nord-Sud



Traccia in direzione Est-Ovest



Traccia in direzione Verticale

## **Finestre selezionate**

### Dati riepilogativi:

Numero totale finestre selezionate: 84  
Numero finestre incluse nel calcolo: 84  
Dimensione temporale finestre: 20.000 s  
Tipo di lisciamiento: Konno & Ohmachi  
Percentuale di lisciamiento: 20.00 %  
Coefficiente di banda: 40.00

### Tabella finestre:

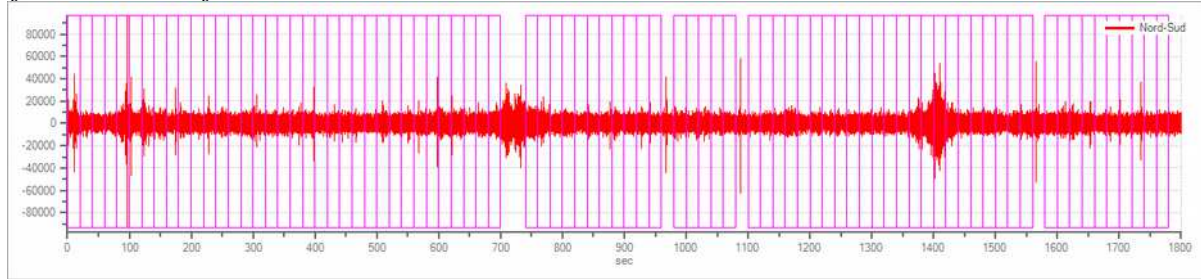
Numero finestra	Istante iniziale	Istante finale	Selezione
1	0	20	Inclusa
2	20	40	Inclusa
3	40	60	Inclusa
4	60	80	Inclusa

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	600	620	Inclusa
32	620	640	Inclusa
33	640	660	Inclusa
34	660	680	Inclusa
35	680	700	Inclusa
36	740	760	Inclusa
37	760	780	Inclusa
38	780	800	Inclusa
39	800	820	Inclusa
40	820	840	Inclusa
41	840	860	Inclusa
42	860	880	Inclusa
43	880	900	Inclusa
44	900	920	Inclusa
45	920	940	Inclusa
46	940	960	Inclusa
47	980	1000	Inclusa
48	1000	1020	Inclusa
49	1020	1040	Inclusa
50	1040	1060	Inclusa
51	1060	1080	Inclusa
52	1100	1120	Inclusa
53	1120	1140	Inclusa

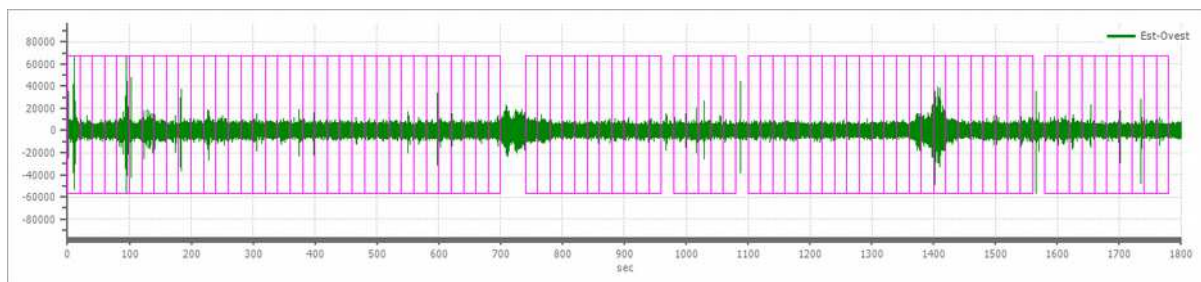
54	1140	1160	Inclusa
55	1160	1180	Inclusa
56	1180	1200	Inclusa
57	1200	1220	Inclusa
58	1220	1240	Inclusa
59	1240	1260	Inclusa
60	1260	1280	Inclusa
61	1280	1300	Inclusa
62	1300	1320	Inclusa
63	1320	1340	Inclusa
64	1340	1360	Inclusa
65	1360	1380	Inclusa
66	1380	1400	Inclusa
67	1400	1420	Inclusa
68	1420	1440	Inclusa
69	1440	1460	Inclusa
70	1460	1480	Inclusa
71	1480	1500	Inclusa
72	1500	1520	Inclusa
73	1520	1540	Inclusa
74	1540	1560	Inclusa
75	1580	1600	Inclusa
76	1600	1620	Inclusa
77	1620	1640	Inclusa
78	1640	1660	Inclusa
79	1660	1680	Inclusa
80	1680	1700	Inclusa
81	1700	1720	Inclusa
82	1720	1740	Inclusa
83	1740	1760	Inclusa
84	1760	1780	Inclusa



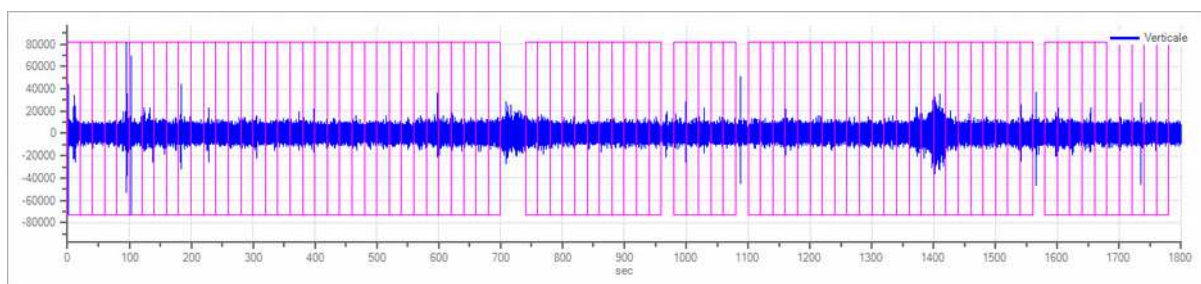
Grafici tracce con finestre selezionate:



Traccia e finestre selezionate in direzione Nord-Sud

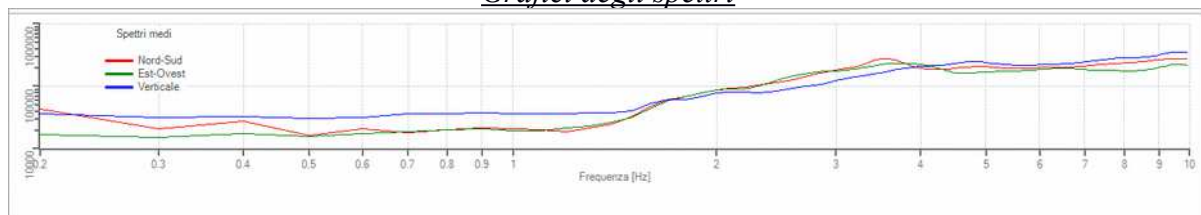


Traccia e finestre selezionate in direzione Est-Ovest

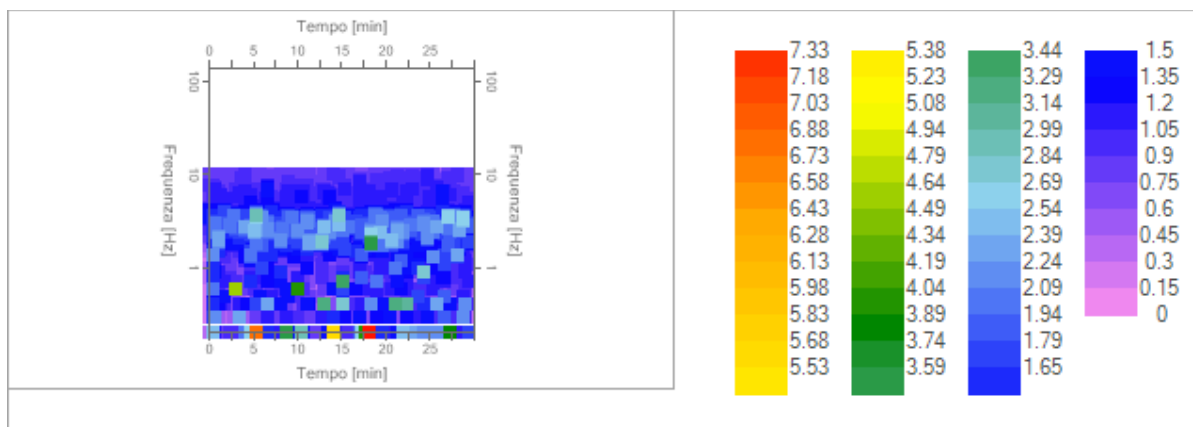


Traccia e finestre selezionate in direzione Verticale

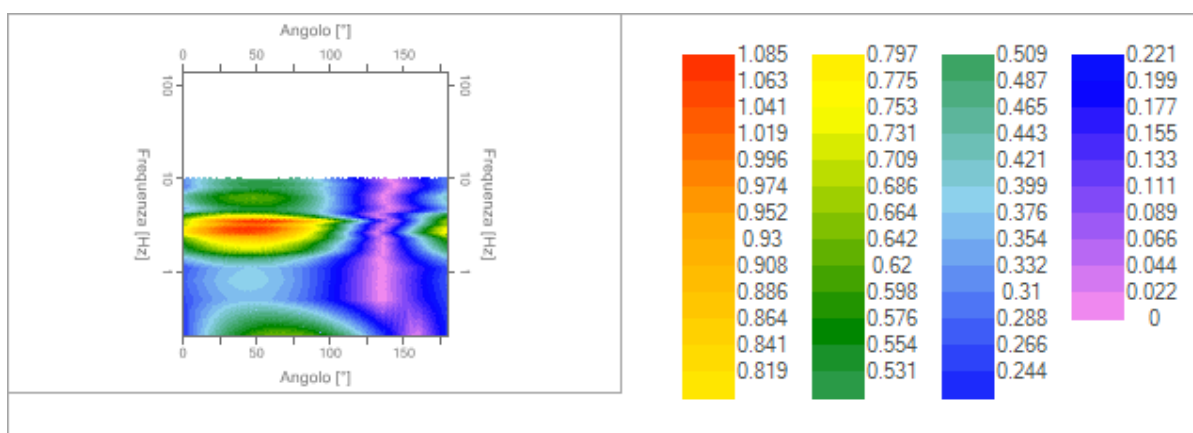
Grafici degli spettri



Spettri medi nelle tre direzioni



Mappa della stazionarietà degli spettri



Mappa della direzionalità degli spettri

## Rapporto spettrale H/V

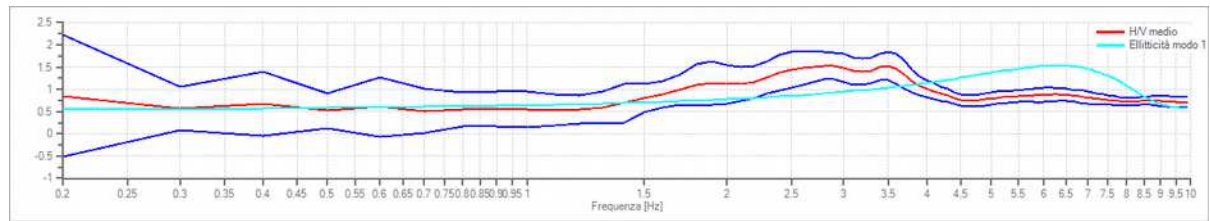
### Dati riepilogativi:

Frequenza massima: 10.00 Hz  
 Frequenza minima: 0.20 Hz  
 Passo frequenza: 0.10 Hz  
 Tipo lisciamiento:: Konno & Ohmachi  
 Percentuale di lisciamiento: 20.00 %  
 Tipo di somma direzionale: Media aritmetica

### Risultati:

Frequenza del picco del rapporto H/V: **2.80 Hz  $\pm$  0.21 Hz**

### Grafico rapporto spettrale H/V



Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

### Verifiche SESAME:

#### Verifica

$$f_0 > 10/l_w$$

$$n_c(f_0) > 200$$

$$\sigma_A(f) < 2 \text{ per } 0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0 \text{ se } f_0 > 0.5H$$

$$\sigma_A(f) < 3 \text{ per } 0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0 \text{ se } f_0 < 0.5H$$

$$\exists f^- \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$$

$$\exists f^+ \in [f_0, 4 \cdot f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$$

$$A_0 > 2$$

$$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$$

$$\sigma_f < \varepsilon(f)$$

$$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$$

#### Esito

Ok

Ok

Ok

Ok

Ok

Non superato

Non superato

Non superato

Ok

## Modello stratigrafico

### Dati riepilogativi:

Numero strati: 3

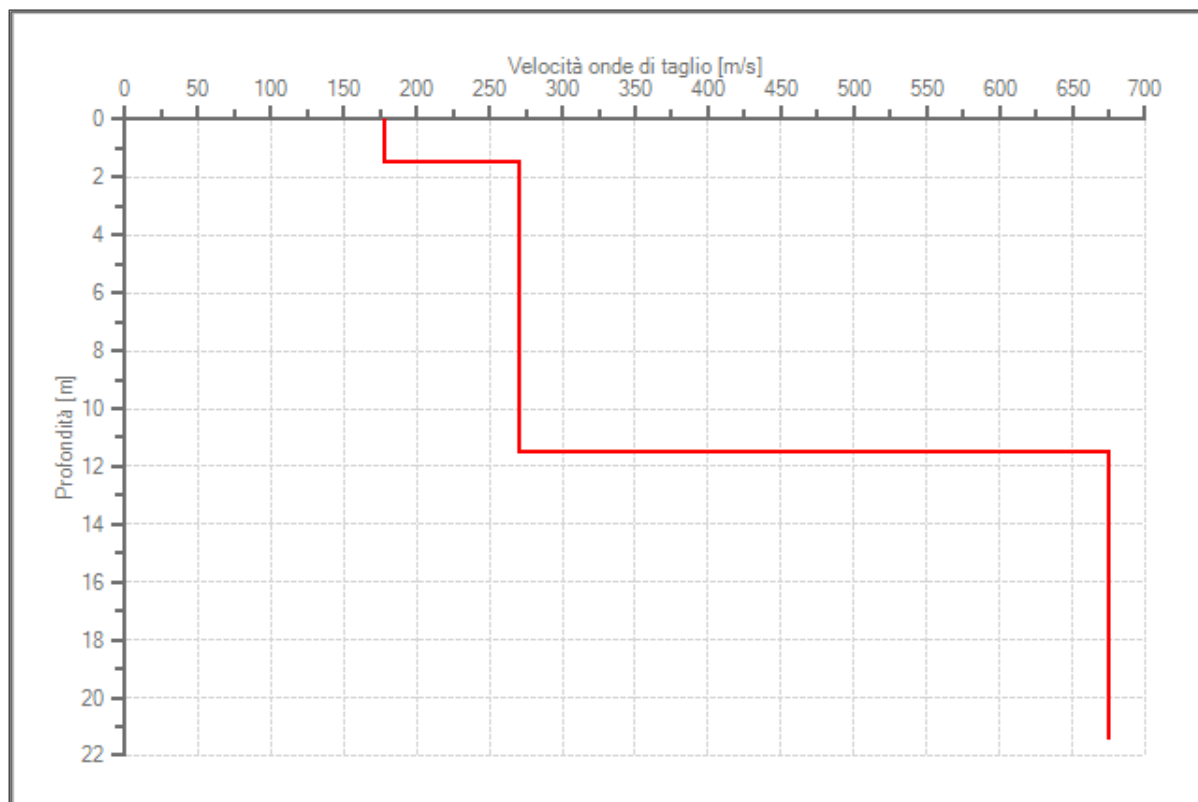
Frequenza del picco dell'ellitticità: 6.30 Hz

Valore di disadattamento: 0.49

**Valore Vseq: 357.48 m/s**

### Dati della stratigrafia:

Strato	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso per Unità di Vol. [kN/m <sup>3</sup> ]	Coeff. di Poisson	Velocità onde di taglio [m/s]
1	0	1.5	18	0.33	178
2	1.5	10	18	0.3	271
3	11.5	10	18	0.3	675

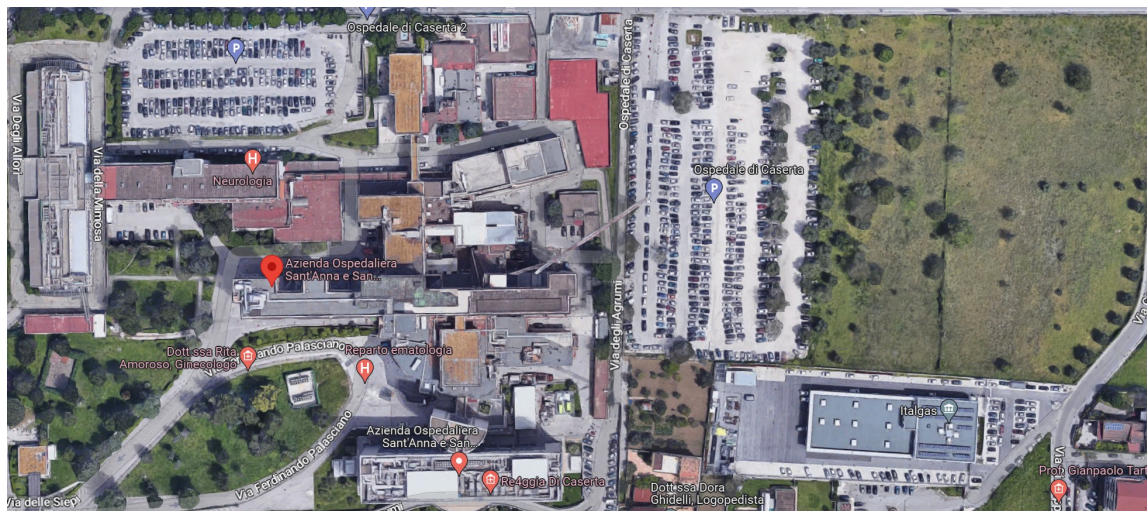


Profilo delle velocità delle onde di taglio.



## **II RELAZIONE A SUPPORTO**

**B.M.T. S.R.L.**  
**SOCIETA' DI INGEGNERIA**



**COMMITTENTE**

"Azienda Ospedaliera Sant'Anna e  
San Sebastiano"  
CASERTA - 81100

**OGGETTO:**

**Realizzazione Nuovo Edificio a tre piani dell'AORN di  
Caserta  
Relazione geologica, indagini geognostiche e prove**



L'AMMINISTRATORE

BUILDING MATERIAL TESTING s.r.l.  
Via Stellato, snc (Palazzo Segesta)  
81054 San Prisco (Ce)  
C.F./P. IVA 04255190615

IL TECNICO



BUILDING MATERIAL TESTING S.R.L.  
VIA A. STELLATO - CENTRO SEGESTA 81054 - SAN PRISCO (CE)  
C.F./P.IVA: 04255190615

## INDICE

<i>1.0 Premessa</i>	<i>pag.. 2</i>
<i>2.0 Caratteri geomorfologici, litologici, idrogeologici e tettonici del territorio comunale di Caserta</i>	<i>pag.4</i>
<i>2.1 Inquadramento a livello di bacino</i>	<i>pag.11</i>
<i>2.2 Inquadramento orografico e idrografico</i>	<i>pag.12</i>
<i>3.0 Indagini geognostiche</i>	<i>pag.13</i>
<i>3.1 Programma di indagine</i>	<i>pag.13</i>
<i>3.2 Sondaggio a carotaggio continuo</i>	<i>pag.15</i>
<i>3.3 Prova Penetrometrica DPSH</i>	<i>pag.18</i>
<i>3.4 Indagine sismica metodo Masw e HVSR</i>	<i>pag.19</i>
<i>4.0 Caratterizzazione Fisico – meccanica dei terreni</i>	<i>pag.27</i>
<i>4.1 Elaborazione Parametri geotecnici</i>	<i>pag.28</i>
<i>5.0 Microzonazione sismica</i>	<i>pag.30</i>
<i>5.1 Modellazione</i>	<i>pag.33</i>
<i>5.2 Analisi del Terreno</i>	<i>pag.36</i>
<i>5.3 Azione sismica</i>	<i>pag.37</i>
<i>5.4 Determinazione periodo proprio del sottosuolo</i>	<i>pag.45</i>
<i>6.0 Conclusioni</i>	<i>pag.46</i>
<i>Bibliografia</i>	<i>pag.48</i>
<i>Tavole</i>	
<i>Figura 1: Stralcio della Carta Geologica foglio n.172 "Caserta" dell'I.G.M. scala 1:100.000. Ubicazione dell'Area di Studio</i>	
<i>Figura 2: Schema di circolazione idrica - Carta idrogeologica della Piana Campana (da Ducci, 2007)</i>	
<i>Figura 3: Carta I.G.M. Scala 1: 50.000</i>	
<i>Figura 4: Carta I.G.M. Scala 1: 25.000</i>	
<i>Figura 5: Carta Geolitologica dell'Area – su ortofoto SIT della Regione Campania scala 1:10.000</i>	
<i>Figura 6: Sezione geologica del sito</i>	
<i>Allegati fuori testo</i>	
<i>Prova penetrometrica dinamica -Sondaggio a carotaggio continuo-Analisi di laboratorio su n. 2 campioni indisturbati</i>	

## 1.0 PREMESSA

La presente relazione geologica è di supporto al progetto di **REALIZZAZIONE NUOVO EDIFICIO A TRE PIANI DELL'AORN DI CASERTA** nel Complesso Ospedaliero Sant'Anna e San Sebastiano di Caserta.

Il presente lavoro mira a ricostruire e ad illustrare la situazione litostratigrafica locale, l'origine e la natura dei litotipi, il loro eventuale stato di alterazione, fratturazione e degradabilità, lineamenti idrogeologici e geomorfologici, nonché l'eventuale presenza di dissesti in atto o potenziali, ed infine fornire lo schema della circolazione idrica superficiale e sotterranea.

In seguito all'incarico ricevuto dall'Azienda Ospedaliera "Sant'Anna e San Sebastiano" di Caserta con Verbale di Affidamento Protocollo Generale n° 0006464/i del 28/02/2023 la **BMT Srl** avvalendosi del dott. geol. **Francesco Russo**, regolarmente iscritto all'Ordine dei Geologi della Regione Campania con il n. 278, ha approntato il piano di studi e di indagini necessari alla redazione della presente relazione geologica e modellazione sismica dell'area nel rispetto delle Norme vigenti nelle aree dichiarate sismiche, con specifico riguardo, come citato, alla Legge 02.02.1974, n° 64, alla Circolare Ministeriale LL.PP. n° 9839 datata 01.07.1976, al D.M. 24.01.1986, al D.M. LL.PP. 11.03.1988 entrambi modificati ed integrati dal D.M. del 16.01.1996 ed alla Legge 07.01.1983, n° 9, della Regione Campania e della nuova Ordinanza 3274 del marzo 2003 (Norme tecniche per il progetto, la valutazione e l'adeguamento sismico degli edifici) e in conformità alle norme tecniche approvate con decreto Ministeriale del 14.09.2005 e pubblicate sul Supplemento Ordinario n°159 della Gazzetta Ufficiale del 23.09.2005 n° 222 ed alle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni Decreto Ministeriale 17/01/2018 (pubblicate sul Supplemento Ordinario n° 42 della Gazzetta Ufficiale del 20.02.2018) e circolare C.S.LL.PP. del 21 gennaio 2019 n° 7.

A tal fine si è ritenuto opportuno eseguire uno studio geologico preliminare fondato, in una prima fase, sulla ricerca bibliografica e sulla cartografia tematica riguardante l'area in esame. Successivamente si è provveduto ad eseguire un rilevamento geologico di superficie delle aree interessate e di una zona circostante sufficientemente ampia da consentire opportune e valide correlazioni.

Per la caratterizzazione geomeccanica dei terreni formanti il substrato è stata eseguita una campagna di indagine consistita nella esecuzione di un sondaggio a carotaggio continuo, n° 4 prove SPT nel foro di sondaggio, n°due prelievi campioni indisturbati, n°1 prova penetrometrica dinamica pesante "DPSH", prove geofisiche per la definizione della categoria di sottosuolo.



L'estensione delle indagini in numero e tipo è stata rapportata all'importanza dell'opera, alle sue dimensioni planimetriche, alla ipotizzabile variabilità delle caratteristiche meccaniche del terreno (articolo 4 Legge Regionale Campania 9/83 - Regolamento Delibera di Giunta Regionale n° 2515 del 08.10.2001, Circolare 2 febbraio 2009 n°617).

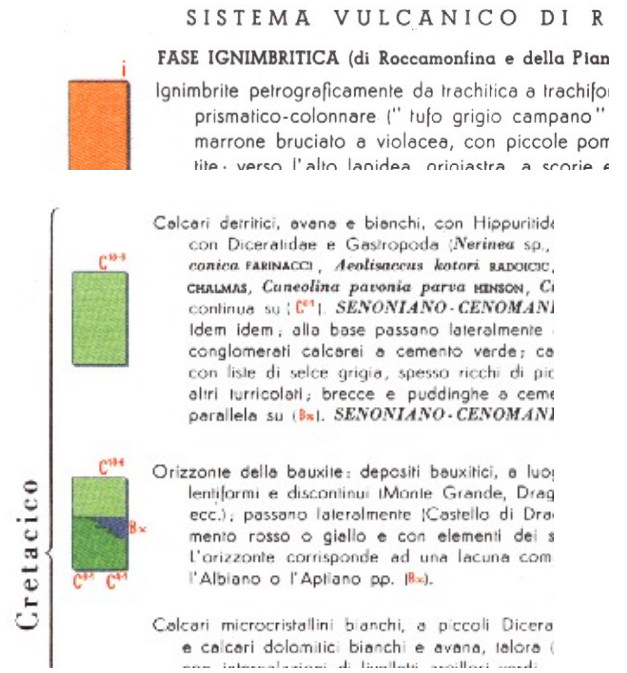
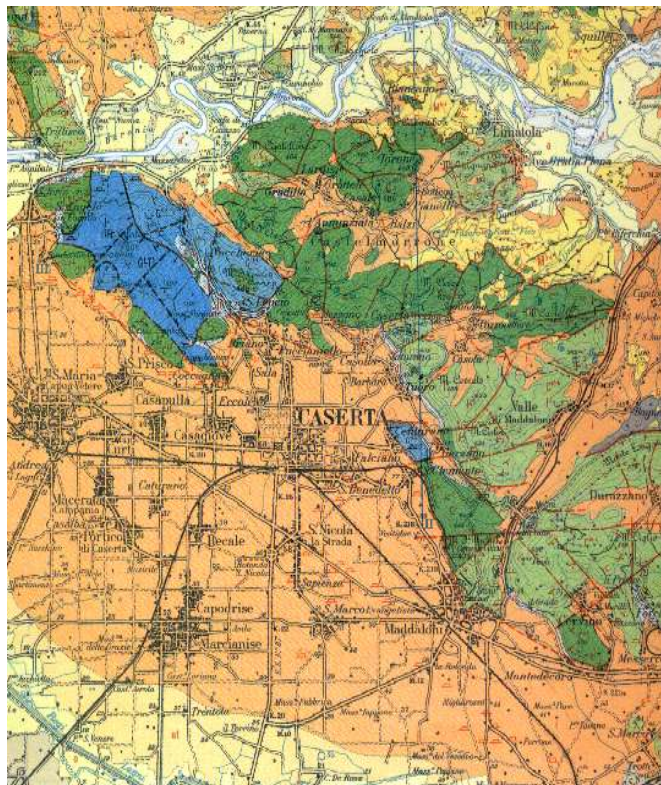
Si è tenuto conto, inoltre, della nuova classificazione sismica introdotta nella Regione Campania con la delibera n° 5447 - "Aggiornamento della classificazione dei comuni della Regione Campania". Il territorio in esame ricade nelle aree dichiarate sismiche che non hanno subito un incremento di classificazione rimanendo nella vecchia II Categoria amministrativa sismica con S pari a 9 (accelerazione pari a 0,07 m/sec<sup>2</sup>).

Gli elaborati grafici (carte geologiche e topografiche, planimetrie, ecc.), la scheda relative all'indagine eseguite sono riportate in allegato alla presente e della stessa forma parte integrante.

## 2.0 CARATTERI GEOMORFOLOGICI, LITOLOGICI, IDROGEOLOGICI E TETTONICI DEL TERRITORIO COMUNALE DI CASERTA

Il territorio comunale di Caserta si colloca in un'ampia area sub-pianeggiante alla pendice dei monti Tifatini dai quali è definito a Nord, mentre a Sud si apre nell'ampia piana Campana; è situato sul versante sinistro orografico del fiume Volturno, copre un'ampia area pianeggiante all'interno della stessa e ricade nel Foglio 172 della Carta d'Italia, in scala 1:100.000.

*legenda*



**Figura 1: Stralcio della Carta Geologica foglio n.172 "Caserta" dell'I.G.M. scala 1:100.000.**

**Ubicazione dell'Area di Studio**



### ***Ubicazione dell'Area di Studio***

DEPOSITI QUATERNARI UNITÀ UBIQUITARE	
<div> <div> <div></div> <div></div> <div></div> <div></div> <div></div> <div></div> <div></div> <div></div> <div></div> <div></div> </div> <div> <div></div> <div></div> <div></div> <div></div> <div></div> <div></div> <div></div> <div></div> <div></div> <div></div> </div> </div>	<p><b>DEPOSITI ANTROPICI</b> Terra di coltura di zone bonificate.</p> <p><b>DEPOSITI TORRENTIZI</b> Ghiaie eterogenee (karstiche) o poligeniche in facies di conoide alluvionale, a clasti decimetrici, in abbozzate matrici argillo-sabbiose marine, di prevalentemente natura proclastica. Lenti argillosi marnosi di prevalentemente natura pascalistica con local lenti di ghiaie carbonatiche.</p> <p><i>OLOCENE - ATTUALE</i></p> <p><b>DEPOSITI ALLUVIONALI</b> Lenti e sabbie di natura prevalentemente proclastica e subordinatamente ghiaie carbonatiche, localizzati nelle galeni dei fiumi Calore e Volturno.</p> <p><i>OLOCENE - ATTUALE</i></p> <p><b>COLTRI ELUVIALI E COLLUVIALI</b> Colluvii e suoli limosi sabbiosi prevalentemente di natura proclastica, contenenti clasti calcarei o frequentemente sili-silicatici. Spessore: variabile a seconda del contesto morfologico da 0,5 a 5 metri.</p> <p><i>OLOCENE - ATTUALE</i></p> <p><b>DEPOSITI COLLUVIALI</b> Depositi colluviali limoso argillosi con clasti più o meno grossolani, arenacei o calcareo marnosi (in funzione della litologia del substrato).</p> <p><i>OLOCENE - ATTUALE</i></p> <p><b>DEPOSITI DI FRANA</b> Accumuli gravitativi non completamente formali o in evoluzione costituiti da depositi a giacitura caotica di natura prevalentemente argillosa, contenenti pezzame lapideo di varia natura e grandimetria.</p> <p><i>OLOCENE - ATTUALE</i></p> <p><b>DEPOSITI DI FRANA ANTICHI</b> Accumuli gravitativi stabilizzati costituiti da depositi a giacitura caotica di natura prevalentemente argillosa, contenenti pezzame lapideo di varia natura e grandimetria.</p> <p><i>PLEISTOCENE SUPERIORE - OLOCENE</i></p>

Via A. Stellato Centro Segesta 81054 San Prisco (CE) P.I./C.F. 04255190615 e-mail: [info@bmtsrl.it](mailto:info@bmtsrl.it)

Il centro urbano si ritrova ad un'altezza sul livello del mare di circa ottanta metri, con qualche frazione sparsa sul suo territorio e nelle aree immediatamente a monte; da ricordare il borgo medioevale di Caserta Vecchia che domina, dalla vetta del Monte Virgo, tutta la piana.

Il fiume Volturno scorre ad Est del centro urbano, mentre a Nord il limite del territorio comunale è segnato da rilievi carbonatici.

Tra i rilievi ricordiamo: Monte San Leucio (metri 462), Monte Virgo (metri 620), Monte Tifata (metri 484), Monte San Silvestro, Monte Coppe, Monte Forotito, il Monticello, tutti afferenti al Gruppo dei Monti Tifatini, di cui rappresentano le ultime propaggini verso la piana campana.

Sotto il profilo geomorfologico l'area Caserta s'inquadra nelle tipiche forme al bordo di dorsali carbonatiche dell'Appennino Meridionale.

Si sviluppano difatti, da un lato, le strutture a blocchi monoclinatici, separati da faglie con direzione appenninica, formati da rocce stratificate di tipo carbonatico e, dall'altra parte, le tipiche morfologie fluviali determinate dalla presenza del fiume Volturno e dall'ampia Pianura Campana che si estende fino al Mare Tirreno.

La tipica fascia di raccordo tra le dorsali carbonatiche ed il fondovalle è costituita da detrito di falda costituito ciottoli calcarei a spigoli vivi con cemento calcareo. Sono ritrovati alle falde del monte Virgo, appena a Nord del centro urbano.

Le due aree sono inevitabilmente caratterizzate da tipi morfologici diversi.

Nell'intera area di pianura ricompresa nella piana Campana, si evidenzia la massiva presenza di un complesso piroclastico-colluviale composto in prevalenza da ignimbrite, petrograficamente definito come trachite e/o trachifonolite, comunemente conosciuta come "Tufo Grigio Campano" Auct..

La potenza complessiva è notevole, sono presenti anche ad alta quota e sono rilevabili anche nella forma compatta. Lo spessore di tale coltre va ad esaurirsi all'aumentare della distanza dai rilievi carbonatici, per passare ai depositi di piana alluvionale.

I depositi piroclastici si rinvencono nell'intera Valle in discordanza con i calcari: la loro origine è legata alle fasi eruttive del Vesuvio, e probabilmente, ai Vulcani ormai spenti della Piana Costiera Campana (Campi Flegrei)

La presenza di materiale piroclastico comporta un modellamento superficiale a morfologia piuttosto regolare, determinata dal colmamento delle incisioni del substrato e dal riempimento, fino alla copertura, delle parti elevate.

La successione stratigrafica del sottosuolo, in tutta l'area posta a Nord della cinta urbana di Napoli, è costituita, almeno dai primi cento metri, da potenti ammassi di materiali piroclastici eiettati dai vulcani presenti nel distretto dei Campi Flegrei (e marginalmente del Somma-Vesuvio) nel corso dei ripetuti episodi eruttivi verificatisi negli ultimi 30.000 anni.

Una sezione tipica di tali zone prevede, dall'alto verso il basso:



*Cineriti recenti del Somma Vesuvio;*

*Prodotti del 3° periodo Flegreo* eruttati dai vulcani di Agnano ed Astroni 3-4.000 anni or sono, rappresentati da ceneri e lapilli, con intercalazioni di livelli umificati;

*Prodotti del 2° periodo Flegreo*, datati intorno ai 10-20.000 anni, costituiti da piroclastiti in facies incoerente (pozzolane) ed in facies zeolitizzata (tufo giallo napoletano);

*Prodotti del 1° periodo Flegreo* messi in posto dalla grande eruzione ignimbratica risalente a circa 30.000 anni fa, costituiti dal tufo giallo campano e sua facies giallo-verde.

Gli spessori degli orizzonti variano da zona a zona, da pochi metri a molte decine di metri, in dipendenza dell'andamento morfologico locale al momento della deposizione dei materiali stessi ed in dipendenza del rimaneggiamento e/o asportazione delle coltri più superficiali e per opera dell'acqua di dilavamento.

I depositi alluvionali, con giacitura orizzontale, nella piana sono connessi agli espandimenti fluvio-lacustri del Volturno. La deposizione recente ed attuale è composta da depositi lacustri che si susseguono in vari episodi sedimentari, costituiti da sabbie ed argille di golena, suoli limo-argillosi chiari di colmata di alvei abbandonati, argille sabbiose, limi e sabbie scure con lapilli e pomici dilavate e lenti ciottolose.

L'elemento strutturale più importante dell'intera area è la Piana Campana, che raccoglie, come in una sacca (graben), tutti i materiali alluvionali recenti ed attuali. Si tratta della più importante depressione del quaternario del margine tirrenico della catena appenninica. È delimitata da faglie principali profonde orientate SW-NE e NW-SE, che hanno determinato lo sprofondamento rapido delle rocce carbonatiche. Da un lato sono visibili le monoclinali calcaree della "piattaforma campano-lucana", mentre dall'altro è visibile l'apparato vulcanico del Somma-Vesuvio che si erge dai depositi clastici e vulcanici quaternari della piana.

I terreni del substrato sono stati rinvenuti a profondità di circa 1800 metri e segnalano un'attività vulcanica fin dal Pleistocene inferiore. Nella piana campana il substrato è ritrovato anche a 2000 metri e dovrebbe raggiungere i 5000 nella parte centrale con un volume di riempimento di circa 10.000 Kilometri cubi di cui la metà di vulcaniti.

Tutti i dati stratigrafici confermano che lo sprofondamento ed il colmamento della piana campana con l'inizio dell'attività vulcanica, è avvenuto nel Quaternario.

Alcuni studiosi affermano che nella zona compresa tra i Campi Flegrei ed il Fiume Volturno, si sono impostati antichi edifici vulcanici che sono stati ricoperti poi, dai depositi recenti.

La struttura generale è evidente ai margini della Piana ove si notano faglie dirette, orientate NE-SW e NW-SE, che hanno determinato rigetti verticali complessivi nel Quaternario, intorno ai 5.000 metri; a queste strutture recenti sarebbero connessi i fenomeni vulcanici dell'area flegrea, del Roccamonfina e del Somma-Vesuvio, ubicati in corrispondenza delle zone di massimo ribassamento.

Dall'analisi dei campioni di terreno dei vari sondaggi presi in esame da vari studiosi, si evince che in tutta l'area, tranne una ristretta fascia, si è rinvenuta nel sottosuolo la formazione del tufo grigio campano. Dopo la fase ignimbratica ed esattamente nel cosiddetto 2° periodo flegreo, si sono avuti nuovi prodotti piroclastici che proiettati dai centri d'emissione in maniera violenta, si sono distribuiti al di sopra del tufo, con una deposizione granulometrica classata, formando le ben note successioni stratigrafiche di cenere, lapilli e scorie che adesso si rinvencono con colori dal marrone scuro al giallastro, con tutte le loro sfumature cromatiche.

La formazione piroclastica dell'Ignimbrite Campana è quella che, invece, dà luogo ai pendii che bordano la pianura lungo il suo perimetro nord-orientale.

Verso monte è localmente coperta da detriti di falda e colluvioni e, raramente, da sottili livelli di pomici provenienti dall'apparato vulcanico del Somma-Vesuvio; verso valle, e quindi verso la bassa pianura, è coperta dalle unità vulcanoclastiche e sedimentarie su descritte.

L'età di questa formazione è ancora controversa: alcuni autori la comprendono fra 33.000 e 30.000 anni fa, mentre studi più recenti riconoscono rispettivamente il limite inferiore e superiore dell'eruzione a 42.000 e 27.000 ybp.

Per quanto attiene alle caratteristiche fisiche, l'Ignimbrite Campana è definita come una piroclastite da flusso trachitico-fonolitica; in base al grado di "pipernizzazione", essa presenta dal basso verso l'alto le facies di piperno, tufo pipernoide, tufo e cinerazzo, mentre può assumere in senso laterale differenti colorazioni (dal grigio al giallo) in base a processi secondari di zeolitizzazione o anche altre variazioni laterali di facies tessiturali.

Le facies caratterizzanti la formazione evidenziano una successione d'intervalli poco consolidati (cinerazzo e tufo) e consolidati (piperno) che si ripete all'interno dell'unità a più altezze stratigrafiche (i banchi litoidi, spessi fino a 10 metri, sono descritti nelle stratigrafie come "breccia vulcanica", "piperno" o "lava").

La successione stratigrafica in definitiva ricostruita nel sottosuolo della piana copre l'intervallo di tempo che va dalla fine del Pleistocene medio all'attuale e registra pause erosionali di limitata durata (fasi d'incisione lineare pre-Ignimbrite Campana e post-Ignimbrite Campana).

L'emissione dell'Ignimbrite Campana, compresa fra 42.000 e 27.000 ybp avviene quindi in un momento di totale emersione della piana; i prodotti piroclastici (che vanno probabilmente ricondotti a più fasi eruttive) ingombrano interamente l'area, formando un esteso plateau nella zona centrale della pianura e dei pendii a bassa pendenza lungo i bordi.

L'aumento in quota della superficie topografica che ne deriva e la coincidenza con un momento di basso eustatico del livello del mare determinano le condizioni per l'innescare di una nuova fase d'erosione lineare che rimodella la morfologia.

Le formazioni carbonatiche, in affioramento, invece, possono ricondursi all'unità stratigrafico-strutturale "Alburno-Cervati" (della Piattaforma Campano-Lucana); dolomie e calcari

dolomitici, databili Triassico superiore-Liassico inferiore, costituiscono i termini più antichi e si rilevano ai Monti Friento, Maiulo e Tifata. In continuità stratigrafica segue il Giurassico in facies prevalentemente calcareo-dolomitica (M. Tifata e M. San Leucio) ed infine i termini calcarei molto sviluppati nei Monti Castellone, Calvi, Virgo e San Michele.

Questi ultimi sono prevalentemente costituiti da calcari e calcari dolomitici, talora detritici e oolitici la cui età è compresa tra il Neocomiano e il Senoniano.

Si rilevano altresì episodi conglomeratici databili Cretaceo inferiore (Monte Virgo) e, talvolta, Cretaceo superiore (M. Calvi e Cerreto) mentre al Monte Virgo si rinviene, sia pur non nella sua facies tipica, il livello ad Orbitoline caratteristico dell'unità Alburno-Cervati.

L'idrogeologia dell'area è strettamente connessa con i terreni affioranti. I calcari rappresentano un elemento altamente permeabile per fratturazione e carsismo mentre l'ignimbrite e le alluvioni risultano scarsamente permeabili specie dove prevale la componente più fine.

La falda basale nel substrato carbonatico si ritrova a circa 100 metri sul livello del mare, mentre nei materiali piroclastici la circolazione sotterranea è legata alla permeabilità dei terreni che attraversa.

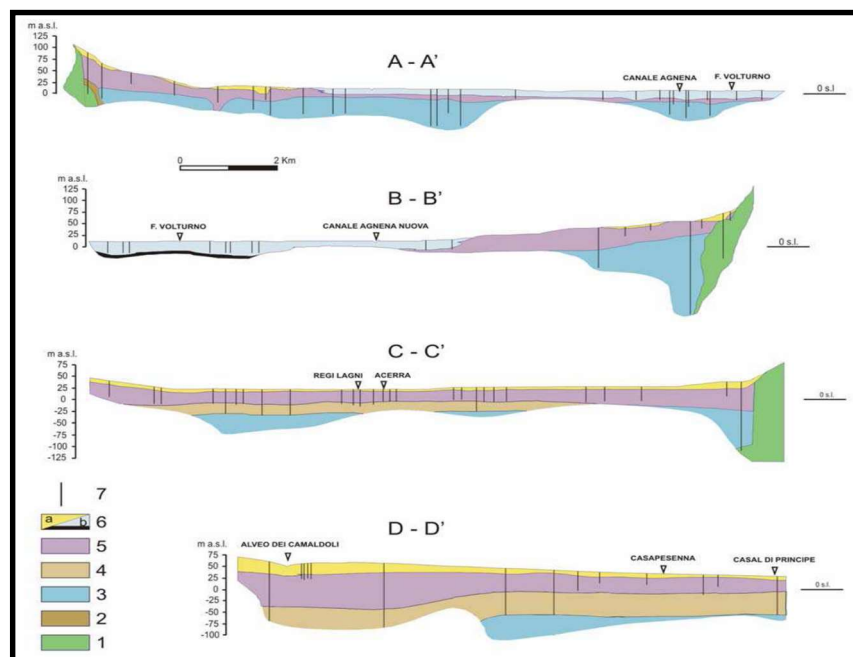
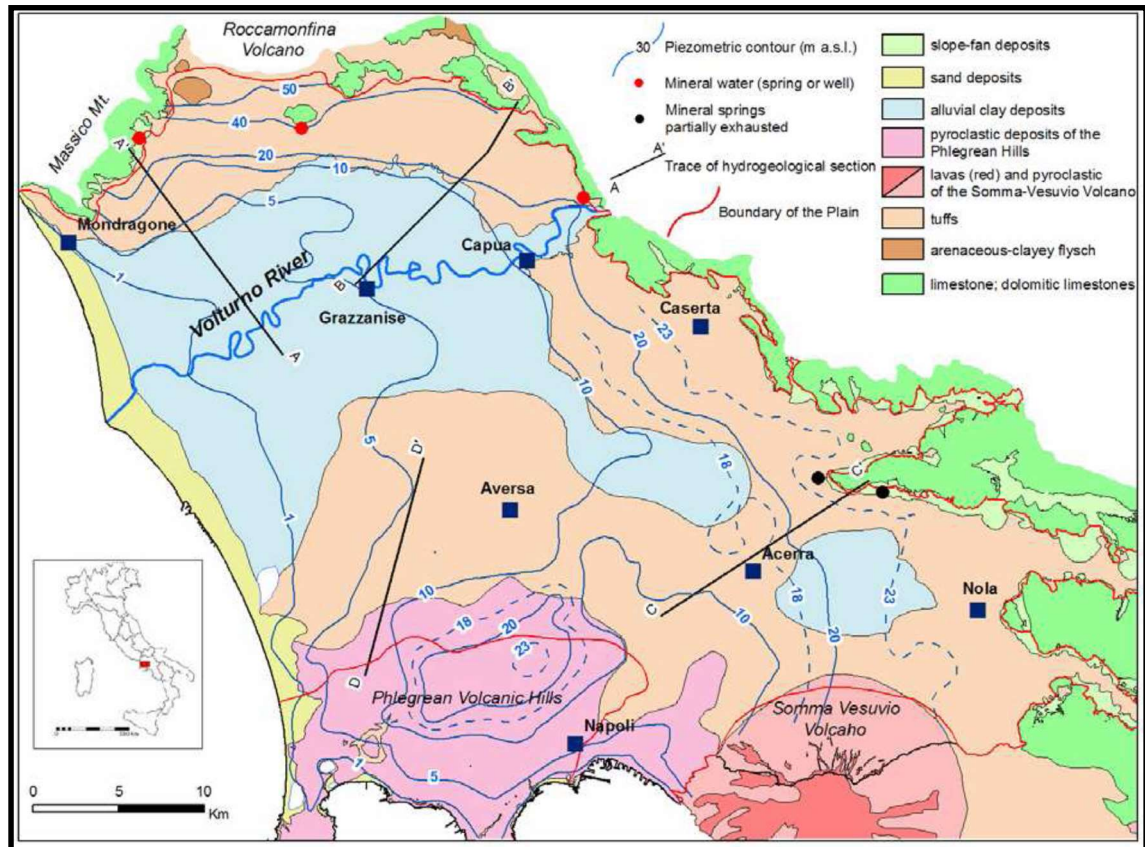
Risulta complessivamente scarsa con livelli di piezometrica intorno ai 20 metri dal piano campagna.

Il drenaggio superficiale è controllato dalla presenza del Volturno che riceve, tramite i suoi affluenti, tutte le aste drenanti provenienti dai calcari.

Il sottosuolo dell'area di Caserta in base alle indagini eseguite, è in perfetto accordo con la geologia generale in precedenza descritta, costituita da prodotti piroclastici, ascrivibili ai vari Periodi Flegrei. In base alle caratteristiche litostratigrafiche del terreno l'area è formata da un unico complesso idrogeologico, dove con tale termine s'intende un insieme litologico, limitato spazialmente e giacituralmente, avente uno stesso grado di permeabilità.

Il bacino idrico della zona in oggetto di studio deve considerarsi come una porzione di quell'enorme bacino che è delimitato dalle propaggini dell'Appennino e che interessa l'intera Piana Campana, con una circolazione idrica che dai massicci carbonatici defluisce verso il mare.

L'alimentazione della falda è dovuta principalmente alle acque provenienti dai complessi carbonatici dell'Appennino Campano, i quali non sono tamponati alla base da materiali impermeabili e pertanto riversano i loro flussi idrici nel complesso dei sedimenti alluvionali e piroclastici della Piana Campana per poi defluire verso il mare. Apporti idrici supplementari sono dovuti alle acque zenitali d'infiltrazione.



**Figura 2: Schema di circolazione idrica - Carta idrogeologica della Piana Campana (da Ducci, 2007).**

Da un punto di vista tettonico, il territorio comunale di Caserta, come tutta l'area, risente dell'evoluzione paleogeografica di questa porzione dell'Appennino. L'accorciamento crostale della catena verso l'avanfossa ha avuto come conseguenza la definizione di faglie di notevole rigetto con

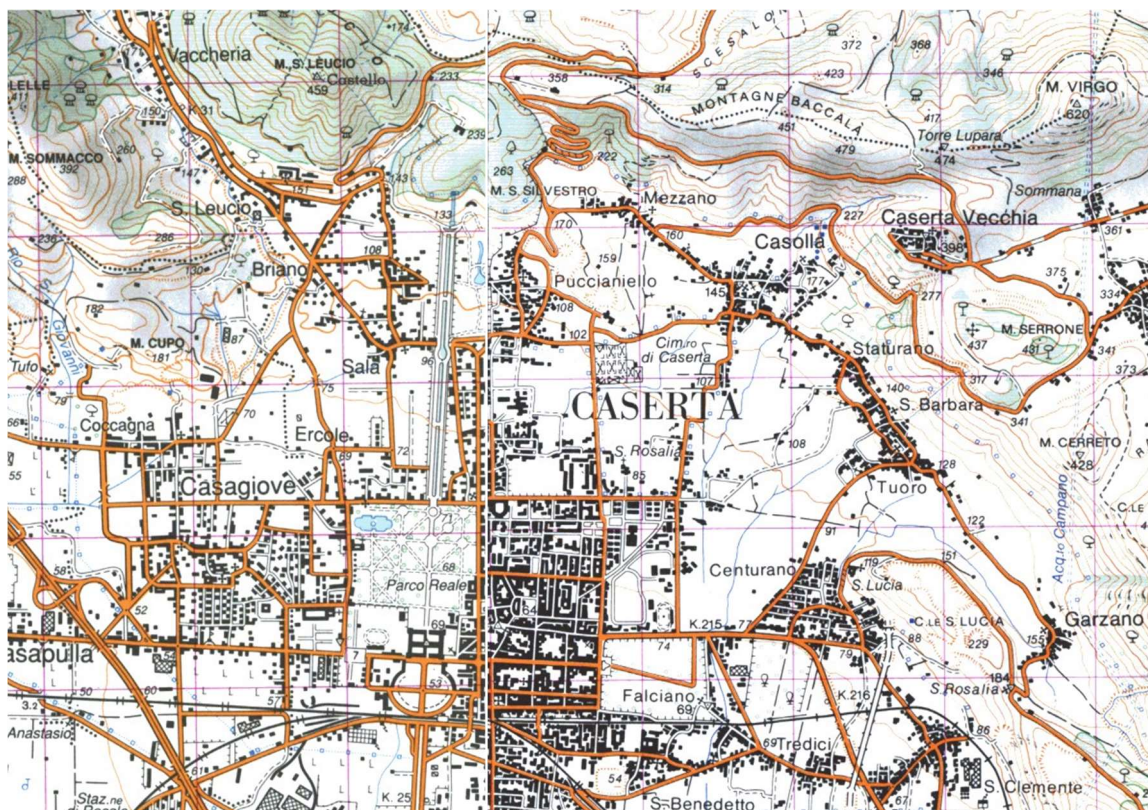


direzione NO-SE. Tali blocchi sono a loro volta dislocati da faglie d'importanza minore e direzione, generalmente, SO-NE. Sismologicamente, l'area non si discosta dalle caratteristiche dell'intero comprensorio della Piana Campana.

La sismicità indotta è di grado piuttosto elevato in relazione alla presenza di strutture sismogenetiche principali e secondarie che possono divenire sede di meccanismi focali derivati. La vigente Normativa include il territorio comunale nella zona amministrativa sismica di II Categoria (S=9).

## 2.1 Inquadramento a livello di bacino

Il territorio del Comune di Caserta è inserito nel perimetro del Bacino Regionale “Campania Nord-Occidentale”, ai sensi della Legge 183/89, recepita con Legge Regionale 8/94 in ampia parte rappresentandone il bordo esterno verso il Bacino del Fiume Volturno, tutte oggi inserite nella perimetrazione della Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale.



**Figura 3: Carta I.G.M. Scala 1: 50.000**

## 2.2 Inquadramento orografico e idrografico

L'orografia, come detto, è caratterizzata dalla presenza delle due dorsali collinari con andamento Est-Ovest tutte nelle poste nella porzione Nord del territorio comunale e che rappresenta il bordo esterno della Piana Campana; si tratta della catena dei Monti Tifatini, e delle ultime propaggini orientali del Monte Maggiore. Le due catene in questa porzione dell'Appennino si dividono separando le due piattaforme carbonatiche riconosciute in letteratura, la campano-molisana e l'abruzzese-campana.

L'idrografia è caratterizzata da numerose aste torrentizie che drenano le acque delle catene collinari raccogliendosi nella piana a sud di Caserta nei Regi Lagni e nella porzione ad Ovest nel Fiume Volturno.

Le aste torrentizie traggono origine a quote variabili tra i quattrocento ed i cinquecento metri sul livello del mare rappresentato dal culmine delle catene calcaree.

Il recapito ultimo delle acque, come detto, è rappresentato dal reticolo idrografico afferente all'asta dei Regi Lagni che scorre nell'area immediatamente a sud del territorio comunale.

Le aste drenanti presentano generalmente un regime torrentizio; infatti, drenano le acque dei versanti e le convogliano verso valle sino all'asta idrografica principale; i percorsi si presentano in parte rimaneggiati nelle aree che attraversano le zone urbanizzate.

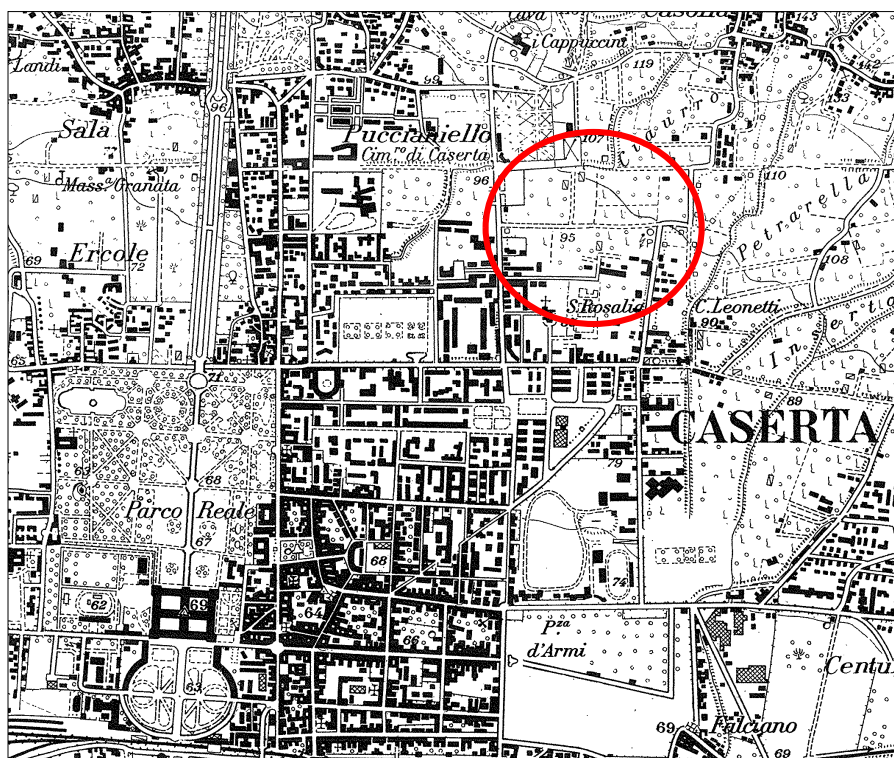


Figura 4: Carta I.G.M. Scala 1: 25.000

### 3.0 INDAGINI GEOGNOSTICHE

#### Programma di indagine

Il committente ha conferito incarico di redigere la seguente relazione tecnica ai fini del rilascio dell'autorizzazione per la realizzazione di quanto in oggetto.

La nota che segue, redatta a norma dell'allegato 2 al DPGR Campania 195/2003, riferisce delle indagini effettuate relativamente all'intervento a realizzarsi.

In considerazione del tipo strutturale in elevazione, delle dimensioni in pianta, dell'entità degli scarichi e delle richieste del progettista strutturale, è stato allestito un apposito programma di indagini sui terreni, mirato alla:

*individuazione stratigrafica dei terreni attraversati;*

*caratterizzazione geotecnica degli stessi;*

*modellazione sismica del suolo.*

in modo da poter far sviluppare un progetto delle strutture di fondazione e della elevazione basato su caratterizzazioni derivanti da prove ed indagini, condivise e ripetibili; il tutto considerando la conformità delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni approvate con decreto del 17/01/2018 (paragrafo 6.2.1 e paragrafo 6.2.2)

Ne è risultato il seguente quadro complessivo, riportato in ordine d'esecuzione:

- **numero un sondaggio stratigrafico a carotaggio continuo;**
- **numero 4 spt in foro;**
- **numero due analisi di laboratorio su campione indisturbato: resistenza al taglio diretto;**
- **numero una prova penetrometrica dinamica pesante spinta fino a circa ventidue metri dal piano campagna;**
- **numero uno stendimento per prova sismica superficiale tipo M.A.S.W.;**
- **una misura H.V.S.R. per la determinazione della frequenza naturale del terreno.**

In definitiva la parte essenziale del presente studio geologico – stratigrafico è consistita nella realizzazione di un congruo numero di indagini finalizzate alla conoscenza dell'area, sia sotto il profilo geologico - stratigrafico che sotto quello geotecnico e sismico.

Si precisa che viste le cassette catalogatrici si è ritenuto dover effettuare n° 2 prove di taglio sui due campioni prelevati ad altezze diverse piuttosto che le caratteristiche fisiche e la granulometria. Tali caratteristiche si evincono dalle altre prove effettuate.

Per la definizione dei parametri meccanici del terreno, si è eseguita nel punto evidenziato in planimetria allegata, n° 1 prova penetrometrica di tipo dinamico "DPSH, una prova sismica di superficie con metodo MASW e una misura di frequenza di sito HVSR; in tal modo si è potuto definire sia il modello geologico-geotecnico del sito (prova penetrometrica), sia individuare la classe di sottosuolo, così come impone la normativa (sismica di superficie).

Lo studio effettuato mostra un quadro esaustivo sia sotto il profilo della conoscenza litostratigrafica che nell'ambito della determinazione dei parametri geomeccanici ed elastici dei terreni superficiali, nonché dell'andamento in profondità della litologia e della presenza di falde idriche nel sottosuolo, tenendo conto sia delle esigenze geologiche e geotecniche delle opere a realizzarsi in accordo con gli standards imposti dagli istituti specializzati (con particolare attenzione alle “Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche” [A.G.I., giugno 1977], nonché all’Eurocodice Ec7 per l’ingegneria geotecnica” [Edizione provvisoria, A.G.I., settembre 1988]).

I dati hanno consentito di evidenziare i parametri relativi ad uno spessore significativo di sottosuolo che sono alla base per effettuare la progettazione delle opere a farsi.

La descritta campagna di indagini può sintetizzarsi nella seguente tabella:

<b>Indagini eseguite</b>	
Numero delle prove	<i>Tipologia delle indagini</i>
1	<i>Prova penetrometrica dinamica</i>
1	<i>Sondaggio a carotaggio continuo</i>
2	<i>Analisi di laboratorio</i>
1	<i>Sismica di superficie metodo MASW</i>
1	<i>Misura di frequenza metodo HVSR</i>

Le attrezzature utilizzate sono riportate nella seguente tabella:

<b>Descrizione delle attrezzature</b>	
Tipo di indagine	<i>Attrezzatura impiegata</i>
Sondaggio	<i>Teredo DC 100 GD</i>
Prova penetrometrica	<i>Penetrometro PAGANI TG 73-200</i>
Sismografo DMT	<i>modello Summit II plus</i>
Terna velocimetrica	<i>Sara Electronics da 2 Hz</i>





### 3.2 Sondaggio

Il sondaggio è stato eseguito utilizzando la tecnica del carotaggio continuo con l'impiego di un carotiere da 101 mm di diametro. Si è utilizzata una sonda meccanica cingolata Terezo DC 100 GD, conforme alle direttive CEE in materia di macchine. Si è avuta cura, ove necessario, di rivestire il foro, con apposita tubazione del diametro di 127 mm. Di seguito si riporta il dettaglio delle attrezzature impiegate :

- Aste di manovra cave dal diametro  $\Phi$  (mm) 76
- Aste di manovra lunghezza (m) 1.5
- Carotiere da  $\Phi$  (mm) 101
- Carotiere lunghezza (m) 1.5
- Corona con denti in Widia da  $\Phi$  (mm) 101
- tubo di rivestimento dal diametro  $\Phi$  (mm) 127

Nel corso del sondaggio sono state eseguite n° 4 prove penetrometriche dinamiche tipo S.P.T. (Standard Penetration Test) a varie profondità utilizzando un'attrezzatura conforme alle norme ASTM D 1586-AASHTOT 206, costituita da un campionatore Raymond, un maglio da 63,5 kg e da aste in acciaio del peso di 7 kg/ml. Il sondaggio è stato spinto fino alla profondità di 32 metri dal piano campagna.





Postazione sondaggio S1



Cassetta 1



Cassetta 2



Cassetta 3





Cassetta 4



Cassetta 5



Cassetta 6

### 3.3 Prova penetrometrica

Il penetrometro (modello Pagani PC - TG 73-100 vedi foto) utilizzato per la compagna geomeccanica, consente di adottare vari “standard”; si è preferito lo standard di prova tipo “SCPT”, in quanto nei terreni assimilabili granulometricamente a sabbie/ sabbie ghiaiose e /o limose dell’area oggetto dell’intervento restituisce parametri geomeccanici correlabili alla prova classica SPT e, pertanto, più attendibili.

La strumentazione ha queste caratteristiche:

- Punta =  $\text{cm}^2$  50,80
- Cono =  $60^\circ$
- Peso Maglio = 73 Kg
- Caduta = 75 cm
- Peso Aste = 5,10 Kg/ml
- Lettura n° colpi = 30 cm

La prova consiste nel rilevare in continuo il numero di colpi necessario per infiggere di 30 centimetri una punta di dimensioni standardizzate. I valori di N sono diagrammati in funzione della profondità.

In tal modo sono individuabili degli strati a comportamento omogeneo per numero di colpi; per ciascuno dei quali è possibile calcolare il valore medio e caratteristico di N da cui desumere i parametri geotecnici, sulla base di correlazioni con la prova SPT.

Per ciascuno strato viene calcolato il valore medio di N, nonché il relativo valore caratteristico  $N^*$  (media - Scarto quadratico medio). L’intermedio fra i due valori rappresenta il riferimento da cui scaturiscono le correlazioni. Va da sé che quanto più i valori medio e caratteristico sono convergenti tanto più è possibile considerare omogeneo lo strato.

Le prove penetrometriche dinamiche hanno fornito un quadro preciso delle caratteristiche geomeccaniche dei vari strati ed hanno confermato la stratigrafia definita in premessa.

Nell’apposito allegato vengono riportate le colonne dei valori rilevati in campagna con i grafici profondità /  $N_{spt}$  e angolo di attrito; profondità / resistenza a rottura; profondità / portanza. I calcoli dei valori medi dei parametri geomeccanici sono stati eseguiti con algoritmo regolarmente licenziato.

#### Ubicazione prove penetrometriche DPSH

NUMERO	latitudine	longitudine	quota	Falda quota s.l.m.	Profondità prova
P1	41.087326°	14.337257°	90.00	ASSENTE	22,00





Postazione Prova Penetrometrica DASH

### 3.4 Indagine sismica di superficie – metodo MASW e Hvsr – descrizione del metodo di indagine

La tecnica MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) rappresenta una tipologia d'indagine sismica non invasiva che consente di individuare il profilo di velocità delle onde di taglio verticali  $V_s$ , basandosi sulla misura delle onde superficiali, fatta in corrispondenza di uno stendimento di sensori multipli (geofoni) disposti sulla superficie libera del terreno. Quando si energizza in un punto della sua superficie libera del terreno, si generano diversi tipi di onde. Se la sorgente è perpendicolare alla superficie, hanno origine onde appartenenti al piano verticale: onde P, onde SV, onde Rayleigh, onde rifratte. Se la sorgente è parallela alla superficie libera, si generano onde appartenenti al piano orizzontale: onde SH, onde di Love.

Nel metodo MASW di seguito descritto, si usano le sole onde di superficiali di Rayleigh e si trascurano gli effetti dovuti alle onde di volume, alle riflesse o alle rifratte. Sebbene una sorgente puntiforme verticale generi anche onde P ed S, oltre alle onde superficiali, intervengono due aspetti che rendono il contributo di dette onde prevalente sul contributo delle onde di volume. Il primo aspetto è che le onde Rayleigh trasportano circa i due terzi dell'energia generata dalla sorgente. Il secondo aspetto è che, allontanandosi dalla sorgente, le onde di Rayleigh subiscono un'attenuazione geometrica inferiore rispetto alle onde P e SV, perché esse si propagano secondo fronti d'onda cilindrici, mentre le onde P e SV si propagano secondo fronti d'onda sferici.

In sintesi, il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla

propagazione delle onde. In un mezzo stratificato, le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo ovvero la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione. La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza, con lunghezza d'onda corta, si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo, mentre onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più profondi del suolo. Il metodo d'indagine MASW, descritto nella presente nota, è del tipo attivo ovvero le onde superficiali sono indotte o generate artificialmente mediante l'impatto di un grave sulla superficie del suolo e misurate ad uno stendimento lineare di sensori.

Questo consente di ottenere uno spettro delle velocità di fase (ovvero una curva di dispersione) sperimentale apparente, generalmente nel range di frequenze compreso tra 4.5÷80 Hz; il metodo, pertanto, permette di ottenere informazioni indirette sulla parte del sottosuolo compresa (di norma) entro i primi 30÷50 metri circa dal piano campagna, in funzione della rigidità o rigidità sismica dei litotipi costituenti il sottosuolo e della lunghezza dell'allineamento di sensori.



**BMT: (ubicazione profilo MASW e punto misura HVSr)**

**Ubicazione prove sismiche**

TIPO	latitudine	longitudine	quota	Lunghezza stendimento
MASW	41.087224°	14.337037°	84,00	60,00

TIPO	latitudine	longitudine	quota
HVSr	41.087224°	14.336959°	90,00



Il processo che viene usato per produrre profili di velocità delle onde S a partire dalle onde di Rayleigh, con la tecnica MASW, richiede tre passi:

Dopo aver visionato i files d'interesse ed impostate le caratteristiche geometriche del profilo, in primo luogo viene calcolata la velocità di fase (o curva di dispersione) apparente sperimentale, mediante un processo di elaborazione che consente di estrarre la suddetta curva dallo spettro nel dominio frequenza–numero d'onda applicando una doppia trasformata di Fourier al campo di moto misurato originariamente nel dominio spazio-tempo;

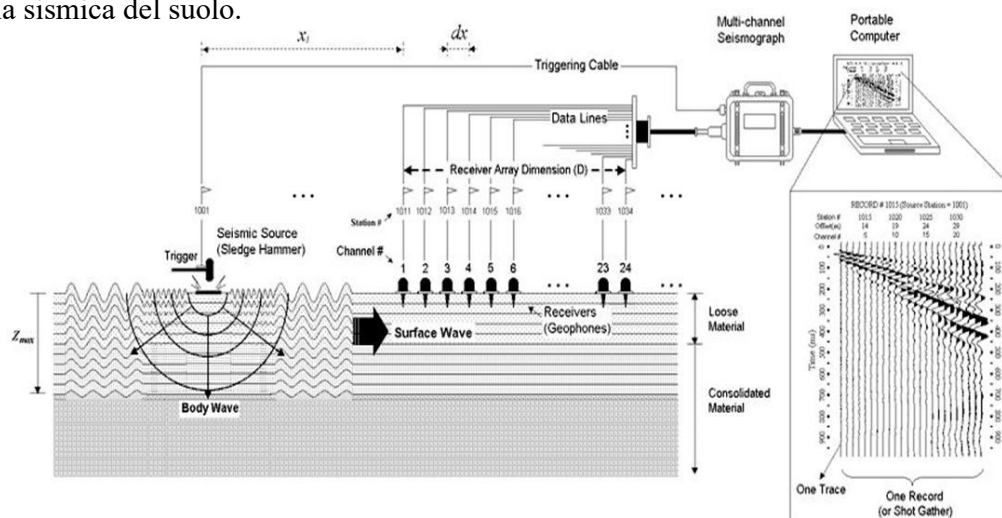
Successivamente, viene calcolata la velocità di fase (o curva di dispersione) apparente numerica mediante modellizzazione del sottosuolo in termini di velocità delle onde P ed S, intervallo dei valori del coefficiente di Poisson e densità dei terreni;

La terza fase consiste, infine, nell'individuazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali VS, modificando opportunamente lo spessore degli orizzonti litologici e la densità fino a raggiungere una sovrapposizione ottimale tra la velocità di fase sperimentale e quella numerica corrispondente al modello di suolo assegnato.

L'analisi multicanale delle onde di superficie può essere applicata in due differenti modi: attiva o passiva. La differenza tra le due tecniche, oltre che nella passiva non si prevedono energizzazioni artificiali, è essenzialmente legata alla possibilità di avere sorgenti naturali che possono fornire l'energia sufficiente per ottenere curve di dispersioni di buona qualità. Il sistema di indagine attiva consiste nell'usare una sorgente sismica ed una serie di ricevitori posti su una linea retta.

Uno schema tipico di acquisizione di un rilievo MASW è mostrato di seguito.

Dopo aver determinato il profilo di velocità delle onde di taglio verticali VS, si procede al calcolo della velocità equivalente nei primi 30 metri di profondità (VS,30) ed all'individuazione della categoria sismica del suolo.

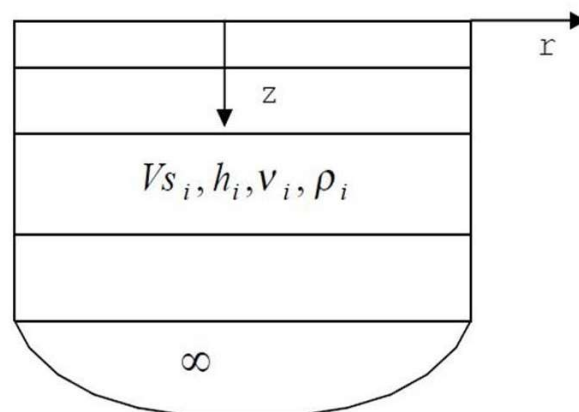


### Esempio di configurazione sorgente – ricevitore per l'esecuzione di un profilo MASW

L'algoritmo di inversione della curva di dispersione del modo fondamentale delle onde di Rayleigh utilizzato per i dati acquisiti è quello proposto da Xia et al., 1999, caratterizzato da un metodo iterativo basato sul gradiente. Tale metodo utilizza un modello di terra iniziale stratificato caratterizzato dai seguenti parametri: velocità delle onde S ( $V_s$ ), velocità delle onde P ( $V_p$ ), densità ( $\rho$ ), spessore ( $h$ ) e coefficiente di Poisson (figura di seguito). Con questa serie di parametri, l'algoritmo di inversione cerca una soluzione in modo iterativo. Il modello iniziale di velocità delle onde S ( $V_s$ ) è approssimato dalla misura della curva di dispersione mentre il modello iniziale di velocità delle onde P ( $V_p$ ) è invece individuato utilizzando  $V_s$  e il coefficiente di Poisson.

Viene poi definita una funzione obiettivo ed una matrice di pesi e, successivamente, minimizzata la funzione obiettivo con il metodo di Levenberg– Marquardt (Levenberg, 1944; Marquardt, 1963). Si individua così il nuovo valore di  $V_s$  (Xia et al., 1999).

L'inversione della curva di dispersione permette di ricavare un profilo di velocità delle onde S, che è posizionato in corrispondenza della metà della stesa dei geofoni.



	Su copertura
Distanza tra geofoni (m)	2,00 metri
Lunghezza totale	60,00 metri
Distanza sorgente-primo geofono (m)	I° offset = 8,00 metri II° offset = 9,00 metri
Geofoni per le Rayleigh orizzontali	Comuni geofoni a componente orizzontale
Frequenza	4,50 Hz
Tempo di registrazione (s)	1 secondo
Numero di geofoni	24
dt (intervallo di)	0.00025 s (0.25 ms, 0.25 millisecondi)
Raccomandazioni	Nessun AGC (Automatic Gain Control) Nessun filtro Stesso valore di guadagno per tutti i canali (evitando che le tracce vicine vadano in saturazione e, contemporaneamente, non perdendo segnale a quelle lontane)

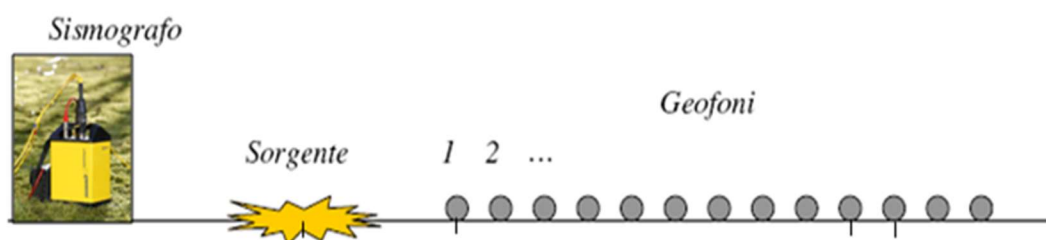
L'elaborazione dei dati è stata effettuata selezionando, tra tutti i segnali acquisiti, il sismogramma di seguito riportato.



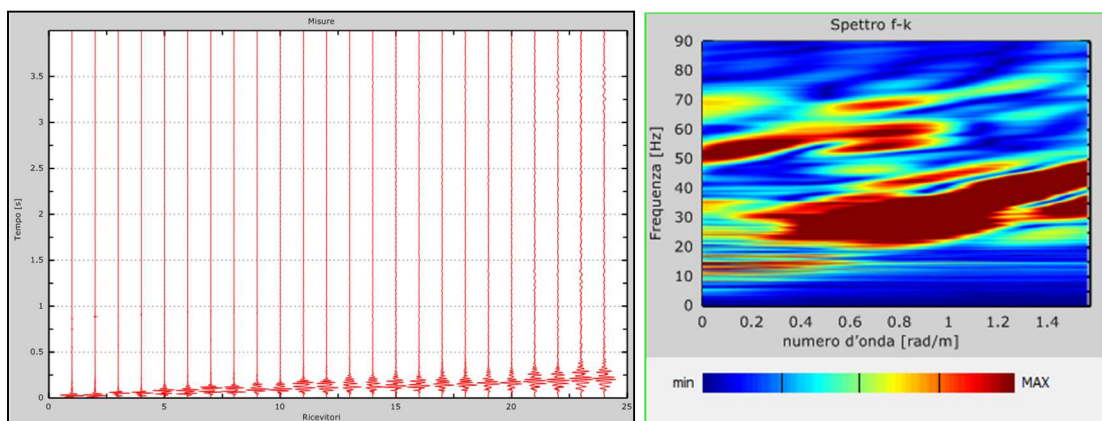
A seguito del post-processing descritto in precedenza, è stato elaborato il diagramma velocità di fase-frequenza dal quale è stata estratta la curva di dispersione di seguito riportata.

**Sismografo DMT mod. Summit II**  
**Geofono Geospace da 4,50 Hz utilizzato**

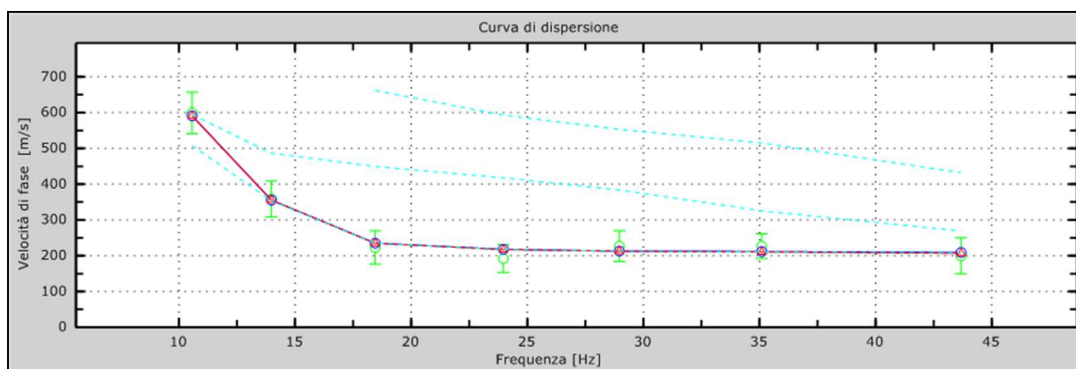
**Stendimento sismico**



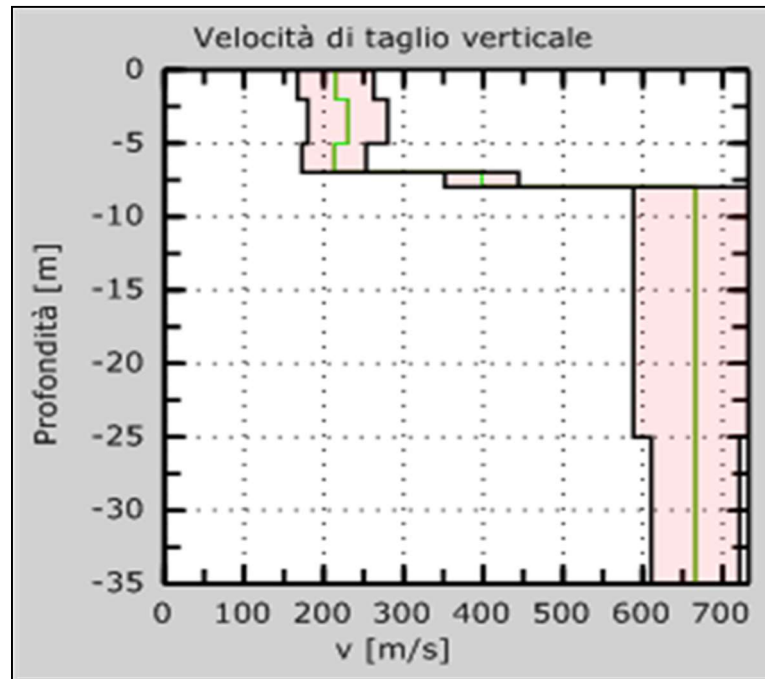
**Grafici elaborazione MASW**



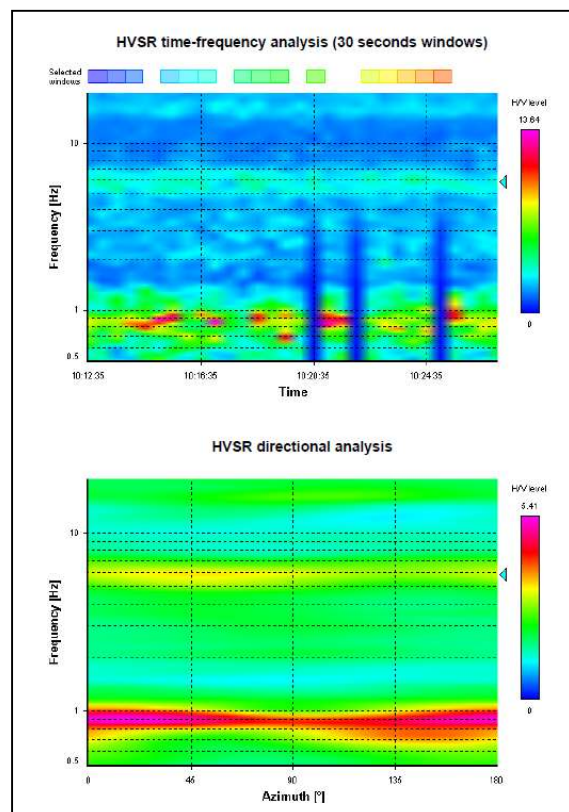
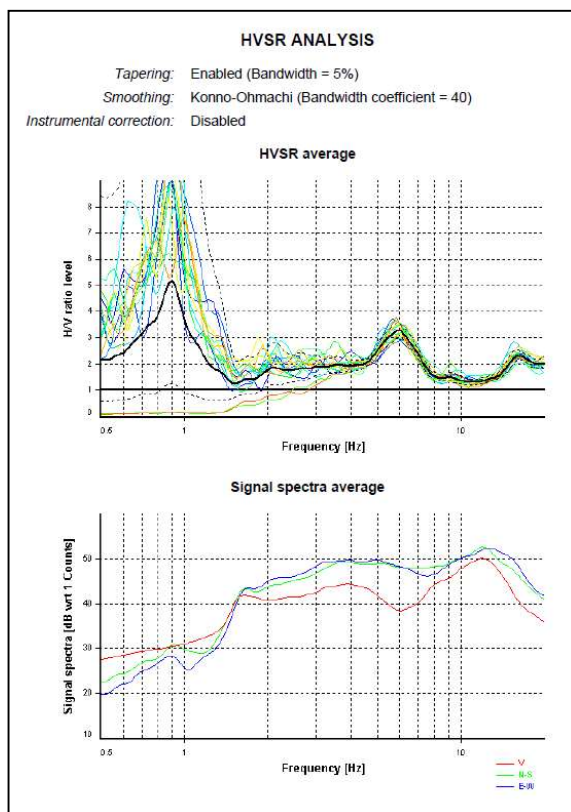
Tracce acquisite in sito – tempo di campionamento 3.5 ms – cons. fino a 24 ricevitorie - curva di dispersione

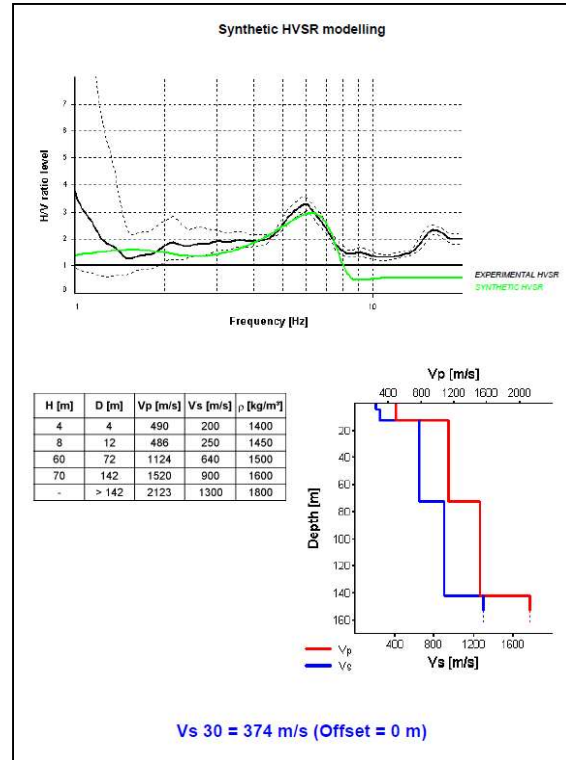
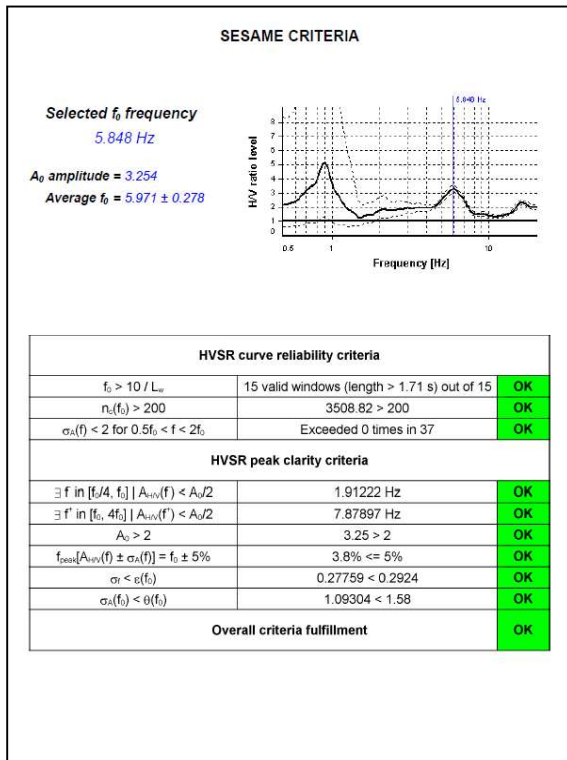


Curva Multimodale; Velocita' numeriche :punti sperimentali (verde) - modi di Rayleigh (ciano)- curva apparente (blu)- curva numerica Figura (rossa)



Profilo di velocità dell'onda S con la profondità  
**Grafici elaborazione HVSR**





### Profilo sismico con elaborazione congiunta MASW-HVSr

N. strati	Stratigrafia da	Bibliografia	X	Spessore (m.)	Profondità (m.)		<i>V<sub>s</sub></i> <i>m/sec</i>	<i>V<sub>p</sub></i> <i>m/sec</i>	<i>Poisson</i> <i>%</i>
		Sondaggio	X						
		Pr. Penetrom.	X						
strato 1	<i>Terreno vegetale e riporto</i>			2.00	0,00	2.00	<b>215</b>	370	0,34
strato 2	<i>Piroclastiti poco addensate</i>			3.00	2.00	5,00	<b>230</b>	510	0,34
strato 3	<i>Piroclastiti mediamente addensate</i>			2.00	5,00	7.00	<b>345</b>	645	0,33
strato 4	<i>Piroclastiti addensate</i>			1.00	7.00	8.00	<b>398</b>	965	0,33
strato 5	<i>Piroclastiti molto addensate</i>			Semiconfinato	21,70	~ 35,00	<b>666</b>	1450	0,32
				Indagato ≈ 35	Indagata ≈ 35				

VsEQ =	30	445	m/s
	$\Sigma h_i/V_i$		

#### 4.0 CARATTERIZZAZIONE FISICO MECCANICA DEI TERRENI

Ai fini degli adempimenti delle vigenti normative, si è proceduto, dopo un sopralluogo preliminare ed uno studio della letteratura tecnico-scientifica relativa all'area in esame, al rilevamento geologico su ampia scala per individuare la natura dei terreni affioranti, la morfologia dell'area, eventuali dissesti e l'idrologia superficiale e la consultazione delle precedenti campagna di indagine geologica prese a riferimento sia per la redazione della presente relazione, sia per la progettazione della campagna di indagine.

Si è altresì considerato quanto riportato nella cartografia tematica geologica, idrogeologica e geomorfologica, reperita con un'ampia raccolta bibliografica.

Si è ovviamente considerato quanto realizzato durante la campagna di indagini che come detto sono state effettuate sotto la direzione dello scrivente, in conformità alle norme A.G.I. ed i risultati sono stati restituiti graficamente seguendo le raccomandazioni A.G.I..

La porzione di territorio esaminato, è caratterizzato da una copertura piroclastica costituita da una successione di prodotti sabbiosi e ghiaiosi in giacitura sia primaria che secondaria che si approfondiscono fino alle profondità investigate con il sondaggio a carotaggio continuo pari a 32,00 metri dal piano campagna, per dare poi il posto in profondità alla successione carbonatica di base che caratterizza invece i livelli più profondi.

Dalle prove in sito e da quelle di laboratorio si è dedotto che la successione litologica caratterizzante l'area in oggetto si presenta con uno stato di consistenza variabile dallo sciolto al moderatamente addensato, la granulometria è in genere medio-fine, ma con frequenti, seppur discontinui livelli in cui prevale la componente sabbiosa e/o ghiaiosa di natura piroclastica.

Sulla base dei risultati ottenuti dall'intera campagna di indagini geognostiche è stata effettuata una discretizzazione dei suoli investigati raggruppandoli per strati geotecnicamente omogenei, ricavando per ognuno di essi i dati utili alla determinazione del carico ammissibile dei suoli interessati dai carichi di fondazione.

Tale elaborazione è rappresentativa dell'intera area interessata dal progetto di ristrutturazione dell'edificio ospedaliero e i dati oltre che allegati alla presente sono di seguito riportati con indicato in **grassetto** i valori utili alla progettazione e dimensionamento delle strutture:



#### 4.1 ELABORAZIONE PARAMETRI GEOTECNICI PROVE IN SITO

##### STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.1

Strato	Prof. (m)	NSPT	Peso unità di volume (KN/m <sup>3</sup> )	Angolo di resistenza al taglio (°)	Densità relativa (%)	Modulo Edometrico (Mpa)	Modulo Elastico (Mpa)	Modulo Poisson	Modulo di taglio G (Mpa)
Strato (1) Riporto	0,00-0,60	4,5	13,78	23,22	51,71	12,69	9,38	0,34	26,21
Strato (2) Terreno vegetale	0,60-2,60	3,15	16,08	21,87	38,27	11,10	8,01	0,35	18,74
<b>Strato (3) Piroclastite sabbioso limosa</b>	<b>2,60-10,20</b>	<b>17,3</b>	<b>15,35</b>	<b>31,11</b>	<b>66,85</b>	<b>33,29</b>	<b>30,68</b>	<b>0,32</b>	<b>92,94</b>
Strato (4) Piroclastite sabbioso ghiaiosa	10,20-15,60	31,89	16,82	36,87	71,32	47,67	45,70	0,29	165,15
Strato (5) Piroclastite sabbiosa deb. ghiaiosa	15,60-22,00	25,22	16,19	34,45	54,41	41,76	38,84	0,3	132,46

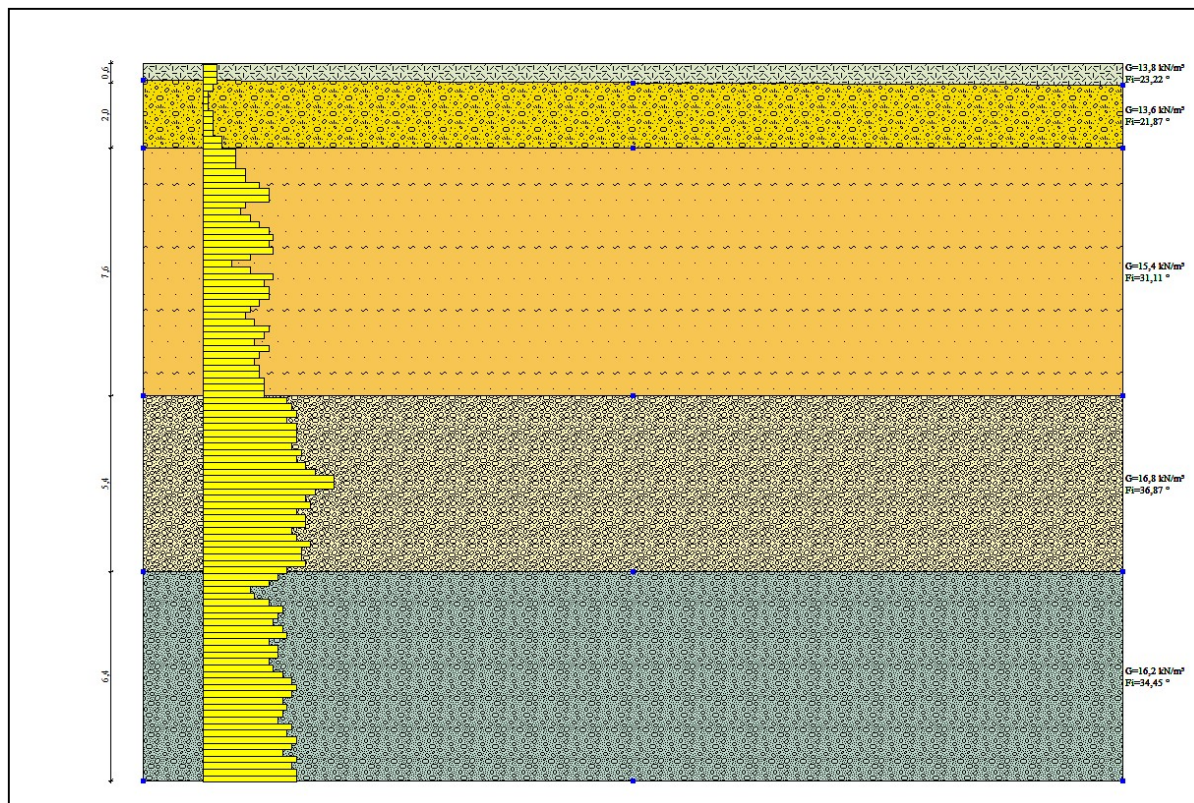
##### STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVE SPT

SPT	Prof. (m)	NSPT	Peso unità di volume (KN/m <sup>3</sup> )	Angolo di resistenza al taglio (°)	Modulo Edometrico (Mpa)	Modulo Elastico (Mpa)	Modulo Poisson	Modulo di taglio G (Mpa)
PROVA Nr.1	4.00-4,45	5	13,85	23,66	12,91	9,60	0,34	28,94
<b>PROVA Nr.2</b>	<b>6.00-6,45</b>	<b>17</b>	<b>15,32</b>	<b>30,97</b>	<b>34,16</b>	<b>30,37</b>	<b>0,32</b>	<b>91,42</b>
PROVA Nr.3	15.00-15,45	120						RIFIUTO
PROVA Nr.4	230.00-23,45	82						RIFIUTO

#### ANALISI DI LABORATORIO SU CAMPIONE INDISTURBATO

CAMPIONE	Prof. (m)	Angolo di resistenza al taglio (°)	Coesione KPa	Descrizione Granulometrica
<b>1</b>	<b>3.5 – 4.0</b>	<b>30,94</b>	<b>0,15</b>	<b>Sabbia limosa</b>
<b>2</b>	<b>5.5 – 6.0</b>	<b>31,23</b>	<b>0,23</b>	<b>Sabbia limosa debolmente ghiaiosa</b>

Di seguito si riporta la sezione stratigrafica dei terreni interessati con le principali caratteristiche geotecniche e, al margine, il log penetrometrico derivato dall'elaborazione della prova penetrometrica dinamica realizzata in sito:



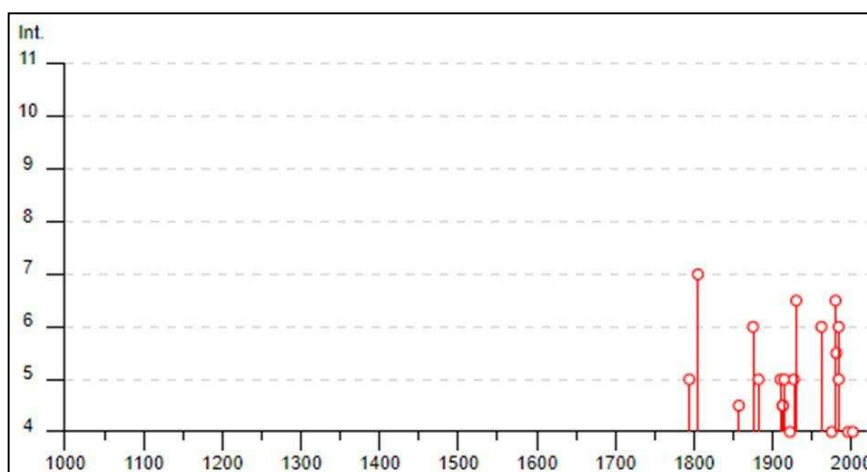
**G: Peso di volume, Fi: Angolo di attrito di picco**

## 5.0 MICROZONAZIONE SISMICA DELL'AREA

Per quanto riguarda gli aspetti sismici connessi al territorio di Caserta dal Database Macrosismico Italiano DBMI15, che raggruppa un set omogeneo di intensità macrosismiche provenienti da diverse fonti, è stata ricavata la storia sismica del Comune di Caserta, consultabile in figura a margine.


Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
5	1794	06	12	22	30		Irpinia	16	7	5.26
7	1805	07	26	21			Molise	220	10	6.68
F	1851	08	14	13	20		Vulture	103	10	6.52
F	1851	08	14	14	40		Vulture	10	7-8	5.48
F	1853	04	09	12	45		Irpinia	47	8	5.60
4-5	1857	12	16	21	15		Basilicata	340	11	7.12
3	1873	07	12	06	06		Val Comino	61	7-8	5.38
6	1875	12	06				Gargano	97	8	5.86
3	1877	08	24	02	45		Lazio meridionale	54	7	5.21
5	1882	06	06	05	40		Isernino	50	7	5.20
3	1893	01	25				Vallo di Diano	134	7	5.15
3-4	1895	02	01	07	24	3	Monti del Partenio	40	5	4.29
3-4	1901	07	31	10	38	3	Sorano	76	7	5.16
3-4	1903	05	04	03	44		Valle Caudina	78	7	4.69
2-3	1905	09	08	01	43		Calabria centrale	895	10-11	6.95
5	1910	06	07	02	04		Irpinia-Basilicata	376	8	5.76
4-5	1913	01	03	13	39	2	Marsica	44	5-6	4.53
4-5	1913	10	04	18	26		Molise	205	7-8	5.35
3	1914	04	14	02	49		Marsica	22	5	4.26
5	1915	01	13	06	52	4	Marsica	1041	11	7.08
NF	1919	10	22	06	10		Anzio	142	6-7	5.22
4	1922	12	29	12	22	0	Val Roveto	119	6-7	5.24
2	1925	09	24	13	33	4	Molise occidentale	50	7	5.26
5	1927	05	25	02	50		Sannio	54	6	4.98
6-7	1930	07	23	00	08		Irpinia	547	10	6.67
2	1933	03	07	14	39		Irpinia	42	6	4.96
NF	1960	01	11	11	27		Roccamonfina	30	7-8	5.16
6	1962	08	21	18	19		Irpinia	562	9	6.15
4	1975	06	19	10	11		Gargano	61	6	5.02
6-7	1980	11	23	18	34	5	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.81
5-6	1981	02	14	17	27	4	Monti di Avella	85	7-8	4.88
NF	1984	04	29	05	02	5	Umbria settentrionale	709	7	5.62
6	1984	05	07	17	50		Monti della Meta	912	8	5.86
5	1984	05	11	10	41	4	Monti della Meta	342	7	5.47
4	1996	04	03	13	04	3	Irpinia	557	6	4.90
3-4	1997	03	19	23	10	5	Sannio-Matese	284	6	4.52
4	2002	11	01	15	09	0	Molise	638	7	5.72
NF	2003	12	30	05	31	3	Molise	326	4-5	4.53
3	2005	05	21	19	55	1	Area Nolana	271	5	4.07

Storia sismica di Caserta (CE). Fonte: [http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/plac/IT\\_58948](http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/plac/IT_58948)

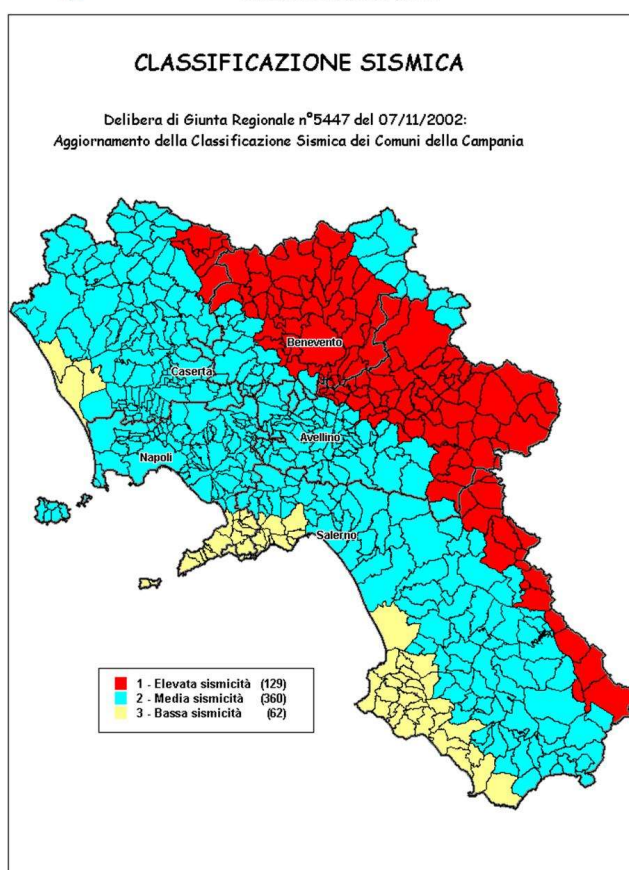


Frequenza degli eventi sismici per il Comune di Caserta (CE). Fonte: [http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/place/IT\\_58948](http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/place/IT_58948)

La caratterizzazione macrosismica del territorio comunale di Caserta, vede il Comune iscritto alla Categoria Sismica 2 (Media Sismicità), con un valore dell'accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico pari a 0,250 g, in riferimento al D.M. 07/03/1981 (Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.), confermato dall' Ordinanza Regionale n° 5447/2002 e dall' OPCM 3274/2003.

 Regione Campania - Area Generale di Coordinamento Locali Pubblici, Beni Pubblici, Infrastrutture, Infrastrutture, Infrastrutture

Classificazione macrosismica della Campania.  
(Regione Campania, 2002)





Le Norme Tecniche sulle Costruzioni (NTC, 2018), approvate con Decreto Ministeriale del 17 gennaio 2018, a sostituzione della normativa sulle costruzioni approvata con Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008, prevedono la determinazione delle azioni sismiche di progetto, rispetto alle quali effettuare la verifica nei confronti degli stati limite.

La normativa prevede che per individuare l'azione sismica di progetto, bisogna determinare la "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione, che è funzione delle caratteristiche morfologiche e stratigrafiche che determinano la risposta sismica locale. La "pericolosità sismica di base" è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa,  $a_g$ , in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A come definita al § 3.2.2) nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente  $S_e(T)$ , con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR come definite nel § 3.2.1, nel periodo di riferimento VR, come definito nel § 2.4 delle suddette norme (NTC, 2018).

Secondo la normativa, le forme spettrali sono definite in condizioni ideali di sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale, in funzione dei parametri:

**$a_g$** : accelerazione orizzontale massima del terreno;

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

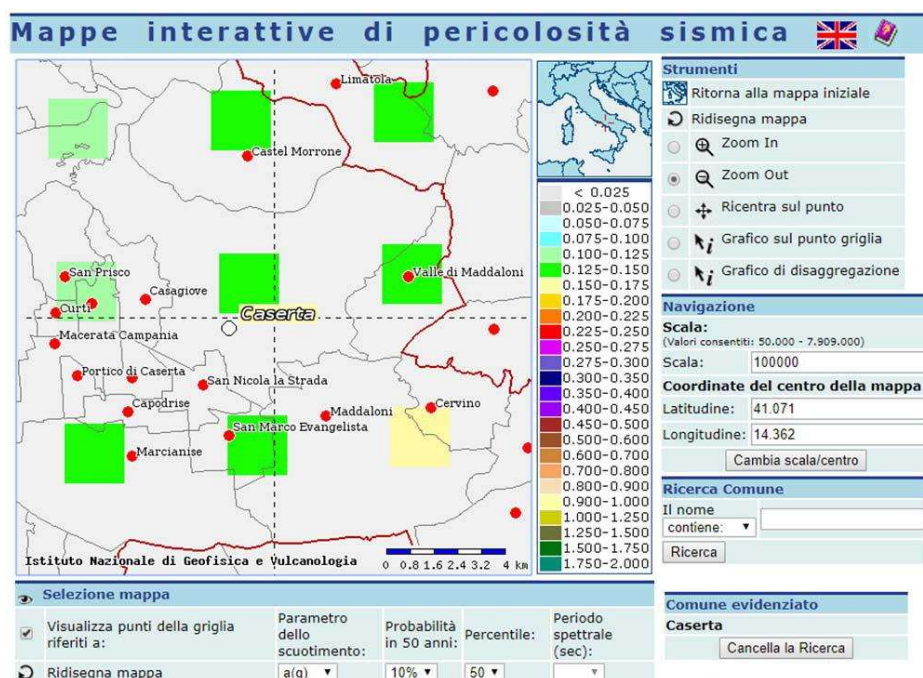
**$T_c^*$** : periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro di accelerazione orizzontale.

Per il Comune di Caserta la mappa di pericolosità sismica, in termini di accelerazione massima orizzontale del sottosuolo, con probabilità di eccedenza del 10 % in 50 anni, riferita a suoli rigidi caratterizzati da  $V_{s30} > 800$  m/s, è riportata in figura a margine.

Caserta è quindi caratterizzata da un valore di accelerazione orizzontale massima attesa ( $a_g$ ) compreso tra 0.125 – 0.150.

*Mappa di pericolosità sismica locale, Caserta (CE). Fonte:*

<http://esse1-gis.mi.ingv.it/>



Il solo contributo della caratterizzazione sismica locale, in visione macrosismica, non concorre ad avere un quadro completo sulle caratteristiche sismiche di un dato territorio, dal momento che non prende in considerazione i possibili effetti di amplificazione sismica locale. Tale quadro di riferimento può avvalersi della Microzonazione Sismica che suddivide del territorio in base al comportamento dei terreni durante un evento sismico e dei conseguenti possibili effetti locali. In virtù di tale classificazione è possibile individuare i criteri di gestione di un territorio, sia dal punto di vista geotecnico, strutturale che urbanistico. Quindi la Microzonazione Sismica prevede una stima della pericolosità sismica in abbinamento alla vulnerabilità sismica dell'area di studio, non prescindendo quindi fa una valutazione della risposta sismica locale, che rappresenta il modo in cui una struttura geologica influisce sulla propagazione delle onde sismiche.

Per la caratterizzazione sismica dei terreni interessati dal progetto, sono stati utilizzati i dati desunti dalla sismica in foro del tipo down hole facente parte della campagna di indagini svolta dallo scrivente per la redazione di una precedente relazione e le risultanze della prova sismica MASW eseguita in sito. Così come descritto nel paragrafo precedente, le prove sismiche hanno messo in evidenza la presenza di diversi sismostrati che si comportano in modo diverso nei confronti delle velocità di propagazione delle onde Vs e Vp. Rimandando alle tabelle e grafici allegati per una più ampia consultazione dei risultati ottenuti, di seguito sono state riassunte le principali caratteristiche per ogni sismo strato rinvenuto:

### Stratigrafia interpretativa media e parametri dinamici degli strati

#### Tratta dal profilo sismico eseguito

N. strati	Stratigrafia da	Bibliografia	X	Spessore (m.)	Profondità (m.)		Vs m/sec	Vp m/sec	Poisson %
		Sondaggio	X						
		Pr. Penetrom.	X						
strato 1	Terreno vegetale e riporto			1,60	0,00	1,60	200	370	0,34
strato 2	Piroclastiti poco addensate			2,40	1,60	4,00	250	510	0,34
strato 3	Piroclastiti mediamente addensate			8,70	4,00	12,70	345	645	0,33
strato 4	Piroclastiti addensate			9,00	12,70	21,70	500	965	0,33
strato 5	Piroclastiti molto addensate			Semiconfinato	21,70	~ 35,00	705	1450	0,32
				Indagato ≈ 35	Indagata ≈ 35				

### 5.1 Modellazione sismica di sito

La caratterizzazione sismica dei terreni è stata effettuata tenendo conto di tutti i dati ricavati dalle indagini geotecniche eseguite; in particolare, per il calcolo della rigidità (R), si sono utilizzate le informazioni provenienti dalle indagini sismiche eseguite in sito eseguita, comparate con le indagini penetrometriche dinamiche pesanti eseguite in sito e dalle misure di sismica con onde di superficie sempre eseguite in sito.

La normativa per la prevenzione dal Rischio Sismico “classificava” il territorio comunale di Caserta sismico nella classificazione redatta dal Servizio Sismico Nazionale (D.M. 07/03/1981).

In seguito a Deliberazione n° 248 del 24 gennaio 2003 della Giunta Regionale della Campania: “Circolare applicativa dell’Aggiornamento della classificazione sismica dei comuni della Regione Campania”, e alla Delibera di Giunta Regionale n° 5447 del 7 novembre 2002, il territorio Comunale di Caserta rientra in zona sismica di IIa Categoria.

Le norme tecniche in materia di costruzioni in zone sismiche (O.P.C.M. n. 3274/2003) integrate nel Nuovo Testo Unico per le Costruzioni (D. M. 14 settembre 2005 e D. M. 14 gennaio 2008), indicano 4 valori di accelerazioni orizzontali  $ag/g$  di ancoraggio dello spettro di risposta elastico; pertanto, il numero delle zone è fissato in 4.

I Comuni in precedenza indicati come appartenenti alla I, II e III Categoria Sismica (D.M. 16/01/1996), devono essere intesi come rispettivamente appartenenti alle zone 1, 2 e 3.

Ciascuna zona è individuata secondo valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo ( $ag$ ), con probabilità di superamento del 10% in 50 anni.

Prima di procedere alla valutazione della risposta sismica locale è opportuno ricordare che tutto il territorio oggetto d’indagine presenta, in termini di terremoto di progetto, i seguenti parametri di zona amministrativa:

**grado di sismicità  $S = 9$**

**coefficiente di Intensità sismica regionale  $C = (S-2)/100 = 0,07 (g)$ .**

La normativa sismica, oltre a ridefinire la macrozonazione sismica nazionale, classifica i terreni con classi di amplificazione legate alla stratigrafia. Con il D.M. del 17/01/2018 nuove “Norme tecniche per le costruzioni” si ha una ulteriore chiarificazione sulla classificazione stratigrafica dei terreni finalizzata alla valutazione dell’amplificazione sismica del sito.

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio,  $V_s$ , eq (in m/sec) definite dalla espressione in normativa indicata al [3.2.1].

La stima della velocità delle onde di taglio  $V_s$  dei vari sismostrati può essere eseguita con la tecnica MASW che fornisce la stratigrafia e le velocità delle onde di taglio, o con indagini sismiche a rifrazione, dove è possibile misurare direttamente le onde di taglio  $S$  mediante geofoni orizzontali, o in alternativa misurando la velocità delle onde  $P$  e successivamente stimando la velocità delle onde  $S$  ( $V_s$ ) mediante la formula che lega il modulo di Poisson ( $\nu$ ) alle velocità delle onde sismiche di compressione ( $V_p$ ):  $V_s = V_p \cdot \text{Rad}Q[(1-2\nu)/(2-2\nu)]$ .

Una volta acquisiti gli spessori degli strati e le relative velocità delle onde  $S$  si calcola la velocità media relativa ai primi trenta metri di sottosuolo. La formula adoperata è la seguente:

dove  $h_i$  e  $V_{s,i}$  indicano lo spessore in metri e la velocità delle onde di taglio (per deformazioni di taglio  $<10^{-6}$ ) dello strato  $i$ -esimo,  $N$  il numero degli strati,  $H$  profondità del substrato definito come quella formazione costituita da rocce o terreno molto rigido, caratterizzato da  $V_s$  non inferiore a 800 m/sec..

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

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione.

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

La classificazione del sito deve interessare i terreni compresi tra il piano di imposta delle fondazioni degli edifici ed un substrato roccioso rigido di riferimento (bedrock), si effettua sul valore delle velocità medie delle onde di taglio nei primi metri di profondità secondo la tabella indicata dalla normativa vigente.

Classe	Descrizione
<b>A</b>	<b><i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i></b> 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 metri
<b>B</b>	<b><i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i></b> , 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
<b>C</b>	<b><i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i></b> con profondità del substrato superiori a 30 metri, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
<b>D</b>	<b><i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i></b> , con profondità del substrato superiori a 30 metri, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
<b>E</b>	<b><i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D</i></b> , con profondità del substrato non superiore a 30 m.

**Tabella 3.2.II** – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato (**D.M. del 17/01/2018** Nuove "Norme tecniche per le costruzioni").

Dalla tabella si evince il moto sismico al bedrock non subisce variazioni sostanziali propagandosi in superficie per un sottosuolo di tipo A cioè roccia affiorante o suolo omogeneo molto rigido. In presenza di suoli di tipo B, C, D E il moto sismico in superficie in genere risulta modificato rispetto al moto sismico al bedrock, in funzione dell'intensità e del contenuto in frequenza dell'input sismico e



delle caratteristiche geotecniche sismiche e dello spessore del suolo attraversato dalle onde sismiche per giungere in superficie. In assenza di una specifica analisi di amplificazione sismica locale per il suolo in esame, per valutare l'accelerazione sismica spettrale in presenza di suoli di tipo B, C, D E la normativa introduce un fattore di amplificazione  $S_s$  ed i parametri  $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T_c^*$ ,  $C_c$ ,  $S_t$  che servono per calcolare i parametri che definiscono lo spettro di risposta di un oscillatore semplice con smorzamento pari al 5%.

La classificazione del sottosuolo è convenzionalmente eseguita sulla base della velocità media equivalente di propagazione delle onde di taglio entro i primi metri di profondità.

Seguendo i criteri accennati nei paragrafi precedenti, l'indagine è stata utilizzata per estrarne i valori stratigrafici, geotecnici e geosismici, per la verticale investigata e parametrizzata.

Confrontando i dati scaturiti dalle indagini sismiche di superficie, i dati delle prove Spt e quelli stratigrafici bibliografici e in sito, è stato possibile effettuare una caratterizzazione geosismica degli strati litologici significativi costituenti il sottosuolo dell'area in studio.

Per la comparazione e il confronto tra i valori  $V_s$  delle sismiche MASW e delle HVSR per la determinazione del valore  $V_{s,eq}$  misurati sono state utilizzate le correlazioni consigliate nelle Linee Guida Regionali finalizzate alla mitigazione del rischio sismico.

Il programma delle indagini geofisico eseguito è stato indirizzato alla definizione della categoria di sottosuolo così come prescrive la normativa vigente. Per tale motivazione si sono scelte tipologie di indagine che permettessero tali definizioni.

I profili MASW e HVSR eseguiti hanno fornito informazioni sulla modellazione sismica sito; in particolare da tale indagine è stato possibile risalire alla categoria di sottosuolo; gli spessori dei litotipi e le velocità riscontrate nell'area esaminata sono stati elaborati da apposito software.

**Valore  $V_{s,eq} = 445$  m/sec**

**Per definire l'azione sismica di progetto, si valuta l'effetto della risposta sismica locale (RSL) (C7.11.3 NTC 2018) determinando la categoria di sottosuolo specifica del sito.**

**Individuazione categoria di sottosuolo di riferimento (Tab. 3.2.II e 3.2.III) secondo:  $V_{s,eq}$**

**Categoria suolo tipo: B**

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

Il DM 17 gennaio 2018 (Norme Tecniche per le Costruzioni) decreta che le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione.

Essa costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

Con l'entrata in vigore del Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018, infatti, la stima della pericolosità sismica viene definita mediante un approccio “sito dipendente” e non più tramite un criterio di “zona dipendente”.

L'azione sismica di progetto in base alla quale valutare il rispetto dei diversi stati limite presi in considerazione viene definita partendo dalla “pericolosità di base” del sito di costruzione, che è l'elemento essenziale di conoscenza per la determinazione dell'azione sismica.

L'elaborazione dei dati sopra menzionati, confrontati con la stratigrafia scaturita dalle analisi, ha permesso quindi di effettuare una caratterizzazione del sito in oggetto dal punto di vista della risposta sismica, utilizzando il valore della  $V_{s,eq}$ .

Il “range” dei valori calcolati mette in evidenza che, il sottosuolo del sito in oggetto risulta caratterizzato da un valore della  $V_{s,eq}$  di circa 410 m/sec ricadente, quindi, nella categoria di sottosuolo di tipo B.

Per definire l'azione sismica di progetto, si valuta l'effetto della risposta sismica locale (RSL) (C7.11.3 NTC 2018) determinando la categoria di sottosuolo specifica del sito.

#### **Categoria sottosuolo tipo: B**

Per il calcolo dei parametri sismici si è fatto uso del programma edito sul sito internet di Geostru Software (tutti i parametri sismici con un click).

Una volta individuate le coordinate del sito in oggetto latitudine e longitudine, queste sono state inserite nel programma che, riferendosi ad una griglia di parametri spettrali di riferimento che copre tutto il territorio nazionale con passo di circa 15 Km per nodo, ha ricavato i valori di  $A_g$ ,  $F_0$  e  $T_c^*$  riferiti al punto indicativo del sito in oggetto.

Il calcolo del  $V_{s,eq}$  è stato verificato in relazione ai parametri di velocità delle onde di taglio mediate sui primi metri di terreno mediante la misura diretta con indagini sismiche di sito.

## **5.2 ANALISI DEL TERRENO**

Poiché la velocità media delle onde di taglio nei primi metri, partendo dalla profondità del piano campagna, quota della testa dell'opera di progetto, è risultata maggiore di 360 m/sec, il sito in esame ricade, quindi, nella categoria di sottosuolo B secondo la tabella 3.2.II delle NTC 2018.

Attenendosi ai risultati ottenuti mediando i valori delle velocità delle onde di taglio ricavati dalle prove indicate in precedenza e, soprattutto, dalla comparazione dei dati provenienti dall'apposita indagine sismica, al sottosuolo viene attribuita la categoria “B”.

**L'analisi geologica e geologico-stratigrafica locale conferma quanto indicato dalla normativa sismica vigente e la descrizione della categoria di sottosuolo è congruente con quanto indicato dalle indagini sismiche eseguite in rapporto alla geologia e stratigrafia locale.**

### 5.3 AZIONE SISMICA

Le azioni sismiche di progetto si definiscono a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione, che è descritta dalla probabilità che, in un fissato lasso di tempo (“periodo di riferimento” VR espresso in anni), in detto sito, si verifichi un evento sismico di entità almeno pari ad un valore prefissato; la probabilità è denominata “Probabilità di eccedenza o di superamento nel periodo di riferimento” PVR.

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione e sono funzione delle caratteristiche morfologiche e stratigrafiche che determinano la risposta sismica locale.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa ag in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A come definita al § 3.2.2 delle NTC 2018), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente  $S_e(T)$ , con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR come definite nel § 3.2.1, nel periodo di riferimento VR, come definito nel § 2.4.

La pericolosità sismica di base quindi è definita in termini di:

**accelerazione** orizzontale massima attesa ag, 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  $S_e(T)$ , con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR nel periodo di riferimento VR.

Ai fini delle Nuove NTC 2018, le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

*ag accelerazione orizzontale massima al sito;*

*Fo valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;*

*Tc\* periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.*

Per i valori di ag, Fo e Tc\*, necessari per la determinazione delle azioni sismiche, si fa riferimento agli Allegati A e B al Decreto del Ministro delle Infrastrutture 17 gennaio 2018, e successivi aggiornamenti, dove vengono stimati, su una griglia di 10.751, la terna di valori per nove distinti periodi che sono appunto la stima della pericolosità sismica.

Inoltre, la suddetta norma, ai fini della definizione dell’azione sismica di progetto, propone l’adozione di un sistema di caratterizzazione, da eseguire con un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, VS. La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio,  $V_{S,eq}$  (in m/s), definita dall’espressione:

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

con:

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

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

$N$  numero di strati;

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

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Per depositi con profondità  $H$  del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{S,eq}$  è definita dal parametro  $V_{S30}$ , ottenuto ponendo  $H=30$  m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Trovandoci nel caso specifico nella condizione stratigrafica di substrato sismico posto a profondità superiore ai 30 metri la categoria di sottosuolo viene calcolata riferendoci ai valori di velocità delle onde di taglio ( $V_{S30}$ ).

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, la normativa sismica, semplificando la molteplicità delle situazioni geologiche possibili su un generico sito, tende alla modellizzazione sintetica del sottosuolo dettando le seguenti definizioni per le varie categorie di profilo stratigrafico per il suolo di fondazione:

<b>A</b>	<i><b>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</b> 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>B</b>	<i><b>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</b>, 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>
<b>C</b>	<i><b>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</b> 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.</i>
<b>D</b>	<i><b>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</b>, 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>
<b>E</b>	<i><b>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D</b>, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>



Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale. Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione.

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

Tabella 3.2.III – *Categorie topografiche (D.M. del 17/01/2018 Nuove “Norme tecniche per le costruzioni”)*

Per quanto riguarda l’amplificazione stratigrafica la norma individua due fattori di incremento  $S_s$  e  $C_c$  in funzione della categoria di sottosuolo di fondazione calcolata nel sito di realizzazione, mentre per quanto riguarda l’amplificazione topografica la norma individua quattro classi di variabilità assegnando a ciascuna un valore del coefficiente stratigrafico  $T_s$ . Nelle tabelle successive sono riportati i range di variabilità dei coefficienti di amplificazione stratigrafica dove per sottosuolo di categoria A i coefficienti  $S_s$  e  $C_c$  valgono 1, mentre per le categorie di sottosuolo B, C, D ed E i coefficienti  $S_s$  e  $C_c$  possono essere calcolati, in funzione dei valori di  $F_0$  e  $T$  relativi al sottosuolo di categoria A, mediante le espressioni fornite nella Tab. 3.2.IV, nelle quali  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$  è l’accelerazione di gravità e  $T_c^*$  è espresso in secondi.

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

Tabella 3.2.IV – *Espressioni di  $S_s$  e di  $C_c$  (D.M. del 17/01/2018 Nuove “Norme tecniche per le costruzioni”)*

Per tener conto delle condizioni topografiche e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del coefficiente topografico  $S_T$  riportati nella Tab. 3.2.V, in funzione delle categorie topografiche definite nel § 3.2.2 e dell’ubicazione dell’opera o dell’intervento.

Categoria topografica	Ubicazione dell’opera o dell’intervento	$S_T$
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a $30^\circ$	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di $30^\circ$	1,4

Tabella 3.2.V – Massimi valori del coefficiente di Amplificazione Topografica  $S_t$   
(D.M. del 17/01/2018 Nuove “Norme tecniche per le costruzioni”)

Categoria di sottosuolo	$S_s$	$T_B$	$T_C$	$T_D$
A, B, C, D, E	1,0	0,05 s	0,15 s	1,0 s

Tabella 3.2.VI – Valori dei parametri dello spettro di risposta elastico della componente verticale  
(D.M. del 17/01/2018 Nuove “Norme tecniche per le costruzioni”)

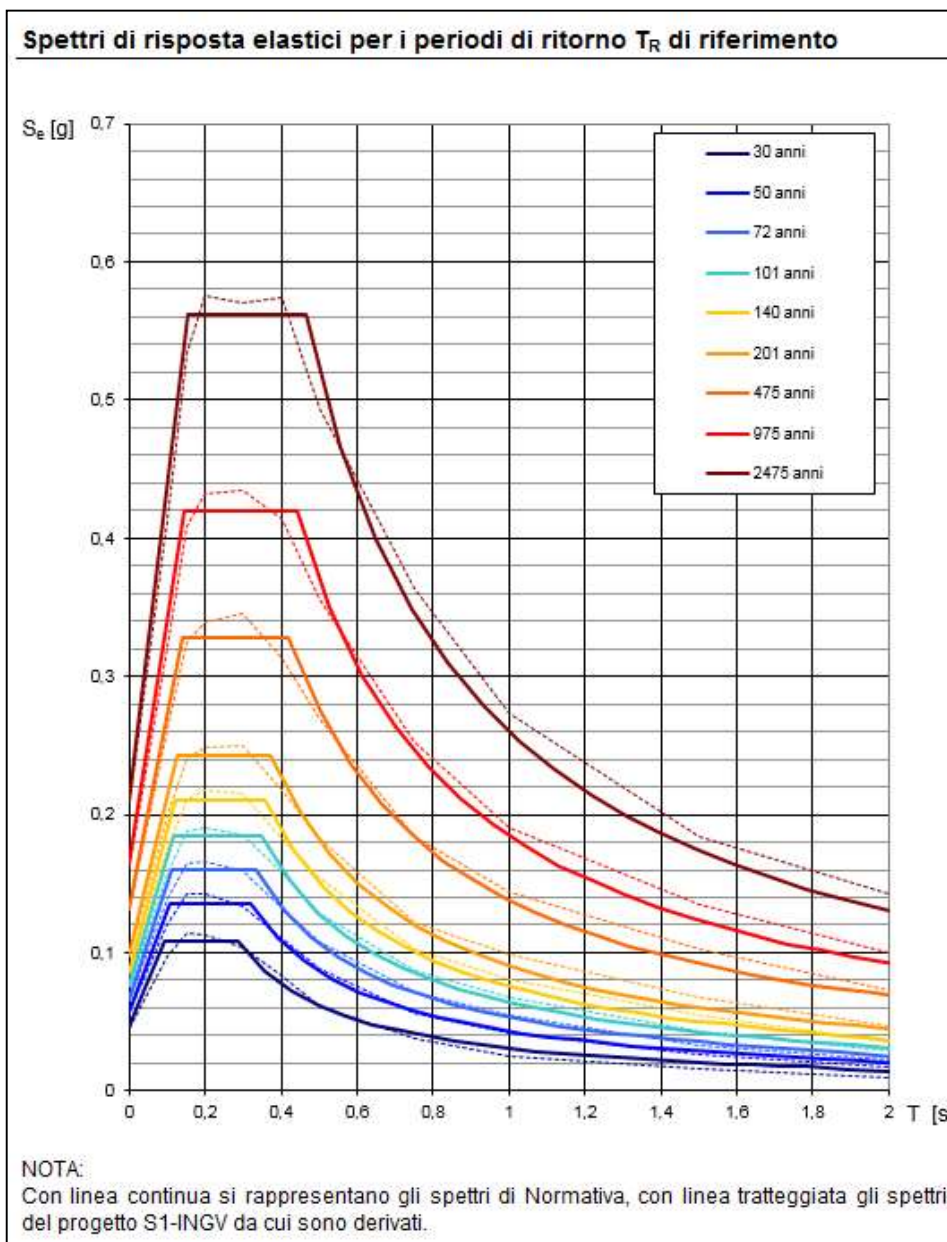
**Dalle analisi geologico geomorfologico e geognostiche effettuate in sito si evince che per il sito in oggetto può essere assegnare una categoria di amplificazione topografica di tipo T1 ossia assimilabile a zona sub pianeggiante o con inclinazione media minore di 15°; i risultati dalle indagini sismiche indicano una categoria di sottosuolo di tipo B.**

In definitiva l’analisi degli spettri di risposta dovrà essere completata in funzione dell’incremento relativo alla classe d’uso della struttura in oggetto e alla vita nominale dell’opera, ulteriormente incrementata con i coefficienti stratigrafici e topografici di cui sopra e verificata agli stati limiti così come previsto da norma.

Il primo passo consiste nella determinazione di  $a_g$  (accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido). Per tale determinazione è necessario conoscere le coordinate geografiche (in gradi decimali) dell’opera da verificare. Si determina, quindi, la maglia di riferimento in base alle tabelle dei parametri spettrali fornite dal ministero e, sulla base della maglia interessata, si determinano i valori di riferimento del punto come media pesata dei valori nei vertici della maglia moltiplicati per le distanze dal punto.

Come anzi detto, Il livello di sismicità di una specifica area viene caratterizzato attraverso lo spettro di risposta elastico. Per il calcolo dei parametri spettrali si è fatto uso del programma edito sul sito web del Ministero Delle Infrastrutture Spettri-NTC ver.1.0.3. e di quello sul sito della GEOSTRU.

Partendo dalle coordinate del sito in oggetto LAT 41.087347° e LON 14.336959° (Cfr. Fig. 2.1) si ricavano i valori di  $A_g$ ,  $F_o$  e  $T^*C$  riferiti al punto indicativo del sito in oggetto, in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido (di categoria A) con superficie topografica orizzontale, ossia in assenza di effetti locali. Nel grafico e nella tabella successiva vengono riportati in forma grafica e in forma tabellare gli spettri di risposta e i parametri spettrali relativi al sito in oggetto:



$T_R$ (anni)	$a_g$ (g)	$F_o$ (-)	$T^*_c$ (s)
<b>30</b>	0,046	2,359	0,285
<b>50</b>	0,057	2,383	0,318
<b>72</b>	0,066	2,406	0,334
<b>101</b>	0,076	2,430	0,348
<b>140</b>	0,086	2,458	0,359
<b>201</b>	0,098	2,485	0,372
<b>475</b>	0,131	2,500	0,420
<b>975</b>	0,164	2,562	0,441
<b>2475</b>	0,209	2,683	0,463

Valori dei parametri  $A_g$   $F_o$   $T^*_c$  per i periodi di ritorno  $T_R$  di riferimento per il sito in oggetto

Questi parametri degli spettri di risposta come detto in precedenza sono relativi ad un sito privo di effetti al suolo, ossia senza effetti locali stratigrafici e topografici.

Considerando le caratteristiche strutturali e d'uso del fabbricato in oggetto, questo per norma (NTC 2018) è classificabile come opera con livelli di prestazione ordinaria, con vita nominale  $V_n > 50$  anni e Classe d'uso di IV categoria.

**Tab. 2.4.I – Valori minimi della Vita nominale  $V_N$  di progetto per i diversi tipi di costruzioni**

TIPI DI COSTRUZIONI		Valori minimi di $V_N$ (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

#### 2.4.2. CLASSI D'USO

Con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso così definite:

*Classe I:* Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.

*Classe II:* Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

*Classe III:* Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

*Classe IV:* Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5/11/2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

#### 2.4.3. PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA

Le azioni sismiche sulle costruzioni vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento  $V_R$  che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale di progetto  $V_N$  per il coefficiente d'uso  $C_U$ :

$$V_R = V_N \cdot C_U \quad [2.4.1]$$

Il valore del coefficiente d'uso  $C_U$  è definito, al variare della classe d'uso, come mostrato in Tab. 2.4.II.

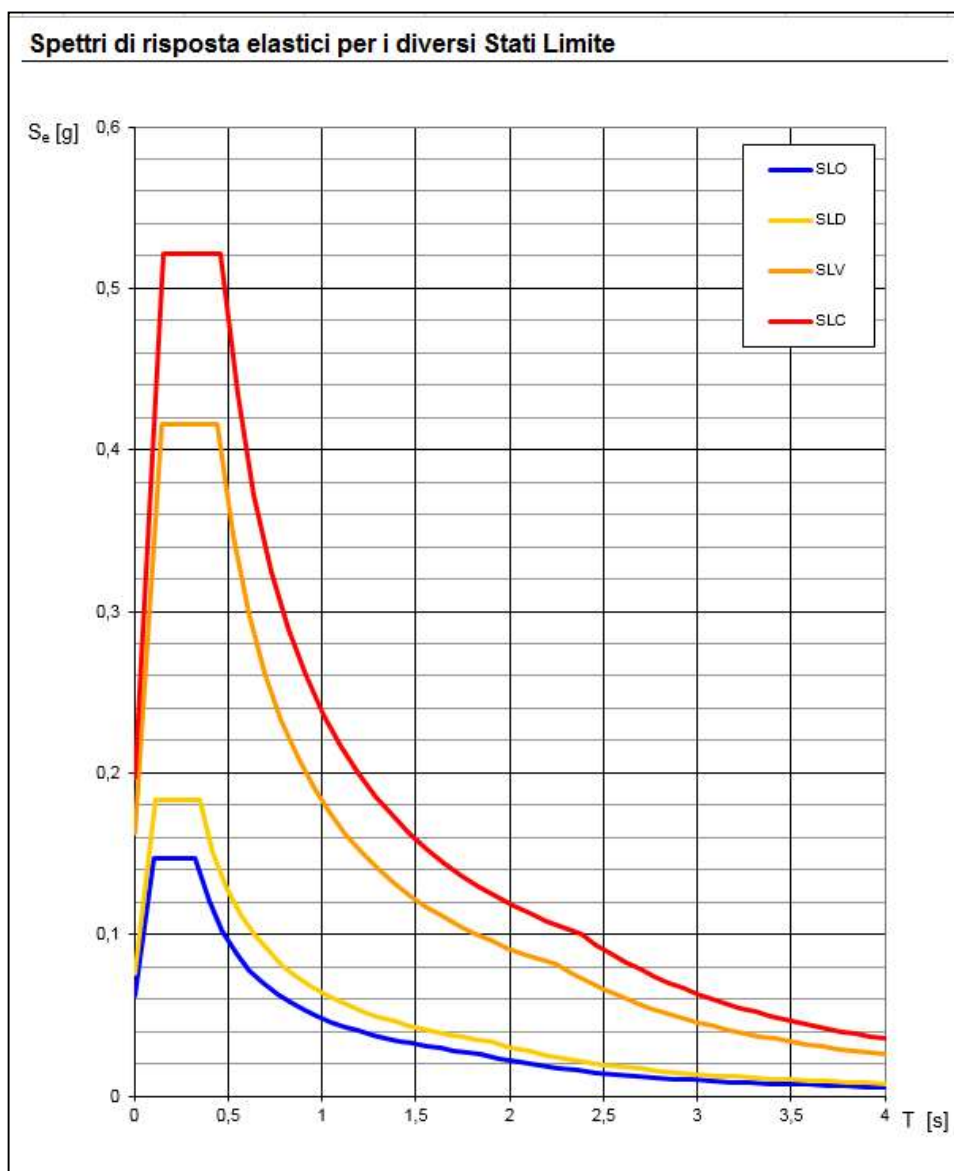
**Tab. 2.4.II – Valori del coefficiente d'uso  $C_U$**

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE $C_U$	0,7	1,0	1,5	2,0

Per le costruzioni a servizio di attività a rischio di incidente rilevante si adotteranno valori di  $C_U$  anche superiori a 2, in relazione alle conseguenze sull'ambiente e sulla pubblica incolumità determinate dal raggiungimento degli stati limite.

Come riportato in tabella (rif. NTC 2018) ad ogni classe d'uso corrisponde un Coefficiente d'uso  $C_U$  che, moltiplicato per la vita nominale della costruzione, consente di ricavare il periodo di riferimento  $V_R$  per il fabbricato in oggetto, nel caso specifico uguale a 100 anni. Di seguito vengono riportati gli spettri agli stati limiti relativi alle specifiche caratteristiche del fabbricato in oggetto.





STATO LIMITE	$T_R$ (anni)	$A_g$ (g)	$F_0$ (-)	$T_c'$ (s)
<b>SLO</b>	60	0,062	2,394	0,326
<b>SLD</b>	101	0,076	2,430	0,348
<b>SLV</b>	949	0,162	2,559	0,440
<b>SLC</b>	1950	0,196	2,652	0,457

Valori dei parametri  $A_g$   $F_0$   $T_c'$  per i periodi di ritorno  $T_R$  di riferimento associati a ciascun SL

Per quanto riguarda l'amplificazione stratigrafica la norma individua due fattori di incremento  $S_s$  e  $C_c$  in funzione della categoria di suolo di fondazione calcolata nel sito di realizzazione, mentre per quanto riguarda l'amplificazione topografica la norma individua quattro classi di variabilità assegnando a ciascuna un valore del coefficiente stratigrafico  $T_s$ . Nelle tabelle successive vengono riportati i range di variabilità dei coefficienti di amplificazione:

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

Espressioni di calcolo dei coeff. di amplificazione stratigrafica  $S_s$  e  $C_c$  per le diverse categorie di suolo

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

Categorie di amplificazione topografica

Tab. 3.2.V – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica  $S_T$

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	$S_T$
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a $30^\circ$	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di $30^\circ$	1,4

Valori del coefficiente di amplificazione topografica  $S_T$  per le diverse categorie topografiche

Dalle analisi geologico geomorfologico e geognostiche effettuate in sito si evince che per il sito in oggetto può essere ragionevolmente assegnare una categoria di amplificazione topografica di tipo T1 ossia assimilabile a zona con pendenza minore di 15. Inoltre per il sito in oggetto risulta un rapporto  $h/H$  uguale a 1 con  $h$  quota punto di indagine e  $H$  quota del rilievo. Mentre confrontando i risultati emersi dalle indagini sismiche effettuate, emerge una categoria di suolo di tipo B.

In definitiva l'analisi degli spettri di risposta agli Stati Limiti (SLE e SLU) fornisce per il sito in oggetto i seguenti Coefficienti Sismici:

Coefficienti sismici	SLO	SLD	SLV	SLC
<b>Ss</b>	1,200	1,200	1,200	1,190
<b>Cc</b>	1,380	1,360	1,300	1,280
<b>St:</b>	1,000	1,000	1,000	1,000
<b>Kh:</b>	0.013	0.016	0.047	0.056
<b>Kv:</b>	0.007	0.008	0.023	0.028
<b>Amax:</b>	0.721	0.886	1.904	2.293
<b>Beta:</b>	0.180	0.180	0.240	0.240

#### Determinazione del periodo proprio del sottosuolo $T_s$

Dal punto di vista ingegneristico assume significatività la determinazione del periodo proprio di oscillazione del sottosuolo  $T_s$ , infatti se il periodo di oscillazione di un manufatto si approssima a quello del sottosuolo al quale è vincolato si generano fenomeni di doppia risonanza e le opere sono tanto più sollecitate quanto più il loro periodo si avvicina a quello del terreno. Di conseguenza pur essendo solo un parametro qualitativo il  $T_s$  assume significativa importanza ai fini della caratterizzazione sismica locale di un sito, in quanto se si assume il sottosuolo come un filtro dell'eccitazione sismica che ne amplifica l'ampiezza, è possibile che si verifichino fenomeni di amplificazione degli effetti sismici quanto più prossimi sono la frequenza del suolo e dell'onda sismica che lo attraversa.

Sulla base di questi presupposti, e facendo riferimento a Vinale, 1998, per il sito oggetto della presente relazione, è stato calcolato il periodo proprio del sottosuolo  $T_s$  che è dato da:

$$T_s = \frac{4H}{V_s(\text{medio})}$$

in cui:

$H$  (m) è lo spessore totale considerato (variabile con i punti di indagine)

$V_s$  (medio) è il valore medio della velocità delle onde di taglio nei singoli sismostrati ed è data da

$$V_s(\text{medio}) = \frac{\sum_{i=1}^n V_{s_i} \cdot H_i}{H_{\text{tot}}}$$

ottenendo un valore pari a  **$T = 1.16$  s (pari al valore misurato con la prova HV).**

## 6.0 CONCLUSIONI

L'analisi geologica e geomorfologica, i rilievi in campo e le prove in sito effettuate, ha permesso di affermare che non sussistono gli elementi riconducibili al rischio geologico presente che possono compromettere la possibilità di realizzazione le opere in progetto.

In considerazione dell'assetto morfostrutturale del sito indagato, delle caratteristiche fisico-meccaniche dei litotipi investigati con la campagna di prove in sito e delle condizioni idrauliche di superficie, la realizzazione dell'intervento è possibile, tenendo conto delle indicazioni contenute nei paragrafi precedenti.

La realizzazione delle opere interrato (fondazioni) è possibile nell'ambito dell'area investigata e nei punti in cui sono state eseguite le relative prove in sito per la caratterizzazione geotecnica dei litotipi interessati, in considerazione di una omogeneità degli ambiti rilevati per caratteristiche geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche. Con la campagna di indagini eseguita è stato possibile rilevare la presenza di coltri di terreno di copertura con spessore di circa 2,40 m con caratteristiche geotecniche piuttosto modesti. Si susseguono materiali piroclastici a granulometria variabile tra sabbie limose e sabbie ghiaiose limose la cui consistenza aumenta con la profondità.

Le prove SPT testimoniano tale affermazione. L'angolo di attrito interno, che si evince dalle prove di laboratorio  $\phi' = 31/32^\circ$  è tipico dei terreni granulari, nel caso di specie piroclastiti. Tale valore si incrementa con la profondità fino a raggiungere valori di  $35/37^\circ$ . La coesione  $c'$  che appare nei diagrammi delle prove di taglio diretto è esclusivamente dovuta alla cementazione tra i grani e nei calcoli fondali non può essere presa in considerazione come, invece, succede nei terreni coesivi. Le curve sforzi deformazione delle prove di taglio ci indicano che sono terreni normal consolidati. Tali tipi di terreno in termini di cedimento rientrano in quelle tipologie dove gli stessi si esauriscono nell'immediato in quanto primari. Le buone caratteristiche fisico-meccaniche, dopo i primi metri li rendono idonei alle strutture da realizzare.

Nel corso dei rilievi e delle prove in sito non è stata riscontrata la presenza di una falda sebbene sia possibile che si formino degli accumuli d'acqua localizzati a formare una falda di tipo sospeso. **Il vero deflusso idrico sotterraneo infatti avviene in corpi idrici profondi (maggiore di 40 - 50 m dal p.c.).**

Le quote e gli spessori delle litologie investigate per effetto dei meccanismi deposizionali possono variare sensibilmente anche all'interno della stessa area.,

Oltre la presente relazione si forniscono i seguenti elaborati, che ne sono parte integrante ed imprescindibile:

Figura 1: Stralcio della Carta Geologica foglio n.172 "Caserta" dell'I.G.M. scala 1:100.000. Ubicazione dell'Area di Studio

Figura 2: Schema di circolazione idrica - Carta idrogeologica della Piana Campana (da Ducci, 2007).



Figura 3: Carta I.G.M. Scala 1: 50.000

Figura 4: Carta I.G.M. Scala 1: 25.000

Figura 5: Carta Geolitologica dell'Area – su ortofoto SIT della Regione Campania scala 1:10.000

Figura 6: Sezione geologica del sito

Allegati fuori testo

ALLEGATO –

Prova penetrometrica dinamica

Sondaggio a carotaggio continuo

Analisi di laboratorio su n. 2 campioni indisturbati

San Prisco, 7/03/2023

Il Tecnico

Dott. Geol. Francesco **RUSSO**



## 7.0 BIBLIOGRAFIA

Cinque, A., Alinaghi, H., Laureti, L. & Russo, F., 1987. Osservazioni preliminari sull'evoluzione geomorfologica della Piana del Sarno (Campania, Appennino meridionale). *Geogr. Fis. Dinam. Quat.*, Issue 10, pp. 161-174.

Cinque, A., Ascione, A. & Caiazzo, C., 2000. Distribuzione spaziotemporale e caratterizzazione della fagliazione quaternaria in Appennino meridionale. In: *Le ricerche del GNDT nel campo della pericolosità sismica (1996-1999)*. Roma: CNR-GNDT Spec. Publ., pp. 203-218.

Corniello, A. et al., 2010. Idrogeologia ed idrogeochimica della piana compresa tra il M.te Massico ed il F. Volturno (Campania). *Italian Journal of Engineering Geology and Enviroment*, pp. 51-64.

Ippolito, F., Ortolani, F. & Russo, M., 1973. Struttura marginale tirrenica dell'Appennino campano: reinterpretazione di dati di antiche ricerche di idrocarburi. *Mem. Soc. Geol. It.*, Issue 12, pp. 127-250.

ISPRA, 2010. Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000. Foglio 431 - Caserta Est.

MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI, 2018. Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni». (NTC2018). Roma, *Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana*, pp. 1-372.

Ministero per i beni e le attività culturali, 2001. Piano Territoriale Paesistico - Norme di Attuazione, Caserta: s.n. Ministero per i beni e le attività culturali, 2001. Piano Territoriale Paesistico - Tavole di zonizzazione.

Ortolani, F. & Aprile, F., 1978. Nuovi dati sulla struttura profonda della Piana Campana a sud-est del fiume Volturno. *Bollettino della Società Geologica Italiana*, pp. 591-608.

Provincia di Caserta, 2012. Piano Territoriale di Coordinamento.

Putignano, M., Ruberti, D., Tescione, M. & Vigliotti, M., 2007. Late Quaternary evolution of the north-eastern margin of Campania Plain (southern Italy). *Bollettino- Società Geologica Italiana*, febbraio, pp. 11-24.

Regione Campania, 2002. Classificazione sismica - Delibera di Giunta Regionale n° 5447 del 07/11/2002: Aggiornamento della Classificazione Sismica dei Comuni della Campania

Rolandi, G. et al., 2003. Tectonic controls on the genesis of ignimbrites from the Campanian Volcanic Zone, Southern Italy. *Mineral. Petrol.*, Issue 79.

**I. GEO. s.a.s.**

Indagini geognostiche-geofisiche-idrogeologiche

Via Aldo Moro n. 2 - 81050 Pastorano (CE) - Tel-fax: 0823/879116

Certificazione Qualità: ISO 9001:2015 N.: QMS-05065959-19

Attestazione SOA OS 20-B n. 5797/66/02 Cat. I - Valida fino al 21/01/2024 - Ente certificatore IMPRESOA S.p.a.

Committente: **BMT SRL**

Attrezzatura: Sonda TEREDO MN 900

Oggetto lavori: **Realizzazione nuovo edificio a tre piani dell'AORN di Caserta**Data esecuzione: **24/02/2023**Località': **Azienda Ospedaliera Sant'Anna e San Sebastiano Via Ferdinando Palasciano - Città di CASERTA (CE)**N. Certificato: **0203/23**Coordinate: **LAT: 41.087340° N - LONG: 14.336800° E****Sigla Sondaggio: S1**

p.c.	Profondità		Colonna Stratigraf.	Stratigrafia e descrizione dei terreni	Condizionamento		Falda (m)	Campione		S.P.T. (m)
	Q.rel. (m)	Spess. (m)			DH	P		R	I	
	0.40	0.40		Terreno vegetale di colore marrone bruno limoso misto a riporto ad elementi carbonatici centimetrici a spigoli vivi;						
	2.00	2.00		Terreno vegetale di colore marrone bruno limoso-argilloso;						
	2.40	1.60		Piroclastite sabbiosa debolmente limosa di colore da marrone chiaro a rossiccio;						
	4.00									
	5.00	5.50		Piroclastite sabbioso limosa da grigio cenere a marrone scuro;						
	9.50	0.50		Piroclastite sabbioso limosa debolmente ghiaiosa grigiastra con incluse scorie centimetriche;						
	10.00	2.50		Piroclastite sabbiosa debolmente limosa di colore grigio chiaro;						
	12.50									
	15.00	19.50		Piroclastite sabbiosa debolmente ghiaiosa grigio scuro con inclusi lapillici centimetrici nerastri;						
	20.00									
	25.00									
	30.00									
	32.00			Fine sondaggio						

**DH** = Down-Hole**P** = Piezometro**R** = Campione rimaneggiato**I** = Campione indisturbato**IL Direttore Tecnico****I. GEO. S.a.s.**  
**Dr. Geol. Giuseppe D'Amico**Via Aldo Moro 2 - PASTORANO (CE)  
Part.Iva e Cod. Fisc. 01956710618



**I. Geo. s.a.s.**

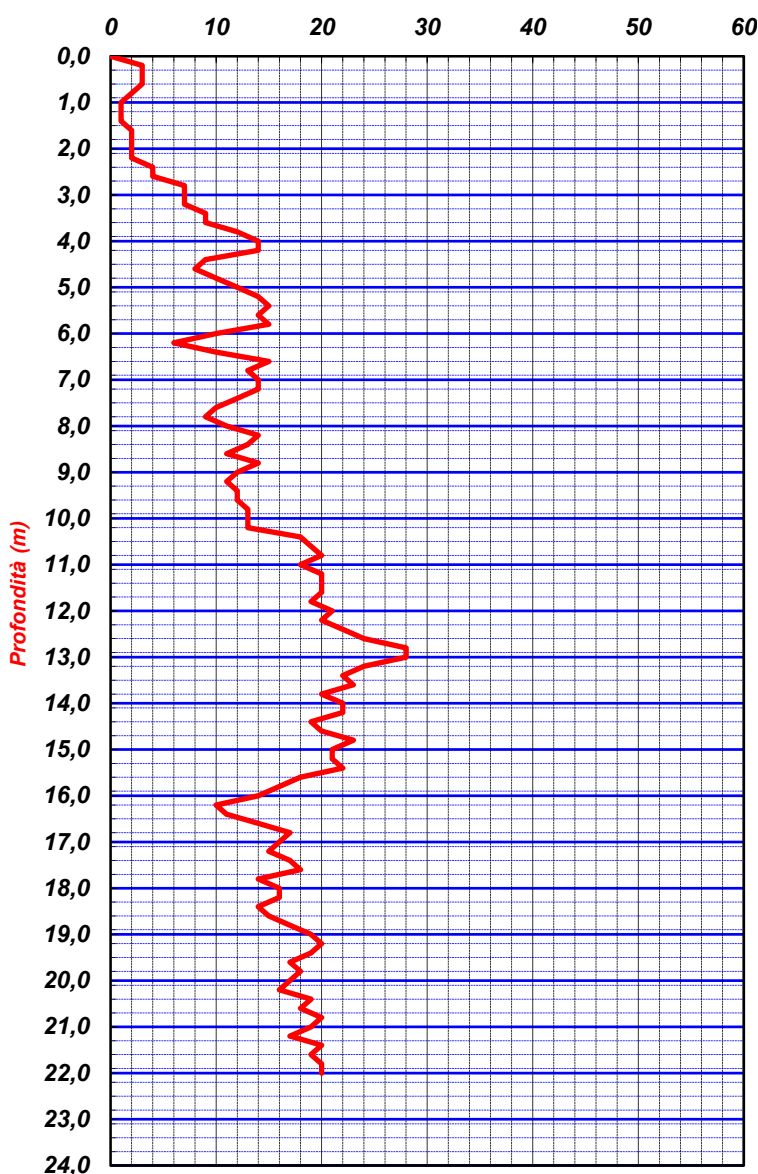
Indagini geognostiche e geofisiche – Consolidamenti – pali – micropali  
Via Aldo Moro, 2 - 81050 Pastorano (CE) - tel - fax 0823/879116 ; cell. 338/1534202  
E-Mail: igeo2004@virgilio.it – P.Iva : 01956710618  
EN ISO 9001:2008 N.: 1071ITQS rilasciato da EUROCERT

## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA PESANTE DPSH

COMMITTENTE:	AORN CASERTA				
OGGETTO:	REALIZZAZIONE NUOVO EDIFICIO A TRE PIANI DELL'AORN DI CASERTA			N° Certificato	0200/23
LOCALITA':	Azienda Ospedaliera Sant'Anna e San Sebastiano Via Ferdinando Palasciano, Caserta CE			Sigla Prova	DPSH 1
MODELLO SONDA: TG63-200 KN	PESO ASTE: 6,5 Kg	APERTURA DELLA PUNTA: 90°		Data emissione	05/03/2023
COORDINATE GEOGRAFICHE	Lat: 41.087326°		Long: 14.337257°		Falda= assente
DATA ESECUZIONE PROVA:	24/02/2023	campione indisturbato (m)		Pagina	1/1

Prof.	num. Colpi	Prof.	num. Colpi	Prof.	num. Colpi	Prof.	num. Colpi
0,00	0	8,20	14	16,40	11		
0,20	3	8,40	13	16,60	14		
0,40	3	8,60	11	16,80	17		
0,60	3	8,80	14	17,00	16		
0,80	2	9,00	12	17,20	15		
1,00	1	9,20	11	17,40	17		
1,20	1	9,40	12	17,60	18		
1,40	1	9,60	12	17,80	14		
1,60	2	9,80	13	18,00	16		
1,80	2	10,00	13	18,20	16		
2,00	2	10,20	13	18,40	14		
2,20	2	10,40	18	18,60	15		
2,40	4	10,60	19	18,80	17		
2,60	4	10,80	20	19,00	19		
2,80	7	11,00	18	19,20	20		
3,00	7	11,20	20	19,40	19		
3,20	7	11,40	20	19,60	17		
3,40	9	11,60	20	19,80	18		
3,60	9	11,80	19	20,00	17		
3,80	12	12,00	21	20,20	16		
4,00	14	12,20	20	20,40	19		
4,20	14	12,40	22	20,60	18		
4,40	9	12,60	24	20,80	20		
4,60	8	12,80	28	21,00	19		
4,80	10	13,00	28	21,20	17		
5,00	12	13,20	24	21,40	20		
5,20	14	13,40	22	21,60	19		
5,40	15	13,60	23	21,80	20		
5,60	14	13,80	20	22,00	20		
5,80	15	14,00	22				
6,00	10	14,20	22				
6,20	6	14,40	19				
6,40	10	14,60	20				
6,60	15	14,80	23				
6,80	13	15,00	21				
7,00	14	15,20	21				
7,20	14	15,40	22				
7,40	12	15,60	18				
7,60	10	15,80	16				
7,80	9	16,00	14				
8,00	11	16,20	10				

Numero colpi



## LEGENDA

Prof. = profondità dal piano campagna (m)  
num. colpi. = numero di colpi

Il direttore tecnico  
Dott. Geo. Giuseppe D'Onofrio  
Via Aldo Moro, 2 - PASTORANO (CE)  
Part.Iva e C.c. - Fisc. 01956710618




Certificato n°	05S1C1-01
Del	06/03/2023
Verb. di Accettazione n°	05/23
Job n°	18/23

<b>Committente:</b>		BMT S.r.l.					
<b>Cantiere:</b>		AORN (CE)					
<b>Progetto:</b>		Progetto per la Realizzazione di un Nuovo Edificio					
<b>Data consegna in laboratorio</b>		02/03/23	<b>Data esecuzione prove:</b>		02/03/23	<b>Stato:</b>	Indisturbato
<b>Profondità prelievo (m):</b>		3,50 - 4,00	<b>Sondaggio</b>		S1	<b>Campione</b> C1	

### APERTURA E DESCRIZIONE DEL CAMPIONE

Lunghezza (cm)	34,00	Diametro (cm)		Colore	marrone	Odore	assente
Classe del Campione	Q 5	Q 4	Q 3	Q 2	Q 1		
Pocket Penetrometer Test	185	Kpa	Pocket Vane Test		N/cm2		
Classificazione CNR-UNI 10006							
Descrizione Campione	Sabbia limosa di colore marrone, consistente, umida al tatto, non reagente ad HCl, con presenza di diversi litici eterometrici subangolari di colore grigio chiaro e biancastri						

### PROVE ESEGUITE SUL CAMPIONE

	Apertura Campione
	Caratteristiche Fisiche
	Peso Specifico
	Analisi Granulometrica per setacciatura
	Analisi Granulometrica per sediment.
	Limite Liquido
	Limite Plastico
	Limite di ritiro
	Analisi Chimiche

	Prova Edometrica
	Prova di Permeabilità
	Prova di Taglio Diretto
	Prova di Taglio Residuo
	Prova Triassiale C.I.D.
	Prova Triassiale C.I.U.
	Prova Triassiale U.U.
	Prova ad espansione Laterale Libera
	Prova di Compattazione



Concessionario del laboratorio  
Ministeriale  
S. Maria C.V.  
(CE)  
Geol. Vincenzo Pace


Certificato n°	05S1C2-01
Del	06/03/2023
Verb. di Accettazione n°	05/23
Job n°	18/23

<b>Committente:</b>		BMT S.r.l.					
<b>Cantiere:</b>		AORN (CE)					
<b>Progetto:</b>		Progetto per la Realizzazione di un Nuovo Edificio					
<b>Data consegna in laboratorio</b>		02/03/23	<b>Data esecuzione prove:</b>		03/03/23	<b>Stato:</b>	Indisturbato
<b>Profondità prelievo (m):</b>		5,50 - 6,00	<b>Sondaggio</b>		S1	<b>Campione</b> C2	

### APERTURA E DESCRIZIONE DEL CAMPIONE

Lunghezza (cm)	33,00	Diametro (cm)		Colore	marrone	Odore	assente
Classe del Campione	Q 5	Q 4	Q 3	Q 2	Q 1		
Pocket Penetrometer Test	195	Kpa	Pocket Vane Test		N/cm2		
Classificazione CNR-UNI 10006							
Descrizione Campione	Sabbia limosa debolmente ghiaiosa di colore marrone, consistente, umida al tatto, non reagente ad HCl.						

### PROVE ESEGUITE SUL CAMPIONE

	Apertura Campione
	Caratteristiche Fisiche
	Peso Specifico
	Analisi Granulometrica per setacciatura
	Analisi Granulometrica per sediment.
	Limite Liquido
	Limite Plastico
	Limite di ritiro
	Analisi Chimiche

	Prova Edometrica
	Prova di Permeabilità
	Prova di Taglio Diretto
	Prova di Taglio Residuo
	Prova Triassiale C.I.D.
	Prova Triassiale C.I.U.
	Prova Triassiale U.U.
	Prova ad espansione Laterale Libera
	Prova di Compattazione



Concessionario del laboratorio  
Ministeriale  
Geol. Vincenzo Pace



Via Martucci, 19 - 81055 S. Maria C.v. (Ce)  
Tel.: 0823.797119 Fax: 0823.587830  
web: www.laborotek.it mail: info@laborotek.it  
pec: laborotek@italia-pec.it



Decreto di Concessione Ministeriale  
Prove Geotecniche su Terre (Settore A)



Certificato n°	05S1C1-05
Del	06/03/2023
Verb. di Accettazione n°	05/23
Job n°	18/23

## PROVA DI TAGLIO DIRETTO (ASTM D3080)

<b>Committente:</b>	BMT S.r.l.		
<b>Cantiere:</b>	AORN (CE)		
<b>Progetto:</b>	Progetto per la Realizzazione di un Nuovo Edificio		
<b>Data consegna in laboratorio:</b>	02/03/23	<b>Data esecuzione prova:</b>	03/03/23
			Indisturbato
<b>Profondità prelievo (m):</b>	3,50 - 4,00	<b>Sondaggio</b>	S1
		<b>Campione</b>	C1

Nome prova	Provino n°	H <sub>0</sub> mm	A <sub>0</sub> cm <sup>2</sup>	γ <sub>n</sub> KN/m <sup>3</sup>	γ <sub>d</sub> KN/m <sup>3</sup>	W <sub>o</sub> %	W <sub>f</sub> %	S <sub>o</sub> %	S <sub>f</sub> %
TD230001	1 <span style="color:red">○</span>	30,00	36,00	18,86	15,44	17,28	25,32	67,32	85,98
TD230002	2 <span style="color:green">□</span>	30,00	36,00	18,73	15,52	17,88	26,46	68,26	86,01
TD230003	3 <span style="color:blue">△</span>	30,00	36,00	18,72	15,46	17,44	25,93	67,00	85,89

Nome prova	Provino n°	σ <sub>v</sub> Kpa	H mm	dt h	V micron/min
TD230001	1 <span style="color:red">○</span>	50,00	29,32	24,00	40,00
TD230002	2 <span style="color:green">□</span>	100,00	28,86	24,00	40,00
TD230003	3 <span style="color:blue">△</span>	150,00	28,83	24,00	40,00



**Il Direttore del laboratorio**  
**Dot. Geol. Vincenzo Pace**

## PROVA DI TAGLIO DIRETTO (ASTM D3080)

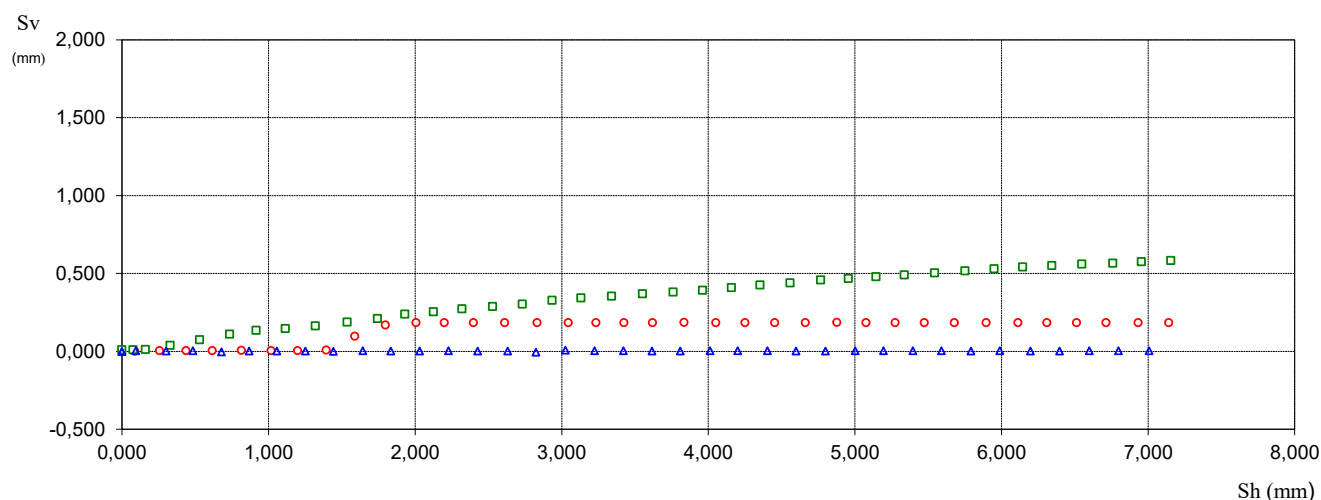
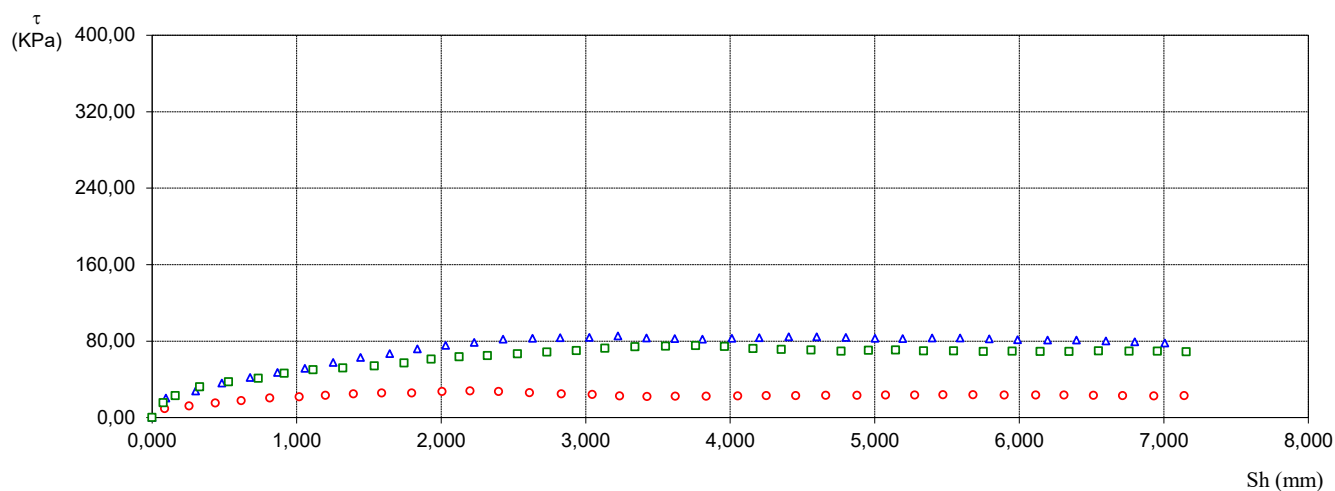
**Committente:** BMT S.r.l.

**Cantiere:** AORN (CE)

**Progetto:** Progetto per la Realizzazione di un Nuovo Edificio

<b>Data consegna in laboratorio:</b>	02/03/23	<b>Data esecuzione prova:</b>	03/03/23	<b>Stato:</b>	Indisturbato
--------------------------------------	----------	-------------------------------	----------	---------------	--------------

<b>Profondità prelievo (m):</b>	3,50 - 4,00	<b>Sondaggio</b>	S1	<b>Campione</b>	C1
---------------------------------	-------------	------------------	----	-----------------	----



**Direttore del laboratorio**  
**Dott. Geol. Vincenzo Pace**





Via Martucci, 19 - 81055 S. Maria C.v. (Ce)  
Tel.: 0823.797119 Fax: 0823.587830  
web: www.labortek.it mail: info@labortek.it  
pec: labortek@italia-pec.it



Decreto di Concessione Ministeriale  
Prove Geotecniche su Terre (Settore A)



Certificato n°	05S1C1-05
Del	06/03/2023
Verb. di Accettazione n°	05/23
Job n°	18/23

## PROVA DI TAGLIO DIRETTO (ASTM D3080)

<b>Committente:</b> BMT S.r.l.			
<b>Cantiere:</b> AORN (CE)			
<b>Progetto:</b> Progetto per la Realizzazione di un Nuovo Edificio			
<b>Data consegna in laboratorio:</b>	02/03/23	<b>Data esecuzione prova:</b>	03/03/23
<b>Stato:</b> Indisturbato			
<b>Profondità prelievo (m):</b>	3,50 - 4,00	<b>Sondaggio</b>	S1
		<b>Campione</b>	C1

Nome Prova TD230001		
Provino n° 1 ○		
Sh (mm)	Sv (mm)	τ (Kpa)
0,087	0,001	9,289
0,256	0,005	12,200
0,437	0,005	15,065
0,616	0,005	17,561
0,815	0,008	20,240
1,017	0,006	21,720
1,199	0,005	23,105
1,393	0,009	24,724
1,588	0,099	25,647
1,797	0,170	28,600
2,007	0,185	28,500
2,200	0,185	21,790
2,398	0,185	27,218
2,611	0,185	26,063
2,831	0,185	24,724
3,046	0,185	23,938
3,235	0,185	22,597
3,424	0,185	22,044
3,620	0,186	22,319
3,835	0,186	22,181
4,051	0,186	22,643
4,250	0,186	22,736
4,453	0,185	22,966
4,662	0,185	23,198
4,877	0,186	23,153
5,075	0,186	23,522
5,276	0,185	23,567
5,473	0,185	23,752
5,679	0,186	23,706
5,896	0,186	23,567
6,113	0,185	23,429
6,309	0,186	23,383
6,513	0,186	23,153
6,714	0,185	22,736
6,932	0,185	22,458
7,142	0,185	22,782

Nome Prova TD230002		
Provino n° 2 ■		
Sh (mm)	Sv (mm)	τ (Kpa)
0,000	0,012	0,164
0,077	0,012	15,454
0,159	0,013	22,731
0,329	0,039	32,052
0,529	0,075	37,201
0,736	0,111	41,044
0,915	0,135	46,276
1,114	0,148	50,120
1,319	0,164	51,920
1,537	0,188	53,963
1,743	0,212	57,071
1,930	0,239	60,914
2,125	0,256	63,449
2,320	0,273	64,757
2,528	0,290	66,719
2,732	0,303	68,435
2,935	0,328	69,909
3,132	0,344	72,444
3,341	0,354	74,079
3,552	0,370	74,733
3,761	0,381	75,141
3,961	0,393	74,241
4,158	0,409	72,198
4,354	0,427	71,136
4,559	0,440	70,563
4,767	0,459	69,416
4,956	0,468	70,236
5,144	0,480	70,482
5,337	0,491	69,743
5,545	0,504	69,743
5,751	0,518	69,089
5,951	0,531	69,255
6,145	0,542	69,089
6,344	0,553	69,174
6,548	0,561	69,582
6,761	0,567	69,416
6,955	0,576	69,255
7,155	0,585	68,681

Nome Prova TD230003		
Provino n° 3 ▲		
Sh (mm)	Sv (mm)	τ (Kpa)
0,094	0,005	20,324
0,301	0,004	27,936
0,483	0,005	35,979
0,678	-0,002	41,869
0,867	0,004	47,181
1,056	0,004	51,634
1,251	0,004	57,594
1,442	0,001	62,764
1,643	0,005	66,859
1,834	0,004	71,743
2,031	0,004	75,622
2,228	0,005	78,779
2,427	0,004	81,869
2,631	0,004	82,803
2,824	-0,004	83,447
3,025	0,010	83,879
3,223	0,005	85,387
3,420	0,005	83,376
3,617	0,004	82,516
3,808	0,004	82,155
4,011	0,005	82,803
4,201	0,005	83,663
4,404	0,005	84,527
4,599	0,004	84,382
4,799	0,004	83,734
5,002	0,006	82,803
5,194	0,005	82,587
5,397	0,005	83,161
5,591	0,005	83,161
5,792	0,004	82,300
5,988	0,005	81,437
6,196	0,004	81,079
6,395	0,004	81,079
6,598	0,005	80,287
6,798	0,005	79,211
7,007	0,005	78,061

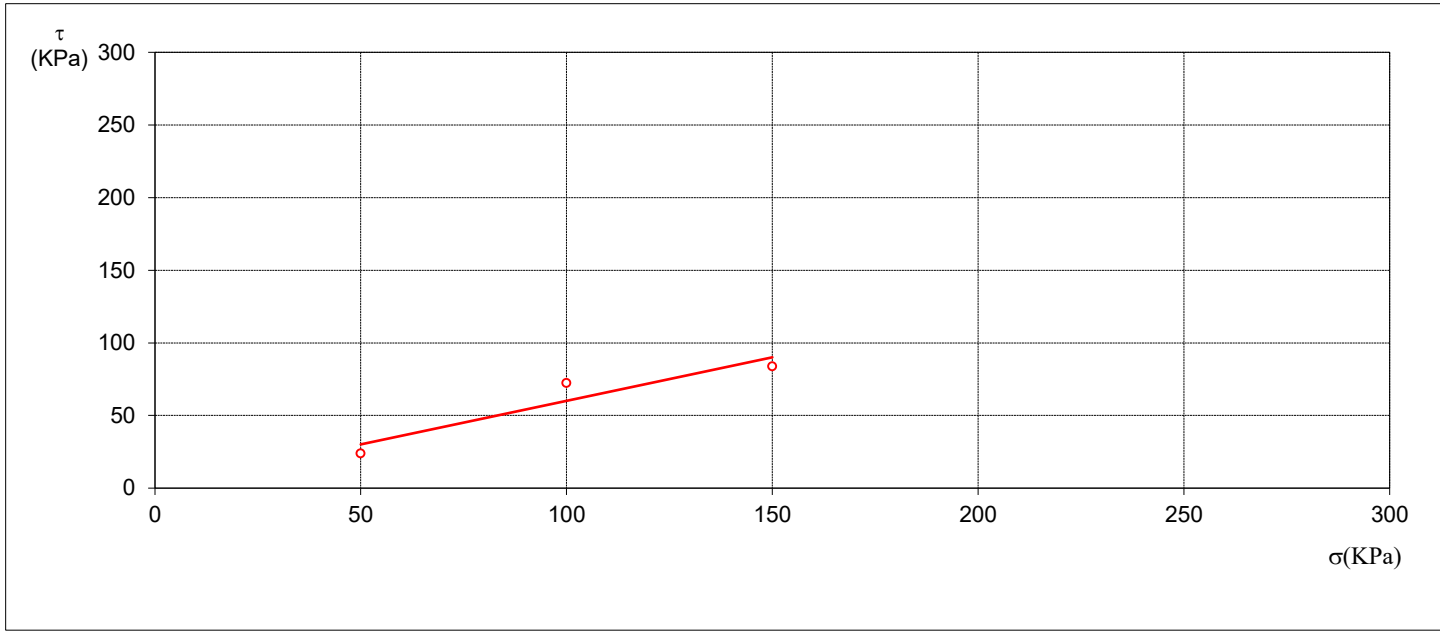


**Direttore del laboratorio**  
**Dott. Geol. Vincenzo Pace**

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Committente: BMT S.r.l.				
Cantiere: AORN (CE)				
Progetto: Progetto per la Realizzazione di un Nuovo Edificio				
Profondità prelievo (m):	3,50 - 4,00	Sondaggio	S1	Campione C1

Provino	Pressione verticale	Resistenza al Taglio	Deformazione orizzontale	Deformazione verticale Sv
n°	(Kpa)	$\tau$ (Kpa)	Sh (mm)	(mm)
1	50	23,94	3,05	0,19
2	100	72,44	3,13	0,34
3	150	83,88	3,03	0,01



Angolo di Attrito	Coesione intercetta
$\phi$	C
(gradi)	(KPA)
30,94	0,15



Via Martucci, 19 - 81055 S. Maria C.v. (Ce)  
Tel.: 0823.797119 Fax: 0823.587830  
web: www.laborotek.it mail: info@laborotek.it  
pec: laborotek@italia-pec.it



Decreto di Concessione Ministeriale  
Prove Geotecniche su Terre (Settore A)



Certificato n°	05S1C2-05
Del	06/03/2023
Verb. di Accettazione n°	05/23
Job n°	18/23

## PROVA DI TAGLIO DIRETTO (ASTM D3080)

<b>Committente:</b> BMT S.r.l.			
<b>Cantiere:</b> AORN (CE)			
<b>Progetto:</b> Progetto per la Realizzazione di un Nuovo Edificio			
<b>Data consegna in laboratorio:</b>	02/03/23	<b>Data esecuzione prova:</b>	03/03/23
		Indisturbato	
<b>Profondità prelievo (m):</b>	5,50 - 6,00	<b>Sondaggio</b>	S1
		<b>Campione</b>	C2

Nome prova	Provino n°	H <sub>0</sub> mm	A <sub>0</sub> cm <sup>2</sup>	γ <sub>n</sub> KN/m <sup>3</sup>	γ <sub>d</sub> KN/m <sup>3</sup>	W <sub>o</sub> %	W <sub>f</sub> %	S <sub>o</sub> %	S <sub>f</sub> %
TD230004	1 <span style="color:red">○</span>	30,00	36,00	18,39	15,28	22,91	29,38	83,88	92,31
TD230005	2 <span style="color:green">□</span>	30,00	36,00	18,47	15,37	23,42	29,58	84,31	93,24
TD230006	3 <span style="color:blue">△</span>	30,00	36,00	18,42	15,31	22,67	29,11	83,68	92,52

Nome prova	Provino n°	σ <sub>v</sub> Kpa	H mm	dt h	V micron/min
TD230004	1 <span style="color:red">○</span>	75,00	29,32	24,00	40,00
TD230005	2 <span style="color:green">□</span>	150,00	28,86	24,00	40,00
TD230006	3 <span style="color:blue">△</span>	225,00	28,83	24,00	40,00



Il Direttore del laboratorio  
Dott. Geol. Vincenzo Pace

## PROVA DI TAGLIO DIRETTO (ASTM D3080)

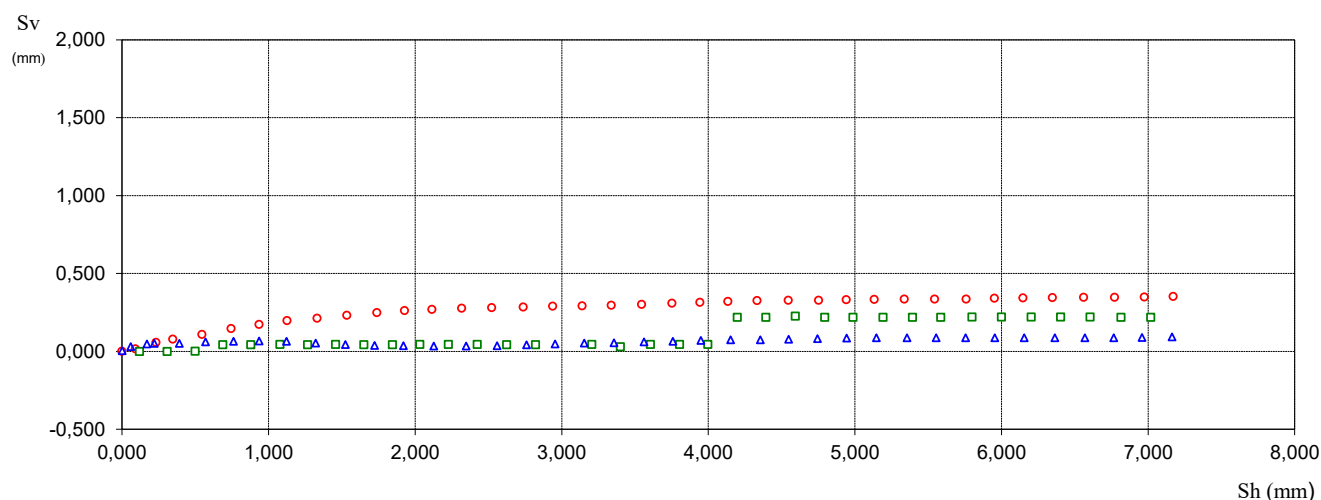
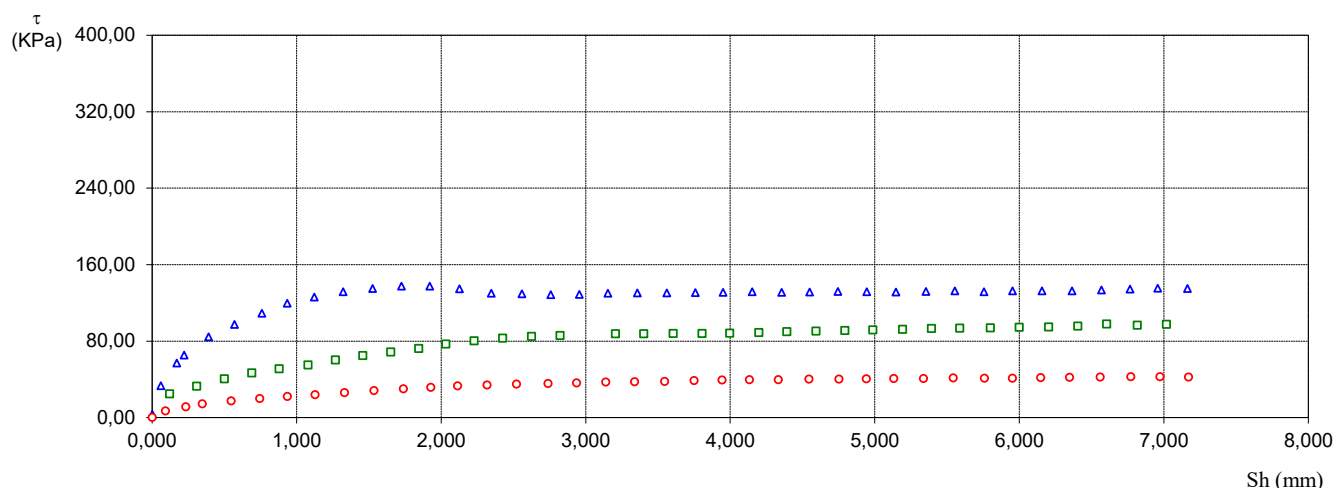
**Committente:** BMT S.r.l.

**Cantiere:** AORN (CE)

**Progetto:** Progetto per la Realizzazione di un Nuovo Edificio

<b>Data consegna in laboratorio:</b>	02/03/23	<b>Data esecuzione prova:</b>	03/03/23	<b>Stato:</b>	Indisturbato
--------------------------------------	----------	-------------------------------	----------	---------------	--------------

<b>Profondità prelievo (m):</b>	5,50 - 6,00	<b>Sondaggio</b>	S1	<b>Campione</b>	C2
---------------------------------	-------------	------------------	----	-----------------	----



**Direttore del laboratorio**  
**Dott. Geol. Vincenzo Pace**





Via Martucci, 19 - 81055 S. Maria C.v. (Ce)  
Tel.: 0823.797119 Fax: 0823.587830  
web: [www.labortek.it](http://www.labortek.it) mail: [info@labortek.it](mailto:info@labortek.it)  
pec: [labortek@italia-pec.it](mailto:labortek@italia-pec.it)



Decreto di Concessione Ministeriale  
Prove Geotecniche su Terre (Settore A)



Certificato n°	05S1C2-05
Del	06/03/2023
Verb. di Accettazione n°	05/23
Job n°	18/23

## PROVA DI TAGLIO DIRETTO (ASTM D3080)

<b>Committente:</b> BMT S.r.l.			
<b>Cantiere:</b> AORN (CE)			
<b>Progetto:</b> Progetto per la Realizzazione di un Nuovo Edificio			
<b>Data consegna in laboratorio:</b>	02/03/23	<b>Data esecuzione prova:</b>	03/03/23
<b>Stato:</b> Indisturbato			
<b>Profondità prelievo (m):</b>	5,50 - 6,00	<b>Sondaggio</b>	S1
		<b>Campione</b>	C2

Nome Prova TD230004		
Provino n° 1 <span style="color: red;">●</span>		
Sh (mm)	Sv (mm)	$\tau$ (Kpa)
0,000	0,001	0,039
0,092	0,017	6,890
0,233	0,059	11,196
0,347	0,079	14,093
0,546	0,109	17,264
0,745	0,146	19,926
0,936	0,173	22,079
1,128	0,197	23,919
1,332	0,213	26,072
1,535	0,233	28,600
1,739	0,250	28,500
1,929	0,262	21,790
2,114	0,270	32,923
2,318	0,277	33,862
2,522	0,280	34,763
2,739	0,286	35,507
2,938	0,290	36,172
3,139	0,293	36,877
3,339	0,296	37,347
3,546	0,302	37,778
3,751	0,309	38,599
3,943	0,316	39,187
4,134	0,321	39,461
4,334	0,326	39,618
4,546	0,328	39,970
4,753	0,329	40,165
4,942	0,332	40,519
5,132	0,334	40,635
5,337	0,336	40,791
5,544	0,336	41,340
5,759	0,337	41,145
5,952	0,341	41,145
6,148	0,344	41,692
6,348	0,346	42,084
6,561	0,347	42,318
6,772	0,347	42,515
6,974	0,350	42,515
7,172	0,354	42,318

Nome Prova TD230005		
Provino n° 2 <span style="color: green;">■</span>		
Sh (mm)	Sv (mm)	$\tau$ (Kpa)
0,121	0,000	24,847
0,310	-0,001	32,833
0,500	0,001	40,333
0,689	0,043	46,464
0,880	0,043	50,821
1,079	0,045	54,936
1,268	0,044	60,100
1,459	0,044	64,616
1,652	0,043	68,326
1,845	0,043	72,039
2,033	0,044	76,638
2,228	0,044	80,185
2,425	0,044	82,848
2,626	0,044	84,705
2,823	0,044	85,671
-1,558	0,044	86,156
3,206	0,044	87,528
3,402	0,029	87,448
3,605	0,044	87,850
3,805	0,044	87,770
3,997	0,044	88,172
4,199	0,219	88,820
4,393	0,219	89,706
4,594	0,226	90,351
4,795	0,218	90,915
4,988	0,219	91,642
5,192	0,219	92,207
5,394	0,219	93,256
5,587	0,219	93,416
5,800	0,220	93,579
6,000	0,220	94,465
6,203	0,221	94,628
6,405	0,221	95,515
6,605	0,220	97,693
6,816	0,219	96,564
7,019	0,220	97,530

Nome Prova TD230006		
Provino n° 3 <span style="color: blue;">▲</span>		
Sh (mm)	Sv (mm)	$\tau$ (Kpa)
0,001	0,006	3,294
0,061	0,031	33,200
0,171	0,048	57,036
0,220	0,052	65,306
0,391	0,052	84,425
0,569	0,063	97,408
0,760	0,066	109,100
0,935	0,067	119,758
1,122	0,066	126,153
1,321	0,054	131,578
1,525	0,045	134,939
1,724	0,040	137,522
1,920	0,038	137,522
2,127	0,035	134,808
2,347	0,035	130,028
2,559	0,038	129,447
2,759	0,043	128,478
2,955	0,050	128,736
3,154	0,053	130,222
3,357	0,055	130,544
3,561	0,061	130,286
3,758	0,066	130,675
3,950	0,070	130,997
4,152	0,074	131,514
4,356	0,075	130,997
4,549	0,079	131,450
4,745	0,083	131,903
4,944	0,087	131,578
5,146	0,088	131,319
5,355	0,088	131,967
5,554	0,088	132,419
5,756	0,089	131,772
5,954	0,089	132,483
6,156	0,089	132,678
6,364	0,089	132,611
6,569	0,089	133,453
6,765	0,089	134,486
6,959	0,090	135,197

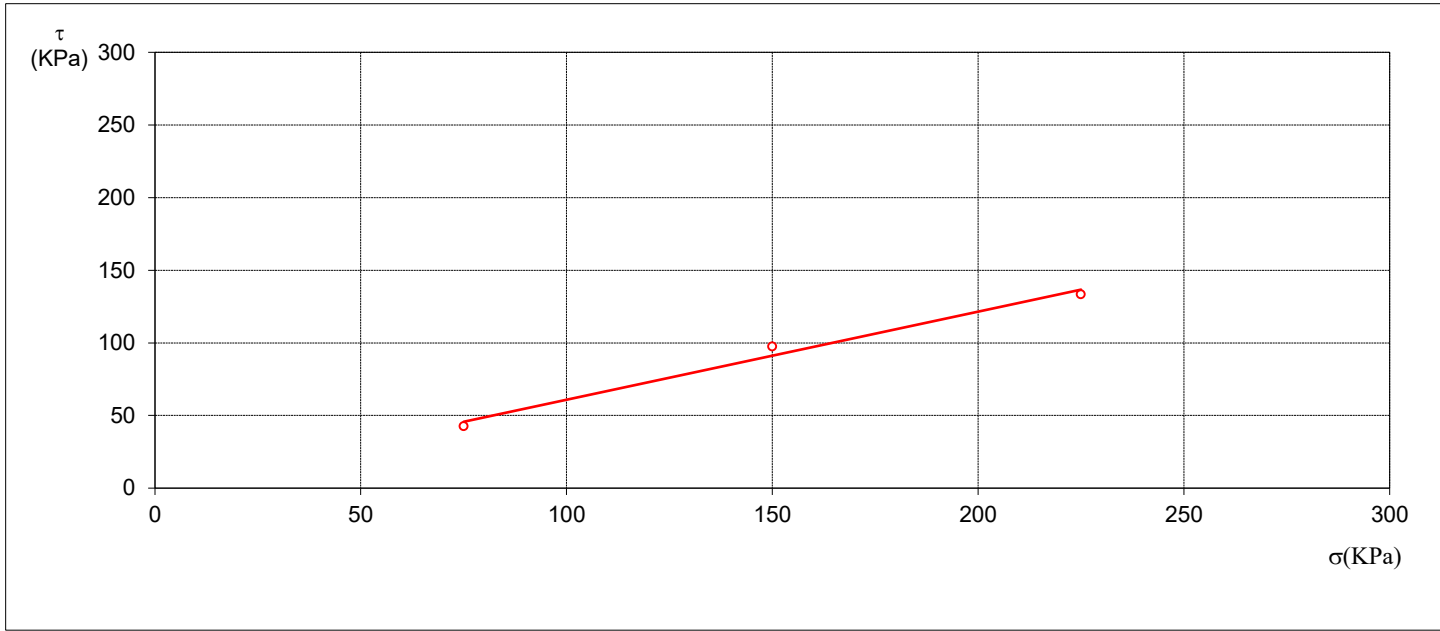


**Direttore del laboratorio**  
**Dott. Geol. Vincenzo Pace**

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Committente: BMT S.r.l.				
Cantiere: AORN (CE)				
Progetto: Progetto per la Realizzazione di un Nuovo Edificio				
Profondità prelievo (m):	5,50 - 6,00	Sondaggio	S1	Campione C2

Provino	Pressione verticale	Resistenza al Taglio	Deformazione orizzontale	Deformazione verticale Sv
n°	(Kpa)	$\tau$ (Kpa)	Sh (mm)	(mm)
1	75	42,52	6,77	0,35
2	150	97,53	7,02	0,22
3	225	133,45	6,57	0,09



Angolo di Attrito $\phi$ (gradi)	Coesione intercetta C (KPA)
31,23	0,23

Certificato n°	05S1C1-01
Del	06/03/2023
Verb. di Accettazione n°	05/23
Job n°	18/23

<b>Committente:</b>		BMT S.r.l.					
<b>Cantiere:</b>		AORN (CE)					
<b>Progetto:</b>		Progetto per la Realizzazione di un Nuovo Edificio					
<b>Data consegna in laboratorio</b>		02/03/23	<b>Data esecuzione prove:</b>		02/03/23	<b>Stato:</b>	Indisturbato
<b>Profondità prelievo (m):</b>		3,50 - 4,00	<b>Sondaggio</b>		S1	<b>Campione</b> C1	

### APERTURA E DESCRIZIONE DEL CAMPIONE

Lunghezza (cm)	34,00	Diametro (cm)		Colore	marrone	Odore	assente
Classe del Campione	Q 5	Q 4	Q 3	Q 2	Q 1		
Pocket Penetrometer Test	185	Kpa	Pocket Vane Test		N/cm2		
Classificazione CNR-UNI 10006							
Descrizione Campione	Sabbia limosa di colore marrone, consistente, umida al tatto, non reagente ad HCl, con presenza di diversi litici eterometrici subangolari di colore grigio chiaro e biancastri						

### PROVE ESEGUITE SUL CAMPIONE

	Apertura Campione
	Caratteristiche Fisiche
	Peso Specifico
	Analisi Granulometrica per setacciatura
	Analisi Granulometrica per sediment.
	Limite Liquido
	Limite Plastico
	Limite di ritiro
	Analisi Chimiche

	Prova Edometrica
	Prova di Permeabilità
	Prova di Taglio Diretto
	Prova di Taglio Residuo
	Prova Triassiale C.I.D.
	Prova Triassiale C.I.U.
	Prova Triassiale U.U.
	Prova ad espansione Laterale Libera
	Prova di Compattazione



Concessionario del laboratorio  
Ministeriale  
Geol. Vincenzo Pace


Certificato n°	05S1C2-01
Del	06/03/2023
Verb. di Accettazione n°	05/23
Job n°	18/23

<b>Committente:</b>		BMT S.r.l.			
<b>Cantiere:</b>		AORN (CE)			
<b>Progetto:</b>		Progetto per la Realizzazione di un Nuovo Edificio			
<b>Data consegna in laboratorio</b>	02/03/23	<b>Data esecuzione prove:</b>	03/03/23	<b>Stato:</b>	Indisturbato
<b>Profondità prelievo (m):</b>	5,50 - 6,00	<b>Sondaggio</b>	S1	<b>Campione</b>	C2

### APERTURA E DESCRIZIONE DEL CAMPIONE

Lunghezza (cm)	33,00	Diametro (cm)		Colore	marrone	Odore	assente
Classe del Campione	Q 5	Q 4	Q 3	Q 2	Q 1		
Pocket Penetrometer Test	195	Kpa	Pocket Vane Test		N/cm2		
Classificazione CNR-UNI 10006							
Descrizione Campione	Sabbia limosa debolmente ghiaiosa di colore marrone, consistente, umida al tatto, non reagente ad HCl.						

### PROVE ESEGUITE SUL CAMPIONE

	Apertura Campione
	Caratteristiche Fisiche
	Peso Specifico
	Analisi Granulometrica per setacciatura
	Analisi Granulometrica per sediment.
	Limite Liquido
	Limite Plastico
	Limite di ritiro
	Analisi Chimiche

	Prova Edometrica
	Prova di Permeabilità
	Prova di Taglio Diretto
	Prova di Taglio Residuo
	Prova Triassiale C.I.D.
	Prova Triassiale C.I.U.
	Prova Triassiale U.U.
	Prova ad espansione Laterale Libera
	Prova di Compattazione



Concessionario del laboratorio  
Ministeriale  
Geol. Vincenzo Pace





Via Martucci, 19 - 81055 S. Maria C.v. (Ce)  
Tel.: 0823.797119 Fax: 0823.587830  
web: www.laborotek.it mail: info@laborotek.it  
pec: laborotek@italia-pec.it



Decreto di Concessione Ministeriale  
Prove Geotecniche su Terre (Settore A)



Certificato n°	05S1C1-05
Del	06/03/2023
Verb. di Accettazione n°	05/23
Job n°	18/23

## PROVA DI TAGLIO DIRETTO (ASTM D3080)

<b>Committente:</b> BMT S.r.l.			
<b>Cantiere:</b> AORN (CE)			
<b>Progetto:</b> Progetto per la Realizzazione di un Nuovo Edificio			
<b>Data consegna in laboratorio:</b>	02/03/23	<b>Data esecuzione prova:</b>	03/03/23
		Indisturbato	
<b>Profondità prelievo (m):</b>	3,50 - 4,00	<b>Sondaggio</b>	S1
		<b>Campione</b>	C1

Nome prova	Provino n°	H <sub>0</sub> mm	A <sub>0</sub> cm <sup>2</sup>	γ <sub>n</sub> KN/m <sup>3</sup>	γ <sub>d</sub> KN/m <sup>3</sup>	W <sub>o</sub> %	W <sub>f</sub> %	S <sub>o</sub> %	S <sub>f</sub> %
TD230001	1 <span style="color:red">○</span>	30,00	36,00	18,86	15,44	17,28	25,32	67,32	85,98
TD230002	2 <span style="color:green">□</span>	30,00	36,00	18,73	15,52	17,88	26,46	68,26	86,01
TD230003	3 <span style="color:blue">△</span>	30,00	36,00	18,72	15,46	17,44	25,93	67,00	85,89

Nome prova	Provino n°	σ <sub>v</sub> Kpa	H mm	dt h	V micron/min
TD230001	1 <span style="color:red">○</span>	50,00	29,32	24,00	40,00
TD230002	2 <span style="color:green">□</span>	100,00	28,86	24,00	40,00
TD230003	3 <span style="color:blue">△</span>	150,00	28,83	24,00	40,00



Il Direttore del laboratorio  
Dott. Geol. Vincenzo Pace

## PROVA DI TAGLIO DIRETTO (ASTM D3080)

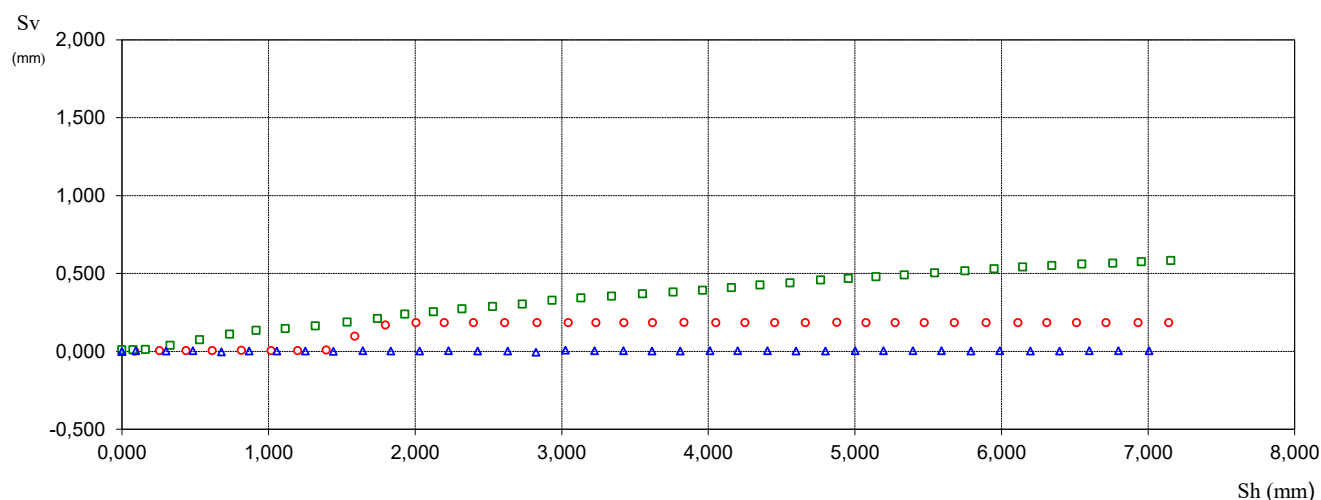
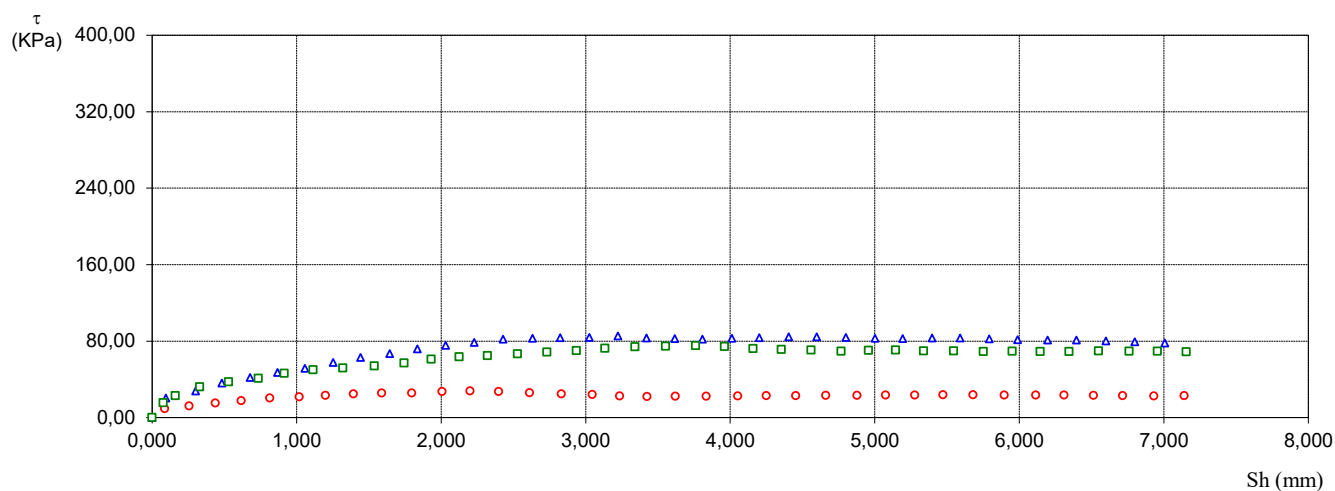
**Committente:** BMT S.r.l.

**Cantiere:** AORN (CE)

**Progetto:** Progetto per la Realizzazione di un Nuovo Edificio

<b>Data consegna in laboratorio:</b>	02/03/23	<b>Data esecuzione prova:</b>	03/03/23	<b>Stato:</b>	Indisturbato
--------------------------------------	----------	-------------------------------	----------	---------------	--------------

<b>Profondità prelievo (m):</b>	3,50 - 4,00	<b>Sondaggio</b>	S1	<b>Campione</b>	C1
---------------------------------	-------------	------------------	----	-----------------	----



**Direttore del laboratorio**  
**Dott. Geol. Vincenzo Pace**



Via Martucci, 19 - 81055 S. Maria C.v. (Ce)  
Tel.: 0823.797119 Fax: 0823.587830  
web: www.labortek.it mail: info@labortek.it  
pec: labortek@italia-pec.it



Decreto di Concessione Ministeriale  
Prove Geotecniche su Terre (Settore A)



Certificato n°	05S1C1-05
Del	06/03/2023
Verb. di Accettazione n°	05/23
Job n°	18/23

## PROVA DI TAGLIO DIRETTO (ASTM D3080)

<b>Committente:</b> BMT S.r.l.			
<b>Cantiere:</b> AORN (CE)			
<b>Progetto:</b> Progetto per la Realizzazione di un Nuovo Edificio			
<b>Data consegna in laboratorio:</b>	02/03/23	<b>Data esecuzione prova:</b>	03/03/23
<b>Stato:</b> Indisturbato			
<b>Profondità prelievo (m):</b>	3,50 - 4,00	<b>Sondaggio</b>	S1
		<b>Campione</b>	C1

Nome Prova TD230001		
Provino n° 1 ○		
Sh (mm)	Sv (mm)	$\tau$ (Kpa)
0,087	0,001	9,289
0,256	0,005	12,200
0,437	0,005	15,065
0,616	0,005	17,561
0,815	0,008	20,240
1,017	0,006	21,720
1,199	0,005	23,105
1,393	0,009	24,724
1,588	0,099	25,647
1,797	0,170	28,600
2,007	0,185	28,500
2,200	0,185	21,790
2,398	0,185	27,218
2,611	0,185	26,063
2,831	0,185	24,724
3,046	0,185	23,938
3,235	0,185	22,597
3,424	0,185	22,044
3,620	0,186	22,319
3,835	0,186	22,181
4,051	0,186	22,643
4,250	0,186	22,736
4,453	0,185	22,966
4,662	0,185	23,198
4,877	0,186	23,153
5,075	0,186	23,522
5,276	0,185	23,567
5,473	0,185	23,752
5,679	0,186	23,706
5,896	0,186	23,567
6,113	0,185	23,429
6,309	0,186	23,383
6,513	0,186	23,153
6,714	0,185	22,736
6,932	0,185	22,458
7,142	0,185	22,782

Nome Prova TD230002		
Provino n° 2 ■		
Sh (mm)	Sv (mm)	$\tau$ (Kpa)
0,000	0,012	0,164
0,077	0,012	15,454
0,159	0,013	22,731
0,329	0,039	32,052
0,529	0,075	37,201
0,736	0,111	41,044
0,915	0,135	46,276
1,114	0,148	50,120
1,319	0,164	51,920
1,537	0,188	53,963
1,743	0,212	57,071
1,930	0,239	60,914
2,125	0,256	63,449
2,320	0,273	64,757
2,528	0,290	66,719
2,732	0,303	68,435
2,935	0,328	69,909
3,132	0,344	72,444
3,341	0,354	74,079
3,552	0,370	74,733
3,761	0,381	75,141
3,961	0,393	74,241
4,158	0,409	72,198
4,354	0,427	71,136
4,559	0,440	70,563
4,767	0,459	69,416
4,956	0,468	70,236
5,144	0,480	70,482
5,337	0,491	69,743
5,545	0,504	69,743
5,751	0,518	69,089
5,951	0,531	69,255
6,145	0,542	69,089
6,344	0,553	69,174
6,548	0,561	69,582
6,761	0,567	69,416
6,955	0,576	69,255
7,155	0,585	68,681

Nome Prova TD230003		
Provino n° 3 ▲		
Sh (mm)	Sv (mm)	$\tau$ (Kpa)
0,094	0,005	20,324
0,301	0,004	27,936
0,483	0,005	35,979
0,678	-0,002	41,869
0,867	0,004	47,181
1,056	0,004	51,634
1,251	0,004	57,594
1,442	0,001	62,764
1,643	0,005	66,859
1,834	0,004	71,743
2,031	0,004	75,622
2,228	0,005	78,779
2,427	0,004	81,869
2,631	0,004	82,803
2,824	-0,004	83,447
3,025	0,010	83,879
3,223	0,005	85,387
3,420	0,005	83,376
3,617	0,004	82,516
3,808	0,004	82,155
4,011	0,005	82,803
4,201	0,005	83,663
4,404	0,005	84,527
4,599	0,004	84,382
4,799	0,004	83,734
5,002	0,006	82,803
5,194	0,005	82,587
5,397	0,005	83,161
5,591	0,005	83,161
5,792	0,004	82,300
5,988	0,005	81,437
6,196	0,004	81,079
6,395	0,004	81,079
6,598	0,005	80,287
6,798	0,005	79,211
7,007	0,005	78,061

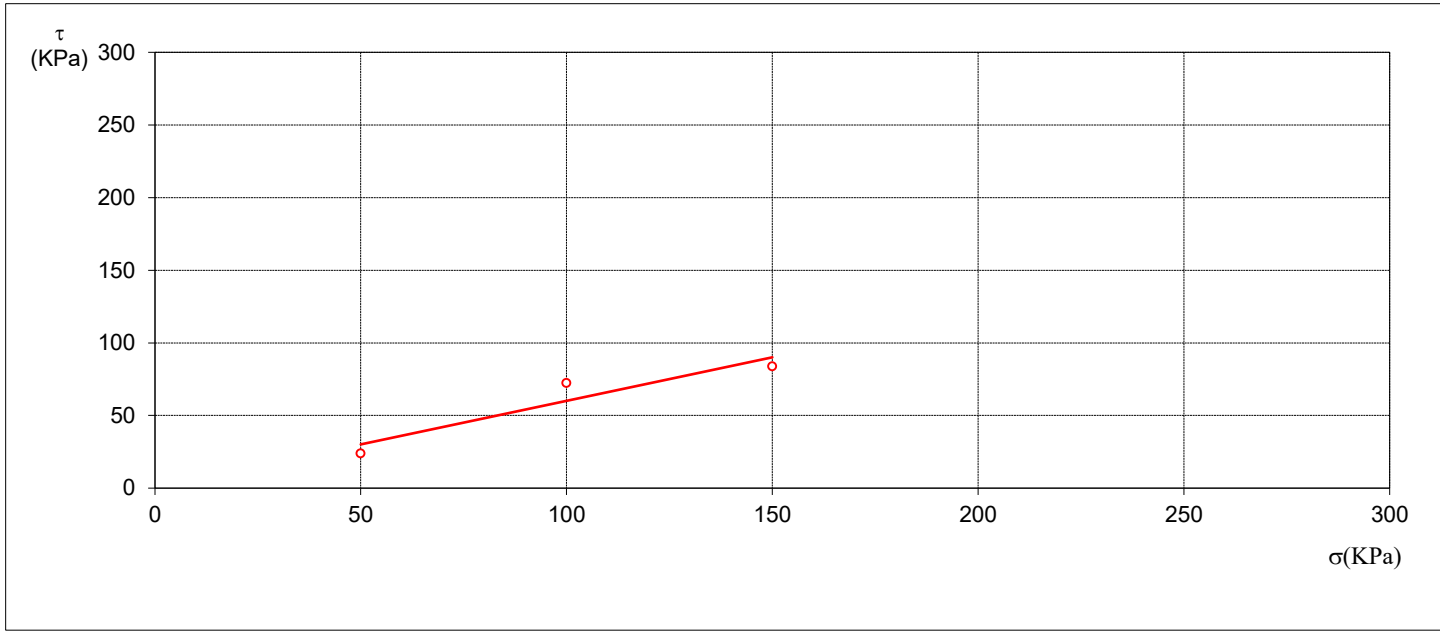


**Direttore del laboratorio**  
**Dott. Geol. Vincenzo Pace**

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Committente: BMT S.r.l.				
Cantiere: AORN (CE)				
Progetto: Progetto per la Realizzazione di un Nuovo Edificio				
Profondità prelievo (m):	3,50 - 4,00	Sondaggio	S1	Campione C1

Provino	Pressione verticale	Resistenza al Taglio	Deformazione orizzontale	Deformazione verticale Sv
n°	(Kpa)	$\tau$ (Kpa)	Sh (mm)	(mm)
1	50	23,94	3,05	0,19
2	100	72,44	3,13	0,34
3	150	83,88	3,03	0,01



Angolo di Attrito $\phi$ (gradi)	Coesione intercetta C (KPA)
30,94	0,15





Via Martucci, 19 - 81055 S. Maria C.v. (Ce)  
Tel.: 0823.797119 Fax: 0823.587830  
web: www.laborotek.it mail: info@laborotek.it  
pec: laborotek@italia-pec.it



Decreto di Concessione Ministeriale  
Prove Geotecniche su Terre (Settore A)



Certificato n°	05S1C2-05
Del	06/03/2023
Verb. di Accettazione n°	05/23
Job n°	18/23

## PROVA DI TAGLIO DIRETTO (ASTM D3080)

<b>Committente:</b> BMT S.r.l.			
<b>Cantiere:</b> AORN (CE)			
<b>Progetto:</b> Progetto per la Realizzazione di un Nuovo Edificio			
<b>Data consegna in laboratorio:</b>	02/03/23	<b>Data esecuzione prova:</b>	03/03/23
		Indisturbato	
<b>Profondità prelievo (m):</b>	5,50 - 6,00	<b>Sondaggio</b>	S1
		<b>Campione</b>	C2

Nome prova	Provino n°	H <sub>0</sub> mm	A <sub>0</sub> cm <sup>2</sup>	γ <sub>n</sub> KN/m <sup>3</sup>	γ <sub>d</sub> KN/m <sup>3</sup>	W <sub>o</sub> %	W <sub>f</sub> %	S <sub>o</sub> %	S <sub>f</sub> %
TD230004	1 <span style="color:red">○</span>	30,00	36,00	18,39	15,28	22,91	29,38	83,88	92,31
TD230005	2 <span style="color:green">□</span>	30,00	36,00	18,47	15,37	23,42	29,58	84,31	93,24
TD230006	3 <span style="color:blue">△</span>	30,00	36,00	18,42	15,31	22,67	29,11	83,68	92,52

Nome prova	Provino n°	σ <sub>v</sub> Kpa	H mm	dt h	V micron/min
TD230004	1 <span style="color:red">○</span>	75,00	29,32	24,00	40,00
TD230005	2 <span style="color:green">□</span>	150,00	28,86	24,00	40,00
TD230006	3 <span style="color:blue">△</span>	225,00	28,83	24,00	40,00



**Il Direttore del laboratorio**  
**Dot. Geol. Vincenzo Pace**

## PROVA DI TAGLIO DIRETTO (ASTM D3080)

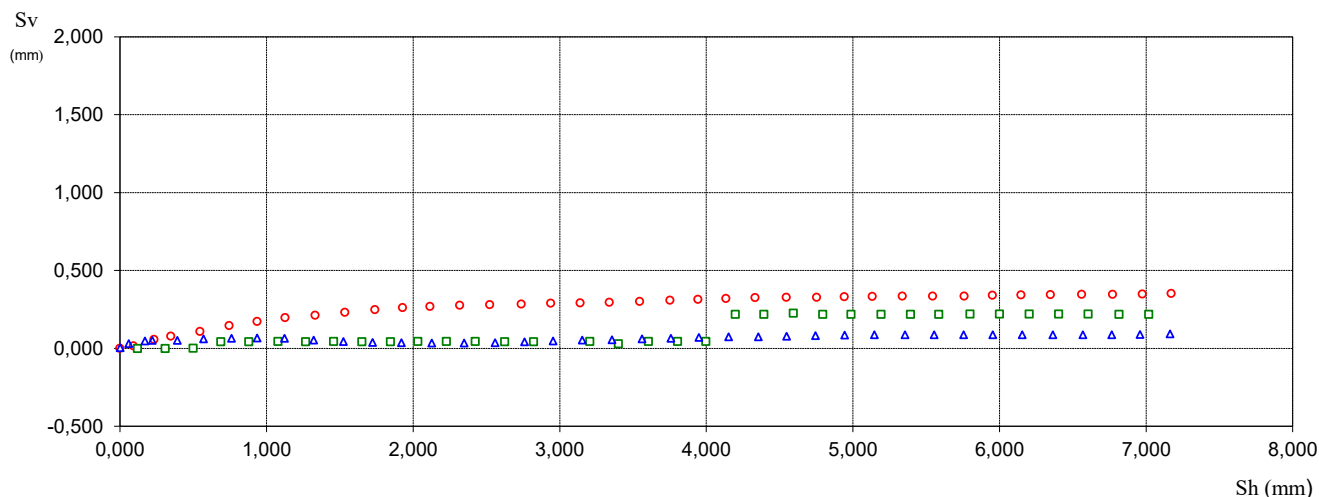
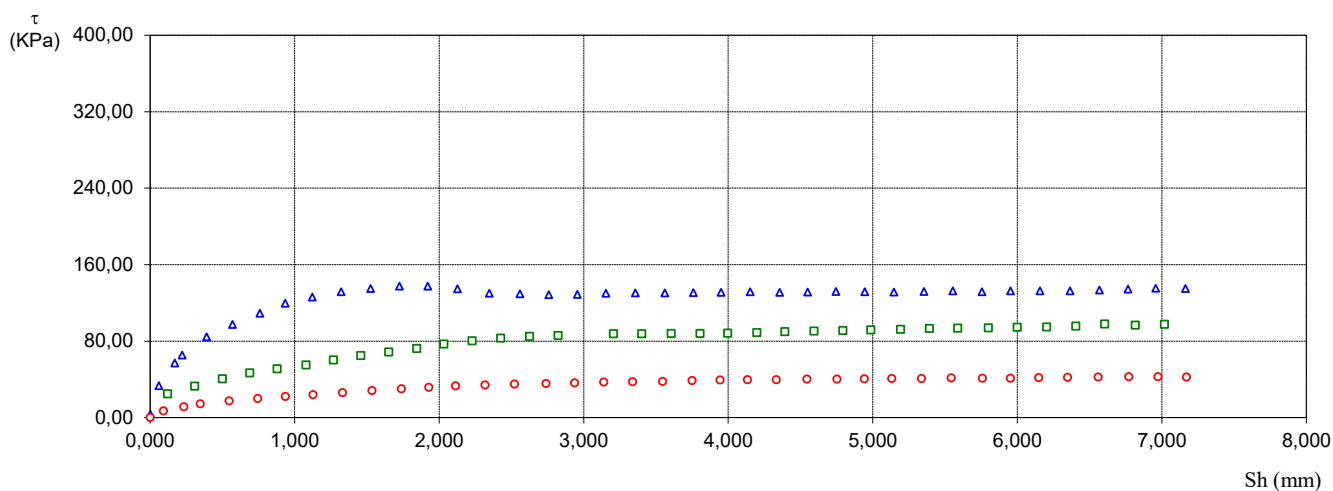
**Committente:** BMT S.r.l.

**Cantiere:** AORN (CE)

**Progetto:** Progetto per la Realizzazione di un Nuovo Edificio

<b>Data consegna in laboratorio:</b>	02/03/23	<b>Data esecuzione prova:</b>	03/03/23	<b>Stato:</b>	Indisturbato
--------------------------------------	----------	-------------------------------	----------	---------------	--------------

<b>Profondità prelievo (m):</b>	5,50 - 6,00	<b>Sondaggio</b>	S1	<b>Campione</b>	C2
---------------------------------	-------------	------------------	----	-----------------	----



**Direttore del laboratorio**  
**Dott. Geol. Vincenzo Pace**



Via Martucci, 19 - 81055 S. Maria C.v. (Ce)  
Tel.: 0823.797119 Fax: 0823.587830  
web: www.labortek.it mail: info@labortek.it  
pec: labortek@italia-pec.it



Decreto di Concessione Ministeriale  
Prove Geotecniche su Terre (Settore A)



Certificato n°	05S1C2-05
Del	06/03/2023
Verb. di Accettazione n°	05/23
Job n°	18/23

## PROVA DI TAGLIO DIRETTO (ASTM D3080)

<b>Committente:</b> BMT S.r.l.			
<b>Cantiere:</b> AORN (CE)			
<b>Progetto:</b> Progetto per la Realizzazione di un Nuovo Edificio			
<b>Data consegna in laboratorio:</b>	02/03/23	<b>Data esecuzione prova:</b>	03/03/23
		<b>Stato:</b>	Indisturbato
<b>Profondità prelievo (m):</b>	5,50 - 6,00	<b>Sondaggio</b>	S1
		<b>Campione</b>	C2

Nome Prova TD230004		
Provino n° 1 <span style="color: red;">●</span>		
Sh (mm)	Sv (mm)	$\tau$ (Kpa)
0,000	0,001	0,039
0,092	0,017	6,890
0,233	0,059	11,196
0,347	0,079	14,093
0,546	0,109	17,264
0,745	0,146	19,926
0,936	0,173	22,079
1,128	0,197	23,919
1,332	0,213	26,072
1,535	0,233	28,600
1,739	0,250	28,500
1,929	0,262	21,790
2,114	0,270	32,923
2,318	0,277	33,862
2,522	0,280	34,763
2,739	0,286	35,507
2,938	0,290	36,172
3,139	0,293	36,877
3,339	0,296	37,347
3,546	0,302	37,778
3,751	0,309	38,599
3,943	0,316	39,187
4,134	0,321	39,461
4,334	0,326	39,618
4,546	0,328	39,970
4,753	0,329	40,165
4,942	0,332	40,519
5,132	0,334	40,635
5,337	0,336	40,791
5,544	0,336	41,340
5,759	0,337	41,145
5,952	0,341	41,145
6,148	0,344	41,692
6,348	0,346	42,084
6,561	0,347	42,318
6,772	0,347	42,515
6,974	0,350	42,515
7,172	0,354	42,318

Nome Prova TD230005		
Provino n° 2 <span style="color: green;">■</span>		
Sh (mm)	Sv (mm)	$\tau$ (Kpa)
0,121	0,000	24,847
0,310	-0,001	32,833
0,500	0,001	40,333
0,689	0,043	46,464
0,880	0,043	50,821
1,079	0,045	54,936
1,268	0,044	60,100
1,459	0,044	64,616
1,652	0,043	68,326
1,845	0,043	72,039
2,033	0,044	76,638
2,228	0,044	80,185
2,425	0,044	82,848
2,626	0,044	84,705
2,823	0,044	85,671
-1,558	0,044	86,156
3,206	0,044	87,528
3,402	0,029	87,448
3,605	0,044	87,850
3,805	0,044	87,770
3,997	0,044	88,172
4,199	0,219	88,820
4,393	0,219	89,706
4,594	0,226	90,351
4,795	0,218	90,915
4,988	0,219	91,642
5,192	0,219	92,207
5,394	0,219	93,256
5,587	0,219	93,416
5,800	0,220	93,579
6,000	0,220	94,465
6,203	0,221	94,628
6,405	0,221	95,515
6,605	0,220	97,693
6,816	0,219	96,564
7,019	0,220	97,530

Nome Prova TD230006		
Provino n° 3 <span style="color: blue;">▲</span>		
Sh (mm)	Sv (mm)	$\tau$ (Kpa)
0,001	0,006	3,294
0,061	0,031	33,200
0,171	0,048	57,036
0,220	0,052	65,306
0,391	0,052	84,425
0,569	0,063	97,408
0,760	0,066	109,100
0,935	0,067	119,758
1,122	0,066	126,153
1,321	0,054	131,578
1,525	0,045	134,939
1,724	0,040	137,522
1,920	0,038	137,522
2,127	0,035	134,808
2,347	0,035	130,028
2,559	0,038	129,447
2,759	0,043	128,478
2,955	0,050	128,736
3,154	0,053	130,222
3,357	0,055	130,544
3,561	0,061	130,286
3,758	0,066	130,675
3,950	0,070	130,997
4,152	0,074	131,514
4,356	0,075	130,997
4,549	0,079	131,450
4,745	0,083	131,903
4,944	0,087	131,578
5,146	0,088	131,319
5,355	0,088	131,967
5,554	0,088	132,419
5,756	0,089	131,772
5,954	0,089	132,483
6,156	0,089	132,678
6,364	0,089	132,611
6,569	0,089	133,453
6,765	0,089	134,486
6,959	0,090	135,197

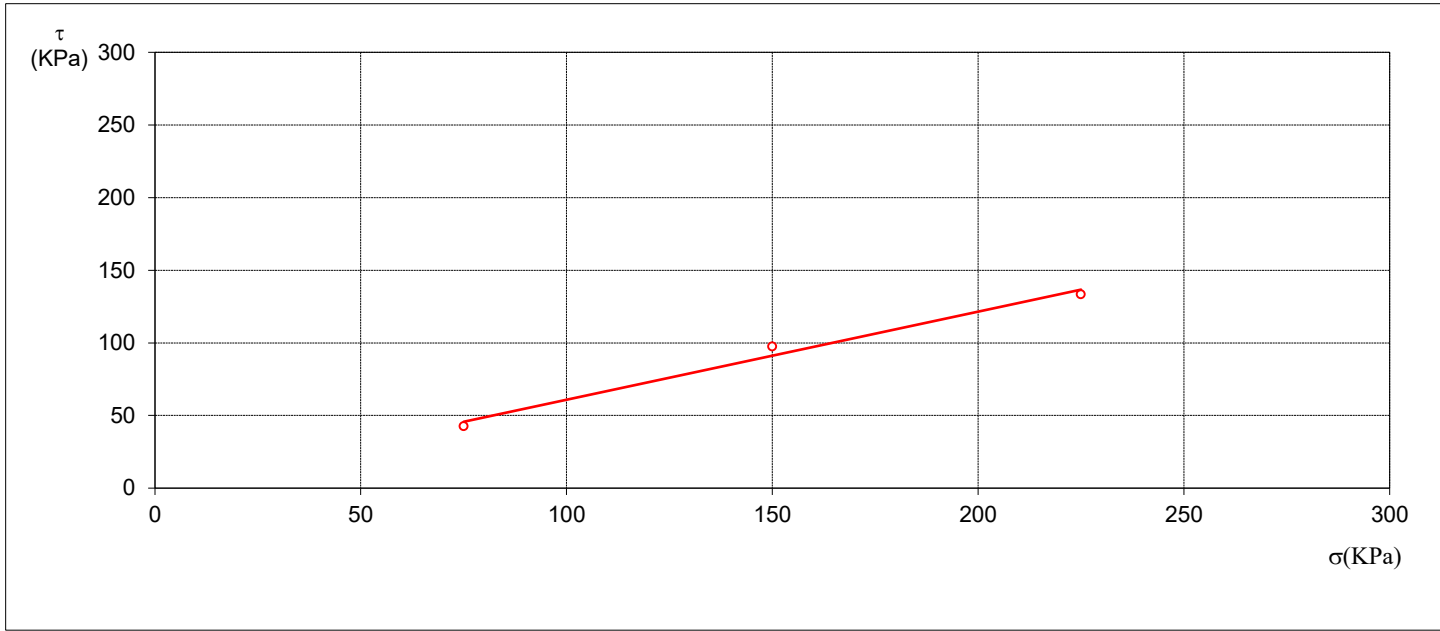


**Direttore del laboratorio**  
**Dott. Geol. Vincenzo Pace**

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Committente: BMT S.r.l.				
Cantiere: AORN (CE)				
Progetto: Progetto per la Realizzazione di un Nuovo Edificio				
Profondità prelievo (m):	5,50 - 6,00	Sondaggio	S1	Campione C2

Provino	Pressione verticale	Resistenza al Taglio	Deformazione orizzontale	Deformazione verticale Sv
n°	(Kpa)	$\tau$ (Kpa)	Sh (mm)	(mm)
1	75	42,52	6,77	0,35
2	150	97,53	7,02	0,22
3	225	133,45	6,57	0,09



Angolo di Attrito $\phi$ (gradi)	Coesione intercetta C (KPA)
31,23	0,23





**I. Geo. s.a.s.**

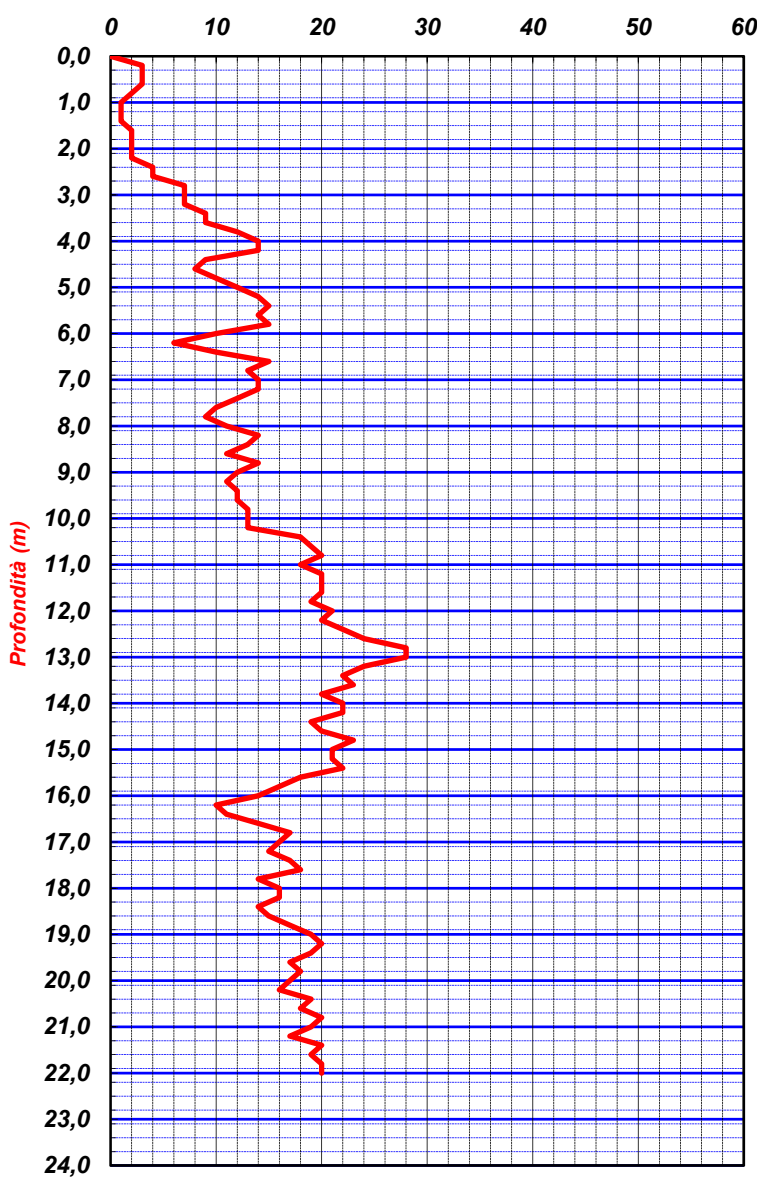
Indagini geognostiche e geofisiche – Consolidamenti – pali – micropali  
Via Aldo Moro, 2 - 81050 Pastorano (CE) - tel - fax 0823/879116 ; cell. 338/1534202  
E-Mail: igeo2004@virgilio.it – P.Iva : 01956710618  
EN ISO 9001:2008 N.: 1071ITQS rilasciato da EUROCERT

## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA PESANTE DPSH

COMMITTENTE:	AORN CASERTA				
OGGETTO:	REALIZZAZIONE NUOVO EDIFICIO A TRE PIANI DELL'AORN DI CASERTA			N° Certificato	0200/23
LOCALITA':	Azienda Ospedaliera Sant'Anna e San Sebastiano Via Ferdinando Palasciano, Caserta CE			Sigla Prova	DPSH 1
MODELLO SONDA: TG63-200 KN	PESO ASTE: 6,5 Kg	APERTURA DELLA PUNTA: 90°		Data emissione	05/03/2023
COORDINATE GEOGRAFICHE	Lat: 41.087326°		Long: 14.337257°	Falda= assente	
DATA ESECUZIONE PROVA:	24/02/2023	campione indisturbato (m)		Pagina	1/1

Prof.	num. Colpi	Prof.	num. Colpi	Prof.	num. Colpi	Prof.	num. Colpi
0,00	0	8,20	14	16,40	11		
0,20	3	8,40	13	16,60	14		
0,40	3	8,60	11	16,80	17		
0,60	3	8,80	14	17,00	16		
0,80	2	9,00	12	17,20	15		
1,00	1	9,20	11	17,40	17		
1,20	1	9,40	12	17,60	18		
1,40	1	9,60	12	17,80	14		
1,60	2	9,80	13	18,00	16		
1,80	2	10,00	13	18,20	16		
2,00	2	10,20	13	18,40	14		
2,20	2	10,40	18	18,60	15		
2,40	4	10,60	19	18,80	17		
2,60	4	10,80	20	19,00	19		
2,80	7	11,00	18	19,20	20		
3,00	7	11,20	20	19,40	19		
3,20	7	11,40	20	19,60	17		
3,40	9	11,60	20	19,80	18		
3,60	9	11,80	19	20,00	17		
3,80	12	12,00	21	20,20	16		
4,00	14	12,20	20	20,40	19		
4,20	14	12,40	22	20,60	18		
4,40	9	12,60	24	20,80	20		
4,60	8	12,80	28	21,00	19		
4,80	10	13,00	28	21,20	17		
5,00	12	13,20	24	21,40	20		
5,20	14	13,40	22	21,60	19		
5,40	15	13,60	23	21,80	20		
5,60	14	13,80	20	22,00	20		
5,80	15	14,00	22				
6,00	10	14,20	22				
6,20	6	14,40	19				
6,40	10	14,60	20				
6,60	15	14,80	23				
6,80	13	15,00	21				
7,00	14	15,20	21				
7,20	14	15,40	22				
7,40	12	15,60	18				
7,60	10	15,80	16				
7,80	9	16,00	14				
8,00	11	16,20	10				

Numero colpi



## LEGENDA

Prof. = profondità dal piano campagna (m)  
num. colpi. = numero di colpi

Il direttore tecnico  
Dott. Geol. Giuseppe D'Onofrio  
Via Aldo Moro, 2 - PASTORANO (CE)  
Part.Iva e C.c. - Fisc. 01956710618

**I. GEO. s.a.s.**

Indagini geognostiche-geofisiche-idrogeologiche

Via Aldo Moro n. 2 - 81050 Pastorano (CE) - Tel-fax: 0823/879116

Certificazione Qualità: ISO 9001:2015 N.: QMS-05065959-19

Attestazione SOA OS 20-B n. 5797/66/02 Cat. I - Valida fino al 21/01/2024 - Ente certificatore IMPRESOA S.p.a.

Committente: BMT SRL

Attrezzatura: Sonda TEREDO MN 900

Oggetto lavori: Realizzazione nuovo edificio a tre piani dell'AORN di Caserta

Data esecuzione: 24/02/2023

Località': Azienda Ospedaliera Sant'Anna e San Sebastiano Via Ferdinando Palasciano - Città di CASERTA (CE)

N. Certificato: 0203/23

Coordinate: LAT: 41.087340° N - LONG: 14.336800° E

Sigla Sondaggio: S1

p.c.	Profondità		Colonna Stratigraf.	Stratigrafia e descrizione dei terreni	Condizionamento		Falda (m)	Campione		S.P.T. (m)
	Q.rel. (m)	Spess. (m)			DH	P		R	I	
	0.40	0.40		Terreno vegetale di colore marrone bruno limoso misto a riporto ad elementi carbonatici centimetrici a spigoli vivi;						
	2.00	2.00		Terreno vegetale di colore marrone bruno limoso-argilloso;						
	2.40	1.60		Piroclastite sabbiosa debolmente limosa di colore da marrone chiaro a rossiccio;						
	4.00									
	5.00	5.50		Piroclastite sabbioso limosa da grigio cenere a marrone scuro;						
	9.50	0.50		Piroclastite sabbioso limosa debolmente ghiaiosa grigiastra con incluse scorie centimetriche;						
	10.00	2.50		Piroclastite sabbiosa debolmente limosa di colore grigio chiaro;						
	12.50									
	15.00	19.50		Piroclastite sabbiosa debolmente ghiaiosa grigio scuro con inclusi lapillici centimetrici nerastrì;						
	20.00									
	25.00									
	30.00									
	32.00			Fine sondaggio						

DH = Down-Hole

P = Piezometro

R = Campione rimaneggiato

I = Campione indisturbato

IL Direttore Tecnico

I. GEO. S.a.s.  
Dr. Geol. Giuseppe D'AmicoVia Aldo Moro 2 - PASTORANO (CE)  
Part.Iva e Cod. Fisc. 01956710618