



**Finanziato
dall'Unione europea**
NextGenerationEU



Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA



CITTÀ DI SCAFATI (SA)

Settore VI - LL.PP. e Manutenzione

Piazza Municipio
84018 Scafati

R.U.P.

geom. Ciro Alfano

Servizi di Ingegneria



Via A. De Gasperi, 45 - 80133 Napoli
Tel.: (+39) 081 19360779
Fax: (+39) 081 19360588

web: www.fmcengineering.it
e-mail: info@fmcengineering.it
pec: fmcengineeringsrl@pec.it

Progettista

ing. Luigi Fico



Progetto definitivo-esecutivo dei lavori di adeguamento sismico della scuola elementare e materna Tenente Iorio

Via Martiri D'Ungheria n. 275, Scafati (SA) - 84018

PNRR: Missione 5 - Componente 2 Investimento/Subinvestimento 2.1 "Rigenerazione Urbana"



ELABORATO

CUP: G84I19000380001

Relazione Geologica

No. DOC	Fase Progetto	Sezione	Ext.	Dimensioni foglio	
010	PDE	GEN	DOC	A4	
REV.	DESCRIZIONE REVISIONE	DATA	AUTORE	VERIFICA	APPROVAZIONE
R00	Prima emissione	24/03/2023	F. Lombardi	F. Lombardi	F. Lombardi

NOME FILE: SCF-010-PDE-GEN-DOC-A4-R00-Relazione Geologica



Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli
Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

		Comune di Scafati (SA)		
LAVORI DI ADEGUAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA ELEMENTARE E MATERNA TENENTE IORIO				
Per: COMUNE DI SCAFATI (SA)		I Referenti Arch. Izzo Erika Ing. Angelo Maresca Ing. Antonio De Riso		
RELAZIONE GEOLOGICA				
LAVORI DI ADEGUAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA ELEMENTARE E MATERNA TENENTE IORIO				
DATA 14/02/2023	REVISIONE 0 1		PAGINE 168	
Gruppo di Lavoro				
Dott. Geol. Fabio Lombardi		Geologo Senior – Sez. A Nr. Ordine 2691		
Ditta Esecuzione Lavori		Trivel Sondaggi S.r.l		
rev.	descrizione	data	redatto	Firma e Timbro
1	Emissione	14/02/2023	Geol. Lombardi Fabio	Geol. Lombardi Fabio
2				
3				



Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli
Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

Sommario

PREMESSA	4
NORMATIVA DI RIFERIMENTO	6
1. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	7
2. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO	9
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO	11
4. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO	14
5. CARTE DELLA PERICOLOSITÀ E DEL RISCHIO	17
6. INDAGINI GEOGNOSTICHE	21
6.1 Sondaggio Geognostico	23
6.1 Sondaggio geognostico <i>SI</i>	24
6.2 Standard Penetration Test (SPT)	33
6.2.1 Risultati Prova SPT (<i>S2</i>)	36
6.3 PROVA PENETROMETRICA DPSH	41
6.3.1. Risultati Prova Penetrometrica – <i>DPSH_1</i>	49
6.3.2. Risultati Prova Penetrometrica – <i>DPSH_2</i>	58
6.4 RISULTATI PROVE DI LABORATORIO	67
6.5 MODELLO GEOLOGICO – TECNICO	79
7. INDAGINI GEOFISICHE	84
7.1 INDAGINE DOWN-HOLE	86
7.1.1 Strumentazione utilizzata e tecniche operative.....	88
7.1.2 Down-Hole.....	90
7.2 ACQUISIZIONE SISMICA HVSR	98
7.2.1 HVSR_1	100
7.2.1 HVSR_2.....	106
8 MODELLAZIONE SISMICA E RISPOSTA SISMICA LOCALE	112
8.1 PERICOLOSITÀ SISMICA DI “BASE”	114
8.2 DEFINIZIONE DELLA CATEGORIA DI SOTTOSUOLO E DEL COEFFICIENTE DI AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA	118
8.3 CONDIZIONI TOPOGRAFICHE E COEFFICIENTE DI AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA	121
8.4 RISPOSTA SISMICA LOCALE	122
9 VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE	142
9.1 Liquefazione: perché il terreno si trasforma in un fluido.....	143
9.2 Calcolo del Coefficiente di Sicurezza.....	146



Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli
Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

9.2.2 Metodo Seed e Idriss (1985)	149
9.2.3 Grafici del Fattore di Sicurezza	157
CONCLUSIONI	160
BIBLIOGRAFIA	167
ALLEGATI	168



Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli
Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

PREMESSA

Il Comune di scafati con determina dirigenziale n. 107 del 23/06/2022 reg. gen. N. 921 del 01/07/2022 (adottata dal Responsabile del Settore VIII, Tutela Ambiente e Territorio, Gare e Contratti) dichiara l'efficacia dell'aggiudicazione del servizio di geologia per i "Lavori di adeguamento sismico della scuola elementare e materna Tenente Iorio" (affidamento del servizio di redazione della relazione geologica ed attività annesse, CUP G84I900038001- CIG 8738800DE1) al professionista Geol. Fabio Lombardi, iscritto all'Ordine dei Geologi della Campania con Nr. 2691 e studio presso Via Augusto de Martino, Napoli, 80131.

Lo scopo di tale studio è stato quello di determinare la natura e le successioni stratigrafiche dei litotipi investigati, nonché la stima delle caratteristiche fisico-meccaniche dei materiali costituenti il sottosuolo e la relativa risposta sismica locale con metodo rigoroso.

Per l'espletamento dell'incarico sono stati utilizzati i dati relativi alla campagna di indagine effettuata dalla Ditta Trivel Sondaggi S.r.l.; la suddetta campagna di indagine è stata predisposta dallo scrivente e successivamente seguita in campo dallo scrivente in ogni sua fase.

La campagna d'indagini ha previsto la realizzazione di:

- n. 1 sondaggio geognostico a carotaggio continuo, realizzato fino alla profondità di 30 metri;
- n. 3 prove SPT;
- n. 2 prove penetrometriche pesanti di tipo DPSH;
- n. 2 prelievi di campioni;
- n. 1 rilievo sismico di tipo DOWN-HOLE;
- n. 2 prova sismica passiva a stazione singola (metodo HVSR – Horizontal to Vertical Spectral Ratio).

Il seguente studio ha consentito di definire il modello geologico e geologico – tecnico dell'area. Inoltre, ha permesso di descrivere, dal punto di vista sismo stratigrafico, il sottosuolo dell'area di indagine e di definire, in accordo con quanto prescritto dalle NTC 2018, le litologie riscontrate in termini di categorie di sottosuolo. Ciò ha permesso infine di ricavare la Risposta Sismica Locale, fondamentale per la verifica di vulnerabilità sismica delle opere a farsi.

Gli **Allegati** alla presente relazione sono:



Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli

Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

- **Allegato 1:** *Report indagini Geognostiche e geofisiche (Trivel Sondaggi S.r.l.);*
- **Allegato 2:** *Studi liquefazione terreno.*



Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli
Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La relazione è stata redatta in conformità con le seguenti normative:

- NTC 2018 – Nuove norme tecniche per le costruzioni, approvate con Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018. di cui alla legge 5 novembre 1971, n. 1086, alla legge 2 febbraio 1974, n. 64, al decreto del Presidente della Repubblica 6 giugno 2001, n. 380, ed al decreto legge 28 maggio 2004, n. 136, convertito, con modificazioni, dalla legge 27 luglio 2004, n. 186.
- Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP. Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018. (*pubblicato sulla GU n.35 del 11-2-2019 – Suppl. Ordinario n. 5*);
- Decreto del Ministero dei Lavori Pubblici 11 marzo 1988. "*Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione. Coordinato con la Circolare del Ministero Lavori Pubblici, 24 settembre 1988, n. 30483 - Istruzioni per l'applicazione*";
- Con riferimento al sopra citato provvedimento è stata emanata la seguente circolare: Ministero dei lavori pubblici: Circolare del 9 gennaio 1996, n. 218/24/3.
- Legge 18 maggio 1989, n. 183 "*Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo*";
- Circolare M.LL.PP. N.65 AA.GG. del 10/04/97 (Supp n. 89 alla G.U. N. 97 del 28/04/97). "*Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche"*";
- DM 20/11/87 (Supp.103 alla GU.285 del 5/12/87). "*Norme tecniche per la progettazione ed esecuzione e collaudo degli edifici in muratura e per il loro consolidamento*";
- DPR 13/06/2017, N. 120 "*Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo*".



Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli

Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

1. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area oggetto di indagine è ubicata all'interno del territorio comunale di Scafati (SA), in prossimità della strada statale "Via Martiri D'Ungheria", ad Ovest della stazione ferroviaria della Circumvesuviana di Scafati, come indicato in Figura 1.1. L'area di studio interessa la Scuola Infantile/Primaria Tenente Iorio – IV Circolo Didattico.

L'intervento antisismico oggetto della relazione riguarda un'area di circa 760 m².



Figura 1.1 - Ubicazione dell'area d'indagine – Comune di Scafati (SA); in rosso l'area di studio.

L'area di studio risulta inquadrata nella Carta Tecnica Regionale (CTR) elemento n° 466033 Scafati in scala 1:5.000, sita nella porzione centro-orientale rispetto al centro abitato del Comune di Scafati, come riportato in Figura 1.2.



Dott. Geol. Fabio Lombardi

L.F. Geologia

Via Augusto de Martino, 10, Napoli

Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

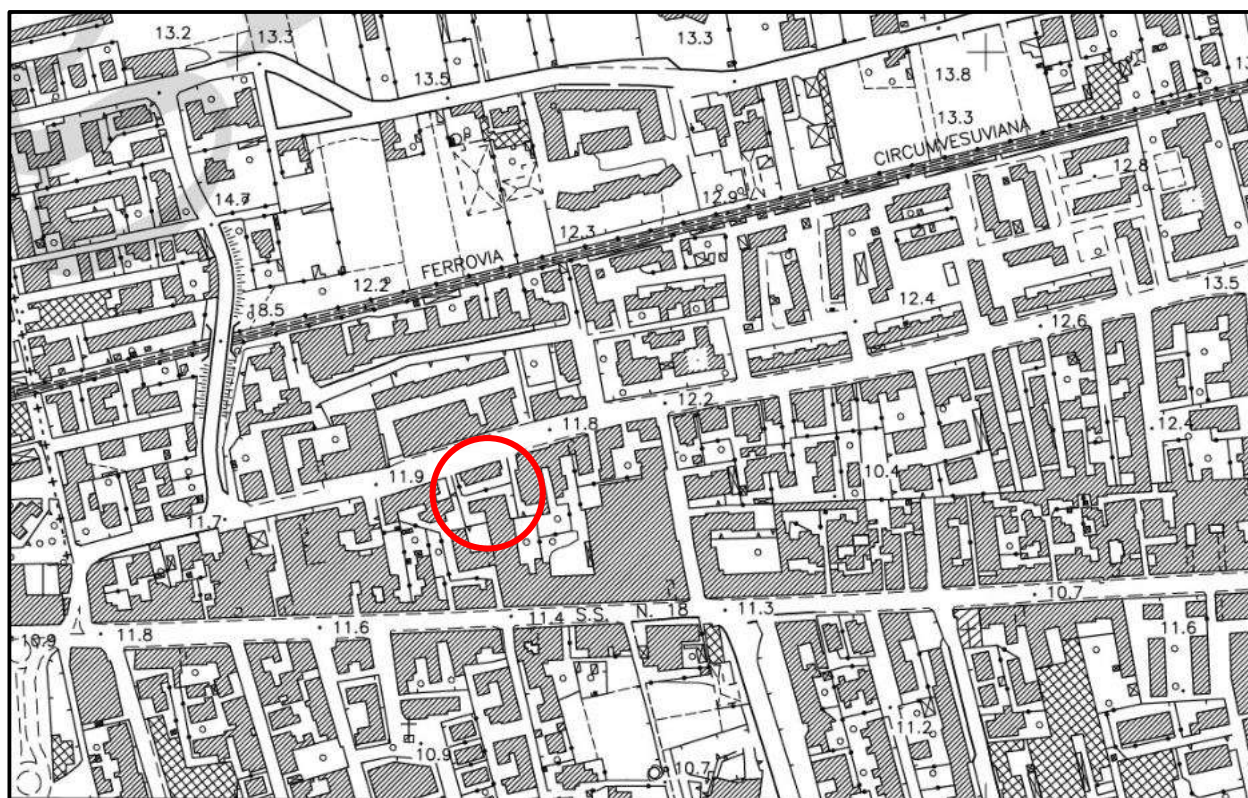


Figura 1.2 – Foglio 466033 Scafati, in rosso l'area di studio.

L'area è inquadrata al Foglio 16, Particella catastale Nr. 945 (Codice catastale I483).

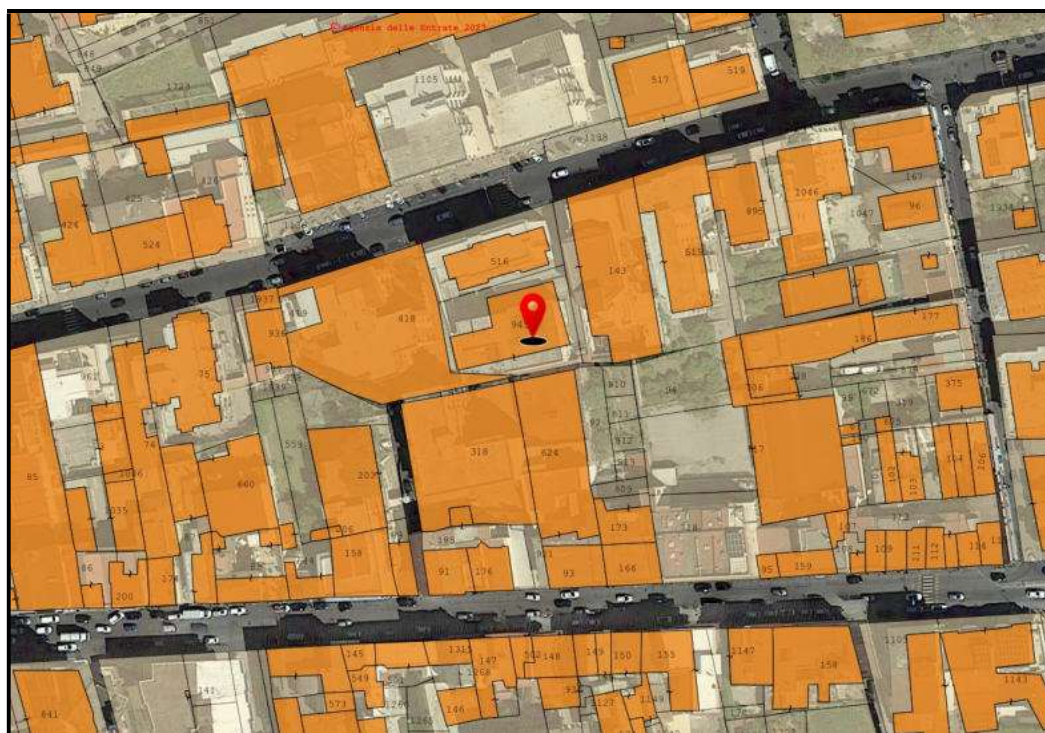


Figura 1.3 – Particella catastale con indicazione dell'area di studio



Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli
Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

2. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

Il sito in oggetto è situato lungo la strada statale Via Martiri D'Ungheria, in una zona molto urbanizzata situata ad ovest rispetto al centro del Comune di Scafati.

L'area si trova ad una quota topografica di circa 14 m.s.l.m. e la morfologia è principalmente sub-pianeggiante; su un chilometro lineare preso in considerazione, risulta una pendenza media del 2.7%.



Figura 2.1 - Analisi Geomorfologica (fonte Google Eart)

La morfologia del territorio comunale di Scafati è dominata dall'incontro dei depositi legati all'attività vulcanica del complesso del monte Somma-Vesuvio con i depositi della facies fluvio-palustre riferiti al tratto medio-basso del fiume Sarno. In superficie, il passaggio stratigrafico si coglie con difficoltà, anche a causa dell'intensa urbanizzazione del territorio nonché per la presenza del centro abitato di Scafati, ma ciò nonostante si può dire che tutto l'areale occidentale, ed in destra orografica del fiume presenta in superficie terreni francamente granulari di tipo sabbioso geneticamente legati alle piroclastiti vesuviane, mentre, la fascia di territorio allungata in direzione nord-est / sud-ovest, che comprende l'areale d'influenza del fiume Sarno, lascia prevalere i terreni limosi legati alla facies acquitrinosa e fluviale.



Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli
Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

Come detto, la topografia territoriale è quella sub-pianeggiante con gradienti di pendenza di basso valore che, in direzione dell'asta fluviale, sono inferiori allo 0.2%.

In direzione trasversale le livellette medie di pendenza sono:

- 0.2% lungo la via che da Poggiomarino raggiunge il ponte Frasso di San Marzano;
- 0.4 % dal confine con il comune di Boscoreale in località Passanti dove si raggiunge la quota di 30 m. s.l.m. e fino alla località di Bagni;
- Infine, risulta dello 0.6% dalla stessa quota, lungo il confine con il comune di Pompe, fino alla località di Fondo Monaco-Mariconda dove si raggiungono le quote di circa 5.00 m.s.l.m.

La morfologia in oggetto è condizionata da una paleomorfologia sepolta in sottosuolo che ha ereditato le propaggini dell'apparato Somma-Vesuviano se non l'unghia di colate laviche preistoriche riferibili ad un'apparato vulcanico con cratere incentrato sul rilievo su cui è costruita la città antica di Pompei.

Su tale paleomorfologia di bordo, costituita in ogni caso dalle attività vulcaniche, si sviluppava il percorso del fiume e prima ancora la palude.



Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli
Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Il territorio comunale di Scafati ricade all'interno dei fogli e 466 "Sorrento" della recente Carta Geologica d'Italia (scala 1:50.000), ubicato a Sud del complesso Somma-Vesuvio ed all'interno della piana del F. Sarno.

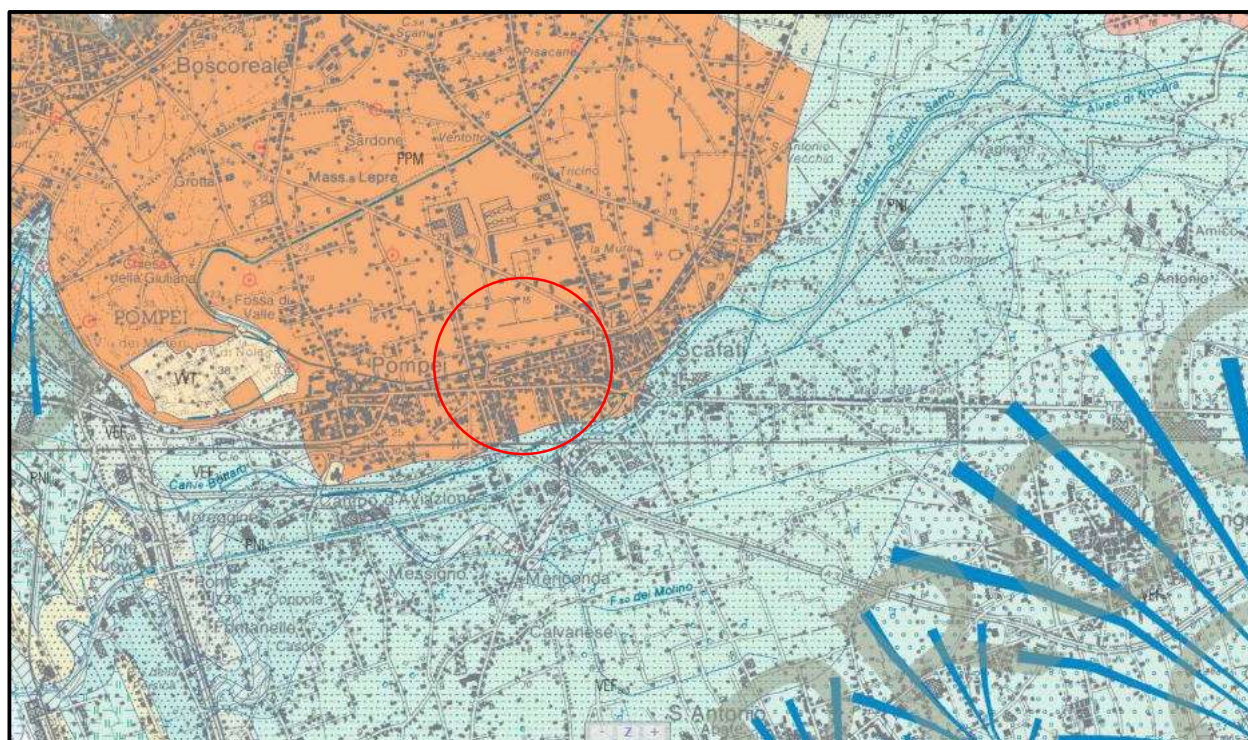
La storia eruttiva del Somma – Vesuvio può essere suddivisa in alcuni periodi, ciascuno caratterizzato da diversi stili di attività, e talvolta anche da variazioni nella composizione chimica dei prodotti. Infatti, l'attività storica del Vesuvio è caratterizzata dall'alternanza di periodi di attività prolungata a condotto aperto (es. 1631 – 1944) con eruzioni effusive o miste, con episodi esplosivi con VEI < 3, e di periodi di quiescenza di durata pluricentennale che vengono interrotti da eruzioni esplosive di energia maggiore, di tipo sub-Pliniano (VEI=4) o Pliniano (VEI=5). Il magma, di natura prevalentemente basica, tefritica o leucititica, nei periodi a condotto aperto, evolve da composizioni leucititiche a fonolitiche – tefritiche nelle eruzioni esplosive con VEI= 4-5. In linea generale, tutti i prodotti vulcanici che si rinvergono in affioramento lungo le pendici dell'intero complesso Somma - Vesuvio appartengono per lo più alla storia eruttiva recente; difatti, la storia geologica del territorio di Scafati è strettamente legata agli eventi effusivi e/o esplosivi che da circa 2000 anni a questa parte ne hanno determinato l'attuale conformazione. Viceversa, i prodotti relativi alle eruzioni più antiche affiorano molto sporadicamente e rivestono solo interesse scientifico. La grande eruzione del 79 d.C., anno in cui ha inizio l'attività vulcanica del Vesuvio, è ben rappresentata lungo tutto il versante meridionale. Essa è costituita da una successione di piroclastiti messa in posto con meccanismi diversi, ora da flusso piroclastico, ora da surge, ora da prodotti di caduta. Si tratta di pomici, ceneri, sabbie in genere ordinatamente disposte con spessori complessivi che raggiungono una decina di metri.



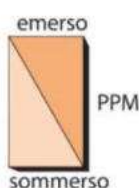
Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli

Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com



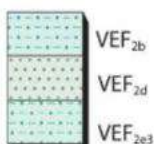
PIROCLASTITI DI POMPEI



Depositi da caduta e di flusso dell'eruzione del 79 d.C. I depositi di caduta sono costituiti da banchi di lapilli pomicei inizialmente bianchi fonolitici, che divengono grigi fono-tefritici, circa a metà della successione. Le pomici sono porfiriche con cristalli di sanidino, pirosseno e biotite. La granulometria è generalmente inversa ed i litici nel complesso divengono più abbondanti nella metà superiore del deposito. I litici lavici sono più abbondanti nella parte bianca della formazione mentre in quella grigia sono preponderanti i litici carbonatici. Nei depositi da flusso sono raggruppati sia i flussi piroclastici della fase pliniana dell'eruzione, costituiti da flussi cineritici e pomicei massivi, sia quelli appartenenti alla successiva fase freatomagmatica, costituiti da flussi cineritici ricchi in litici, spesso con stratificazione incrociata. Spessore massimo: 30-40 m.

Età: 79 d.C

SUBSISTEMA DELL'AGRO NOCERINO-SARNESE



Questo subsistema è compreso tra la superficie di erosione e non deposizione alla sommità del subsistema di Scanzano e la superficie topografica. Vi si intercalano vulcaniti del Somma-Vesuvio ed è eteropico della parte alta dell'Unità di Pomigliano. Nella parte nord-orientale del foglio è stata distinta l'unità informale di Piano delle Selve (PNV), mentre nell'area costiera la porzione superiore del subsistema, posta a tetto delle Piroclastiti di Pompei (79 d.C.), è distinta come unità informale di Ponte Persica (PNI). Si riconoscono all'interno del subsistema tre litofacies. Peliti e sabbie vulcanoclastiche, talora torbose, di ambiente palustre e fluvio-palustre con locali intercalazioni di sabbie e ghiaie fini fluviali. Nella bassa piana includono anche episodi in facies palustre (e₃); sabbie di duna costiera, passanti in basso a depositi di spiaggia sabbiosi in complessi eteropici della litofacies precedente (d); alluvioni di conoide dominate da vulcanoclastiti sabbioso-limose e con lenti ricche di clasti calcarei (b).

OLOCENE

Figura 3.1 – Stralcio della carta geologica d'Italia in scala 1:50.'000 foglio 466 "Sorrento" della recente Carta Geologica d'Italia (scala 1:50.000).

Nello specifico il territorio di Scafati è parte integrante della vasta piana alluvionale del Fiume Sarno, delimitata a N-E dall'estremo margine occidentale dei monti Picentini (Monti di Sarno), a S-E dalla base dei rilievi carbonatici della penisola sorrentina (Monti Lattari), a SW dal tratto di

**Dott. Geol. Fabio Lombardi**

Via Augusto de Martino, 10, Napoli
Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

costa tirrenica compreso tra Torre Annunziata e Castellammare di Stabia ed a N-W dalle falde del Somma-Vesuvio.

L'attuale assetto morfologico e litostratigrafico della piana costiera del Sarno e strettamente legato alla evoluzione tettonica e vulcanica dell'area, ricompresa nel basso strutturale della più ampia Piana Campana. Questa depressione tettonica costiera, parallela alla catena appenninica, e limitata, sia a N e sia a S, da alti strutturali rappresentati dalle dorsali carbonatiche del Monte Massico e dei Monti Lattari.

Dal Pliocene superiore, infatti, detta area è stata assoggettata contemporaneamente a notevole subsidenza, provocata dal rilassamento del basamento carbonatico, ed a veloce sedimentazione, mentre le zone rialzate che la delimitavano, cioè gli alti strutturali carbonatici del Monte Massico, dei monti di Sarno e dei Lattari, erano ancora assoggettate a sollevamento.

Lo "scollamento" di queste porzioni territoriali tra loro confinanti, connesso a sforzi distensivi ed alla diversità dei movimenti verticali, ha dato luogo alla formazione di faglie dirette, che hanno disseccato la piana costiera e le stesse strutture carbonatiche dei Monti Lattari e delle altre contermini, dando luogo nel primo caso alla risalita di corpi magmatici ed alla impostazione degli apparati vulcanici dei Campi Flegrei e del Somma-Vesuvio e, nel secondo caso, ad uno smembramento dell'horst in blocchi minori, che, nel caso specifico dei Monti Lattari, riescono a conservare l'originario carattere di struttura monoclinale immergente verso N-W.

L'insieme di questi fattori ha dato luogo al colmamento della depressione tettonica della piana del fiume Sarno con una potente successione di materiali detritico-alluvionali in facies fluvio-lacustre ed a luoghi palustre, alternata ai prodotti vulcanici del Somma-Vesuvio e dei Campi Flegrei, a partire dalla deposizione della ignimbrite campana dei Campi Flegrei di 35.000 anni fa fino all'ultima eruzione del Vesuvio, avvenuta nel 1944, con colata di lava e coni di scorie.



Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli

Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

4. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

Nei dintorni dell'abitato di Scafati (Figura 4.1) vi sono i rilievi montuosi dei Monti Lattari e dei Monti del Sarno, sede che arricchiscono molto la falda basale. È presente una circolazione idrica sotterranea superficiale in quota a carattere stagionale, dovuta alle acque d'infiltrazione efficace che dà origine localmente a falde sospese. La piana, a sua volta, è sede di un acquifero multistrato, alimentato oltre che dalle acque di infiltrazione diretta, anche dalla falda di base dei Monti di Sarno e Lattari, dalla falda del Somma-Vesuvio e dal substrato carbonatico profondo

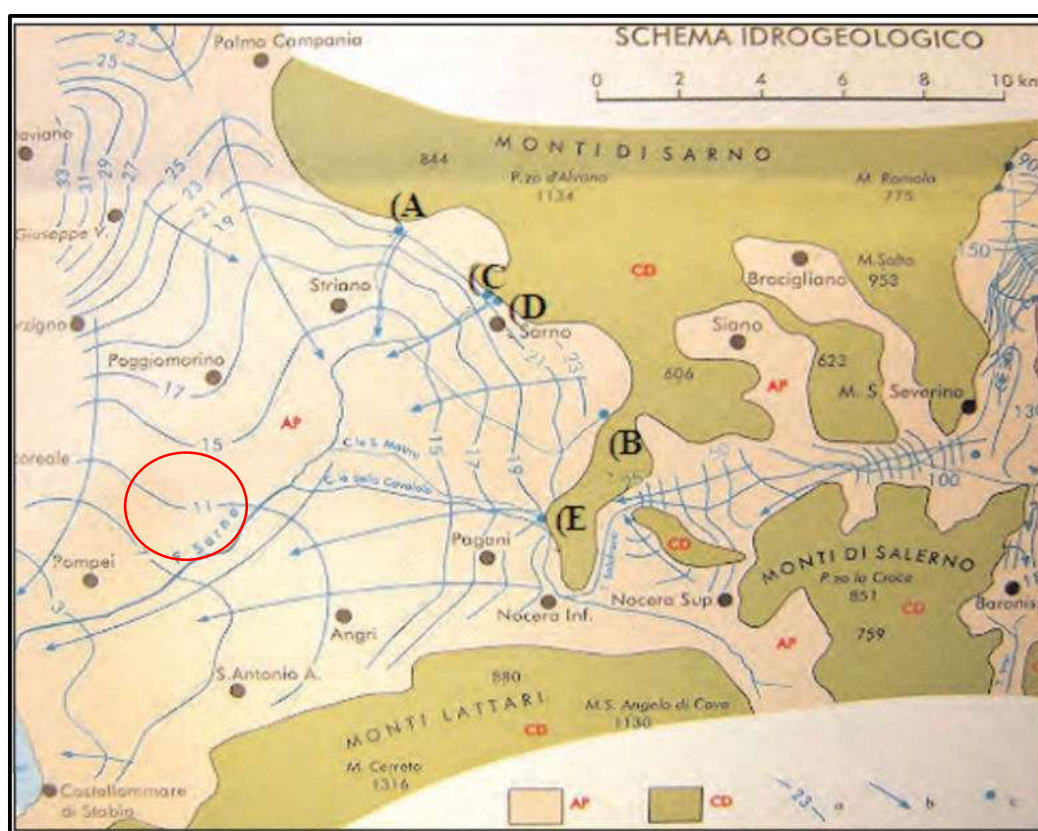


Figura 4.1 – Schema Idrogeologico della Piana del Fiume Sarno (da CELICO et alii, 1990). Legenda: AP) complesso alluvionale-piroclastico; CD) Complesso calcareo, calcareo dolomitico e dolomitico

L'acquifero è costituito prevalentemente da piroclastiti sciolte (Figura 4.2). Le coperture di natura piroclastica e/o alluvionale poggiano su termini litoidi carbonatici; dal punto di vista idrogeologico, i suddetti materiali sono caratterizzati da una permeabilità per porosità, di grado variabile da basso a medio alto in relazione all'addensamento e alla granulometria prevalente alle



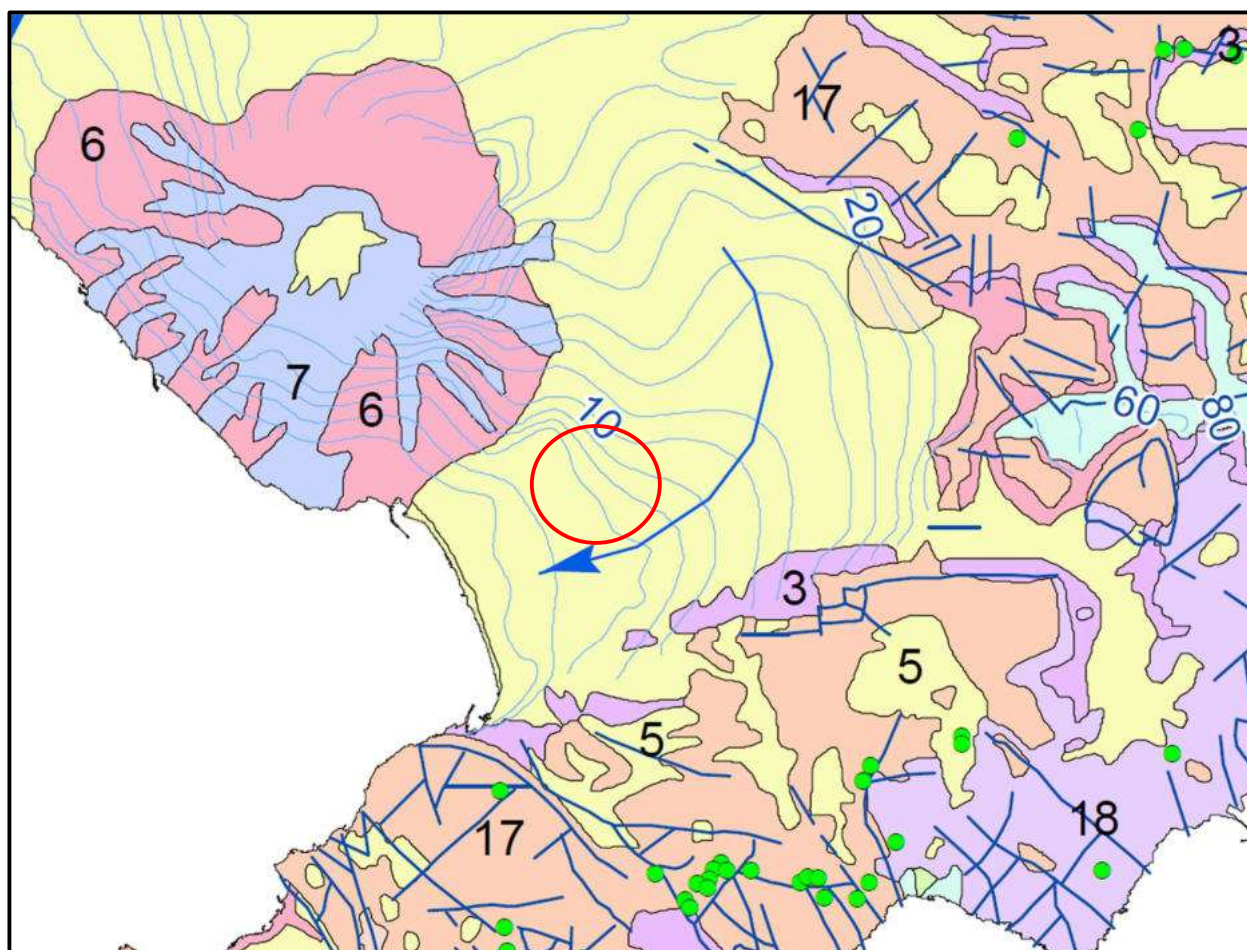
Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli

Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

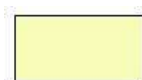
varie altezze stratigrafiche. Di seguito viene illustrata uno stralcio della carta dei complessi idrogeologici, riferiti al Comune di Scafati:

Il comune di Scafati ricade all'interno del "Complesso delle Piroclastiti da caduta", con una falda presunta variabile tra i 9/10 m.s.l.m. ed una falda rilevata a quota 6 m dal piano campagna.



— Piezometriche

→ Assi di drenaggio



5. Complesso delle piroclastiti da caduta

Figura 4.2 – Carta dei complessi idrogeologici, scala 1:200.000, in rosso l'area di studio.

**Dott. Geol. Fabio Lombardi**

Via Augusto de Martino, 10, Napoli
Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

La permeabilità, desunta da dati di bibliografici, varia sensibilmente in relazione alla granulometria dei vari litotipi, con valori medio-bassi ($K= 10^{-6}$ - 10^{-7} cm/sec) nei termini a granulometria fina (piroclastiti) a valori medio – alti ($K= 10^{-3}$ - 10^{-5} cm/sec) nei termini prettamente granulari (complesso detritico). Il complesso piroclastico ha tratto origine dall'attività vulcanica del complesso Somma – Vesuvio, che mise in posto ampi volumi di prodotti piroclastici sciolti, costituiti da una matrice cineritica e frammenti pomicei e litici (pozzolana). Le piroclastiti hanno una granulometria non omogenea che va dalla sabbia limosa al limo sabbioso. Vi è generalmente, anche la presenza di una piccola componente ghiaiosa costituita da pomici e in subordine da piccoli frammenti litici ma che non sempre viene intercettata. I granuli hanno una superficie molto irregolare, scabrosa. Questa irregolarità fa sì che la messa dei granuli, una volta depositati, si incastrino in maniera tale da dare alla massa una coesione che gli consente di reggere fronti di scavo quasi verticali. Questa coesione viene detta “apparente” in quanto se questi materiali vengono saturati d'acqua questa proprietà viene a mancare.



Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli

Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

5. CARTE DELLA PERICOLOSITÀ E DEL RISCHIO

Dall'esame delle cartografie di riferimento del P.A.I. (Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PSAI), dei territori dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale (L. n. 183 del 18/05/89; L. n. 253 del 7/08/90; L. n.493 del 4/12/93; L. n. 226 del 13/07/99; L. n. 365 del 11/12/00 agg.2020) del comune di Scafati, l'area in esame non risulta essere in zone di criticità da Rischio Frana (Tav. 466033, scala 1: 5.000).

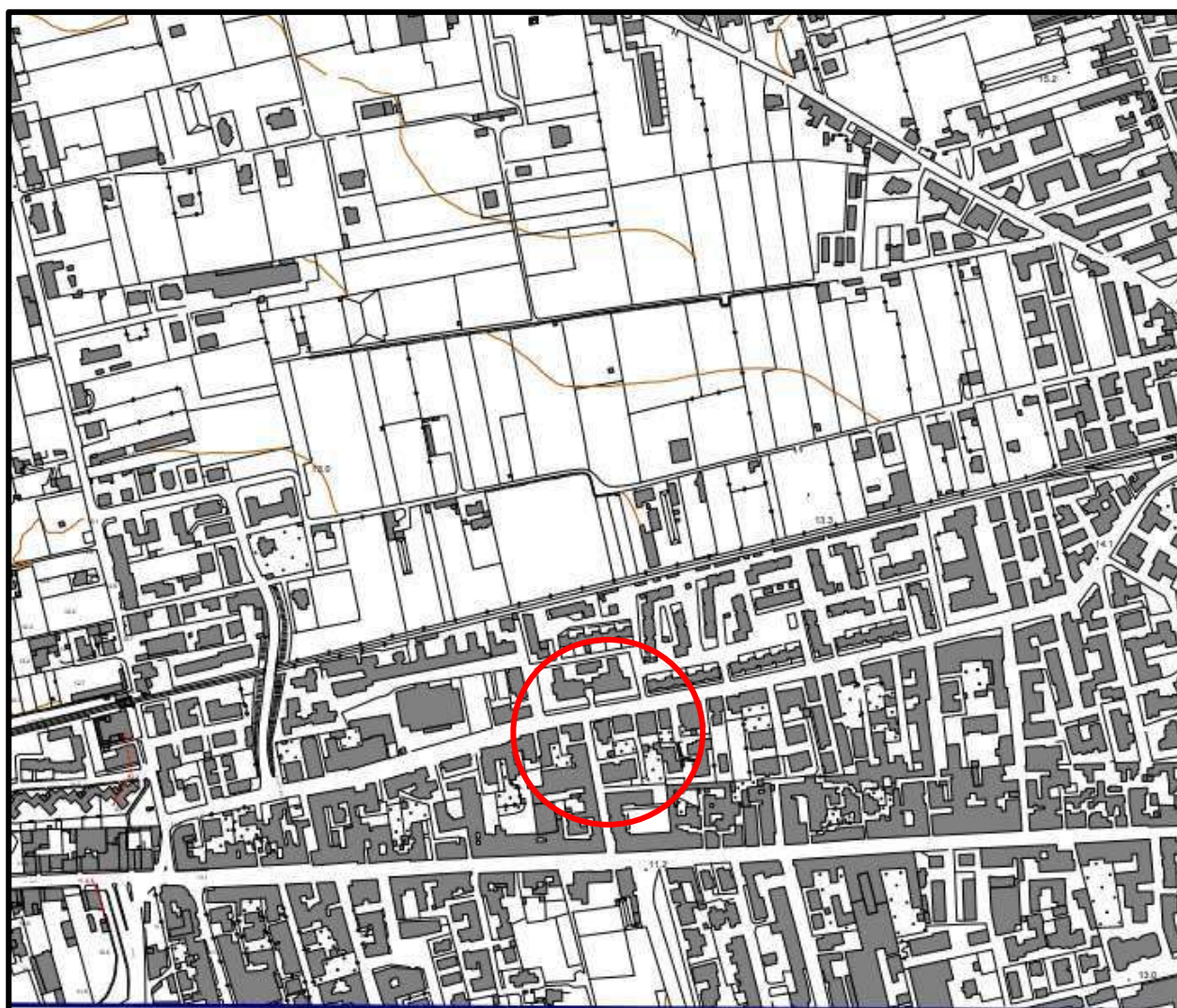


Figura 5.1 – Stralcio della Carta del Rischio da frana, in scala 1:5000; in rosso è evidenziata l'area di studio.



Dott. Geol. Fabio Lombardi

L.F. Geologia

Via Augusto de Martino, 10, Napoli

Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

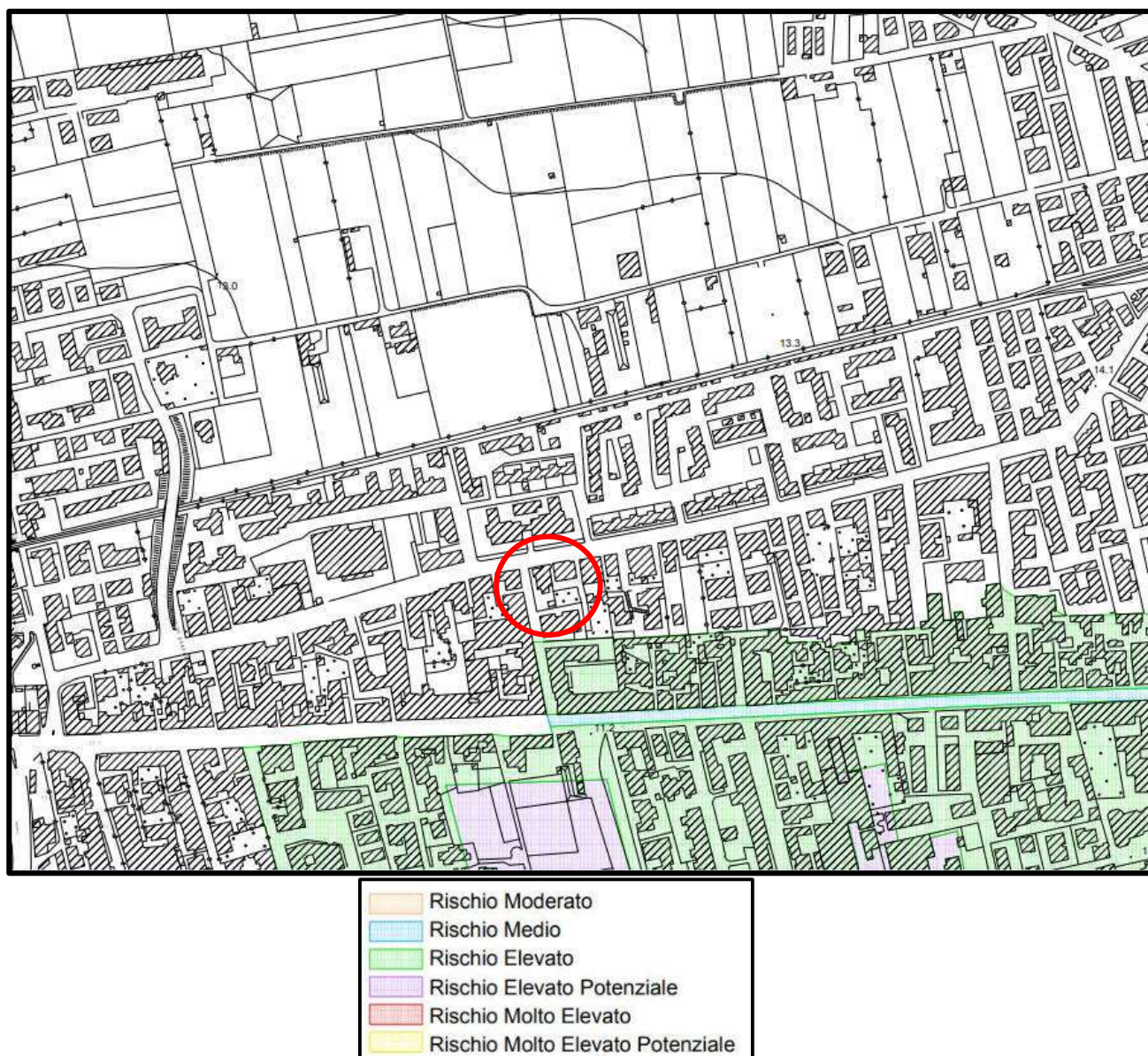


Figura 5.2 – Stralcio della Carta del Rischio idraulico, in scala 1:5000; in rosso è evidenziata l'area di studio.

Per il rischio idraulico si segnala la vicinanza di una zona a rischio elevato a Sud dell'edificio scolastico oggetto di relazione. Diversamente, studiando la mappa di pericolosità idraulica, l'area di interesse ricade in **Fascia C**: Fascia di inondazione per piena d'intensità eccezionale (E' quella interessata dalla piena relativa a $T = 300$ anni o dalla piena storica nettamente superiore alla piena di progetto).



Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli

Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

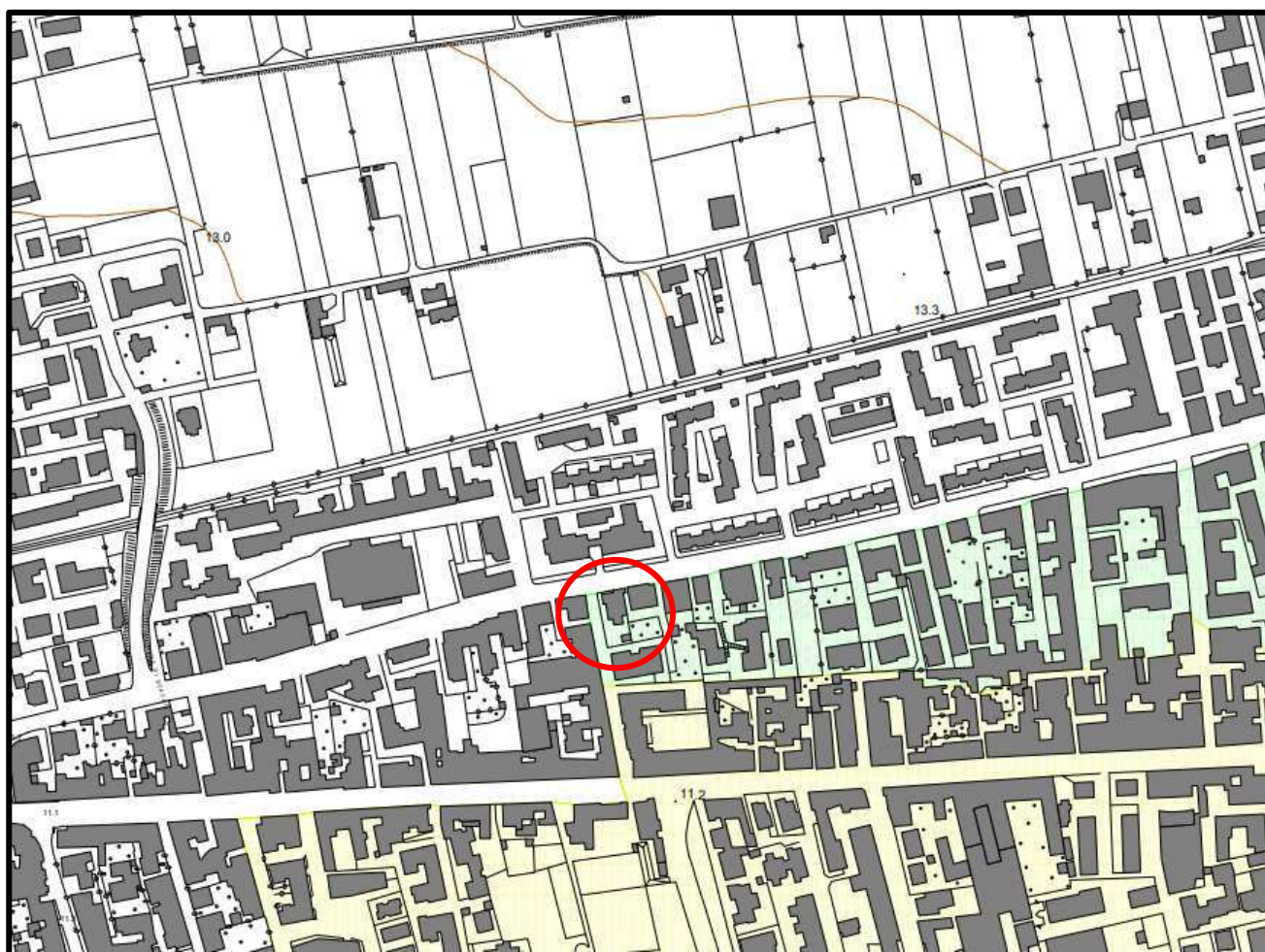


Figura 5.3 – Stralcio della Carta della pericolosità idraulico, in scala 1:5000; in rosso è evidenziata l'area di studio.

L'area, quindi, è soggetta all'Articolo 30 del “testo unico coordinato delle norme di attuazione dei psai relativi ai bacini idrografici regionali in destra e in sinistra sive ed interregionale del fiume sele” dell'Autorità di Bacino Regionale Campania Sud ed interregionale per il bacino idrografico. L'articolo 30 disciplina delle aree a pericolosità idraulica comprese nelle Fasce Fluviali C dei tre Bacini idrografici:



Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli

Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

- 1. Nelle aree definite come fascia C comune ai tre Bacini idrografici, sono consentiti tutti gli interventi previsti dallo strumento urbanistico comunale o altra pianificazione sovraordinata.
- 2. Nelle fasce fluviali C, comuni ai tre Bacini idrografici, i progetti da realizzarsi devono essere corredati dallo studio di computabilità idraulica, da redigersi con i contenuti di cui all'articolo 50 ed in conformità degli indirizzi e delle indicazioni di cui all'allegato G rispetto ai bacini idrografici di riferimento, debitamente asseverato da tecnico abilitato.



Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli
Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

6. INDAGINI GEOGNOSTICHE

In accordo con il piano d'indagini, sono stati eseguite indagini, la cui ubicazione è indicata in **Fig. 6.1**, per la caratterizzazione litologica del sottosuolo. In particolare, l'attività si è articolata in:

- Esecuzione di n. 1 sondaggi a carotaggio continuo spinto fino ad una profondità di 30 metri dal p.c., al fine di ottenere una stratigrafia di dettaglio del sottosuolo;
- Esecuzione di n. 3 prove SPT (Standard Penetration Test), al fine di caratterizzare dal punto di vista geotecnico-geomeccanico i materiali geologici dell'area in esame;
- Esecuzione di n. 2 prove penetrometriche dinamiche continue (DPSH), realizzate con un penetrometro superpesante PAGANI TG63-200 kN, cingolato, con l'obiettivo di caratterizzare punto di vista geotecnico-geomeccanico i materiali geologici presenti nell'area di studio.

Nella seguente tabella sono riportati i dettagli delle prove geognostiche eseguite con le relative coordinate espresse nel sistema Geodetico UTM - WGS 84.

ID Indagine	Profondità prova dal p.c. (m)	Coordinate (N)	Coordinate (E)	Quota (m s.l.m.)
S1_DH	30.00	40.750635	14.516160	9
SPT_1	3.50	40.750635	14.516160	5.5
SPT_2	7.70	40.750635	14.516160	1.30
SPT_3	15.00	40.750635	14.516160	-6
DPSH 1	14.60	40.750615	14.516182	9
DPSH 2	14.60	40.750850	14.516569	9

Tab. 1 – Ubicazione delle indagini geognostiche effettuate

Di seguito si riportano le ubicazioni delle rispettive indagini geognostiche effettuate:



Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli

Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com



Fig. 6.1 - Ubicazione delle indagini geognostiche eseguite nell'area di studio (coordinate espresse nel sistema di riferimento WGS84/UTM 33N).



Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli
Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

6.1 Sondaggio Geognostico

Per la ricostruzione stratigrafica del sottosuolo oggetto di studio, sono stati realizzati n.4 sondaggi a carotaggio continuo, eseguiti con una sonda a rotazione dell'azienda specializzata Trivel Sondaggi S.r.l., con sede in Area P.I.P. Lotto n. 37 SNC, Crispano (NA), spinti fino ad una profondità variabile da 18,00 a 23,00 metri dal p.c. Tale altezza di carotaggio è funzione della presenza del deposito lavico (bedrock), riscontrato a profondità variabili nei diversi sondaggi.

A corredo della macchina perforatrice sono state utilizzate le seguenti attrezzature:

- ✓ carotiere semplice ϕ 101 mm in acciaio;
- ✓ carotiere doppio T2 ϕ 101 mm;
- ✓ corona con inserti duri in carburo di silicio inseriti (Widia) ϕ 101 mm;
- ✓ corona diamantata ϕ 101 mm;
- ✓ batteria di aste ϕ 76 mm in acciaio in spezzoni giuntabili da 3,0-1,5-1,0 m;
- ✓ tubazione di rivestimento ϕ 127 mm in acciaio in spezzoni giuntabili da 1,5 m;
- ✓ canaletta in PVC per lo scarotaggio;
- ✓ cavalletti posa-aste in acciaio;
- ✓ cassette porta-carote in PVC con cinque settori della lunghezza di 1 m;
- ✓ gruppo SPT per le prove geotecniche in situ.

Durante i carotaggi è stata utilizzata acqua come fluido di circolazione, senza uso di additivi, per attraversare i livelli più compatti. Le carote estratte sono state sistemate in apposite cassette catalogatrici, di dimensioni 0,5 m x 1 m. Al termine dei sondaggi i fori sono stati accuratamente richiusi con materiale reperito in loco. Inoltre, tutte le fasi delle indagini in oggetto sono state seguite da un Geologo esperto che ha redatto le colonne stratigrafiche corredate di tutte le informazioni derivate dalla descrizione dei terreni.



Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli

Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

6.1 Sondaggio geognostico S1

Il sondaggio a carotaggio continuo S1 è stato eseguito in data 20/01/2023, nella porzione Sud-dell'area di indagine, come riportato in Figura 6.2.

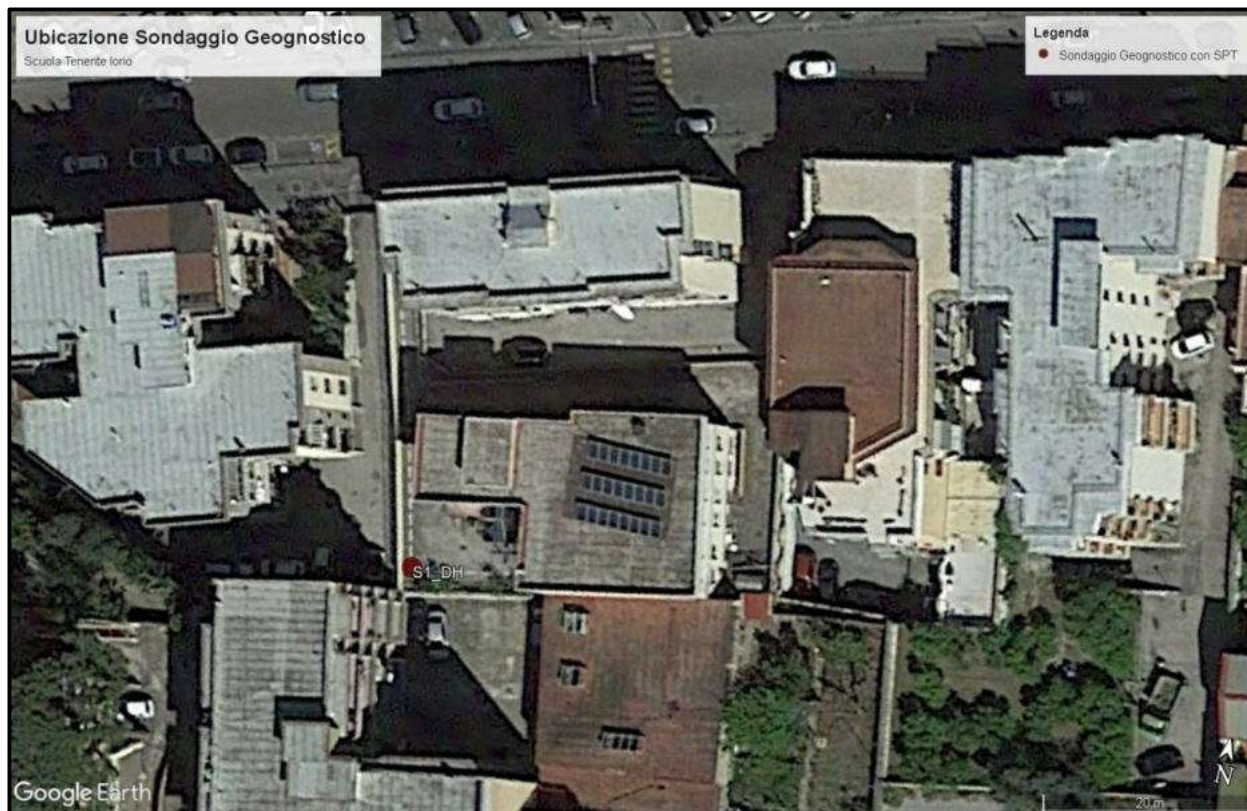


Fig. 6.2 – Ubicazione sondaggio a carotaggio continuo S1



Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli

Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

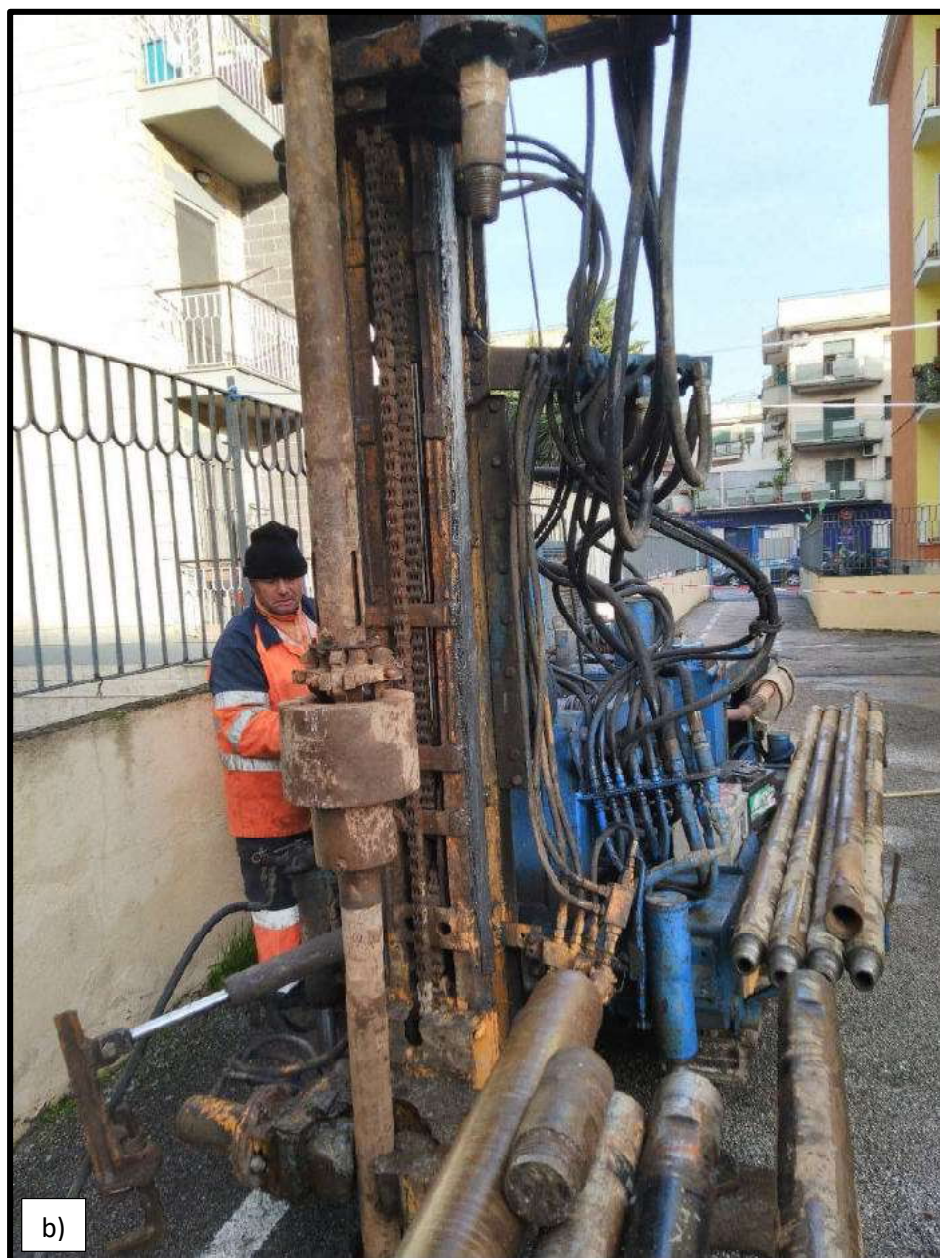




Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli

Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com



Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli

Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

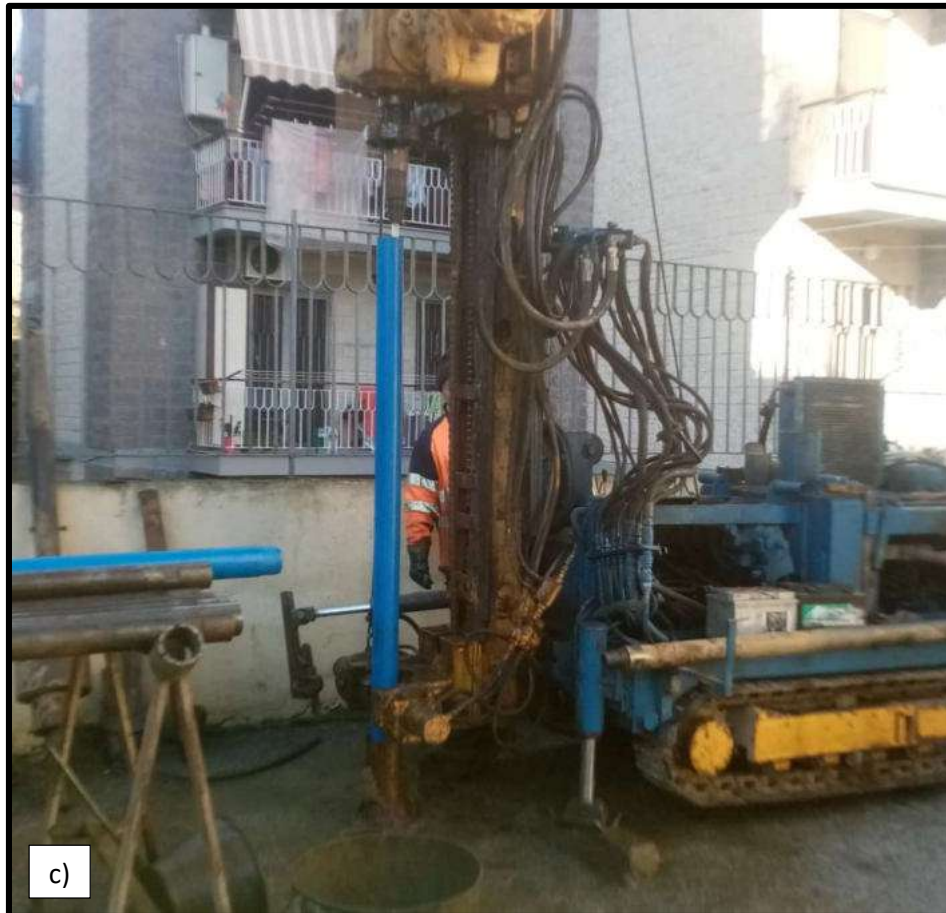


Fig. 6.3 – (a) Foto di campo del sondaggio a carotaggio continuo SI; (b) Indagine SPT; (c) Rivestimento a piezometro; (d) Ripristino



Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli
Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

L'analisi delle carote rinvenute durante il sondaggio, ubicato alla quota di circa 9 m s.l.m., ha messo in evidenza litologie che sono concordi con quanto riportato dalla principale cartografia geologica dell'area (cfr. Foglio 466 – Sorrento, scala 1:50.000, Progetto CARG).

È possibile sintetizzare la stratigrafia del sondaggio nelle seguenti unità:

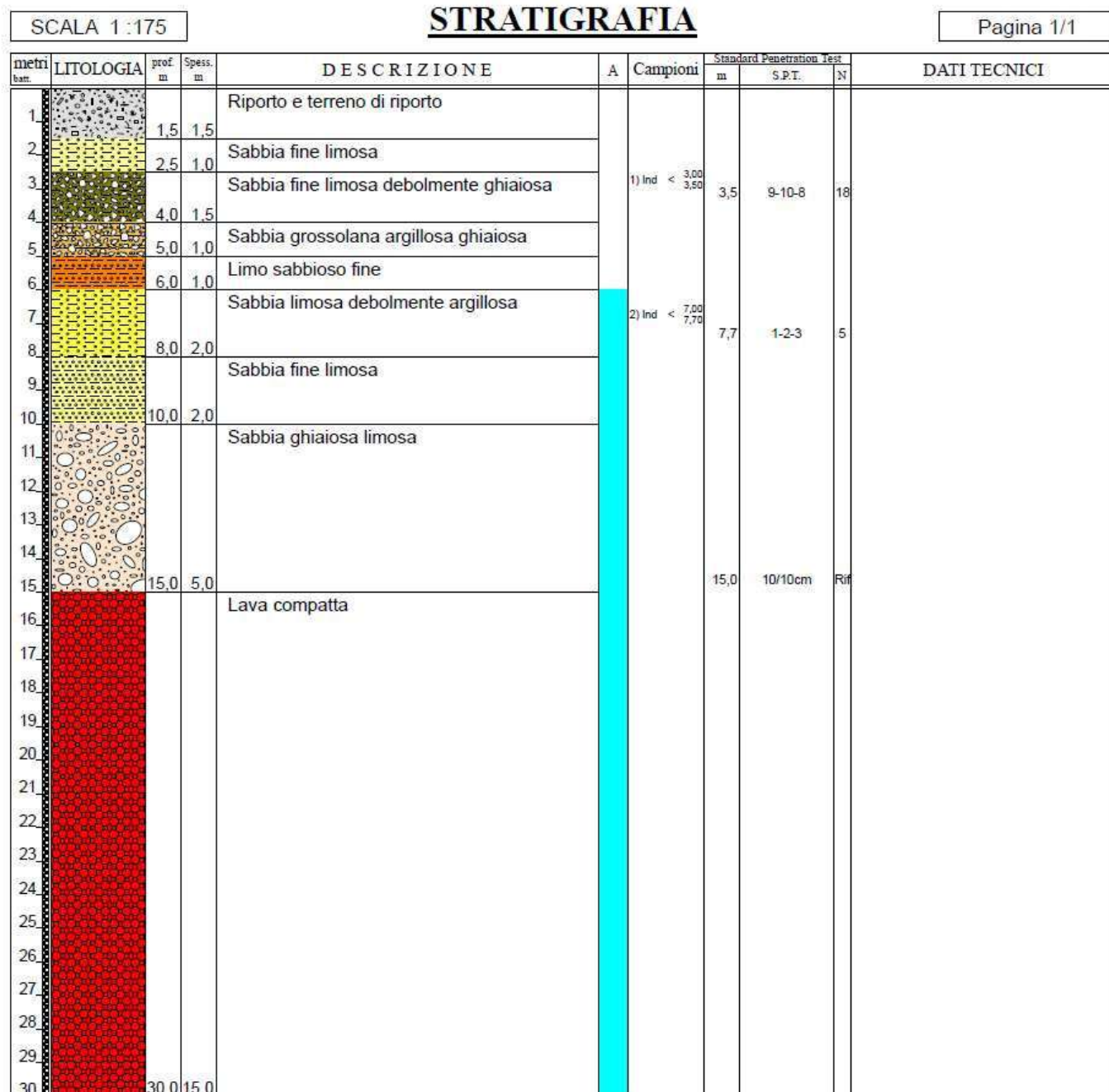


Fig. 6.4 – Colonna stratigrafica risultante per SI_DH

Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli

Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

La stratigrafia risultante è la seguente:

- (0.00 – 1.50) Riporto e terreno di riporto;
- (1.50 – 2.50) Sabbia fine limosa;
- (2.50 – 4.00) Sabbia fine limosa debolmente ghiaiosa;
- (4.00 – 5.00) Sabbia grossolana argillosa ghiosa;
- (5.00 – 6.00) Limo sabbioso fine;
- (6.00 – 8.00) Sabbia limosa debolmente argillosa;
- (8.00 – 10.00) Sabbia fine limosa;
- (10.00 – 15.00) Sabbia ghiaiosa limosa;
- (15.00 – 30.00) Lava compatta.

La falda è stata rinvenuta ad una profondità di 6.00 metri dal p.c.



Fig. 6.5 – Cassetta catalogatrice rappresentativa dei primi 5 m di sottosuolo.

Dott. Geol. Fabio Lombardi

L.F. Geologia

Via Augusto de Martino, 10, Napoli

Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com



Fig. 6.6 – Cassetta catalogatrice rappresentativa dell'intervallo dai 5 ai 10 metri dal p.c.



Fig. 6.7 – Cassetta catalogatrice rappresentativa dell'intervallo dai 10 ai 15 metri dal p.c.

Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli

Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com



Fig. 6.8 – Cassetta catalogatrice rappresentativa dell'intervallo dai 15 ai 20 metri dal p.c.



Fig. 6.9 – Cassetta catalogatrice rappresentativa dell'intervallo dai 20 ai 25 metri dal p.c.



Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli

Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com



Fig. 6.10 – Cassetta catalogatrice rappresentativa dell'intervallo dai 25 ai 30 metri dal p.c.

Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli

Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

6.2 Standard Penetration Test (SPT)

La prova SPT (figura 6.11) si esegue durante la perforazione. Consiste nel registrare il numero di colpi necessari per far penetrare di 45 cm nel terreno a fondo foro un tubo campionario di dimensioni standard, collegato alla superficie mediante batteria di aste in testa alle quali agisce un maglio del peso di 63.5 kg che cade liberamente da un'altezza di 0.76 m.

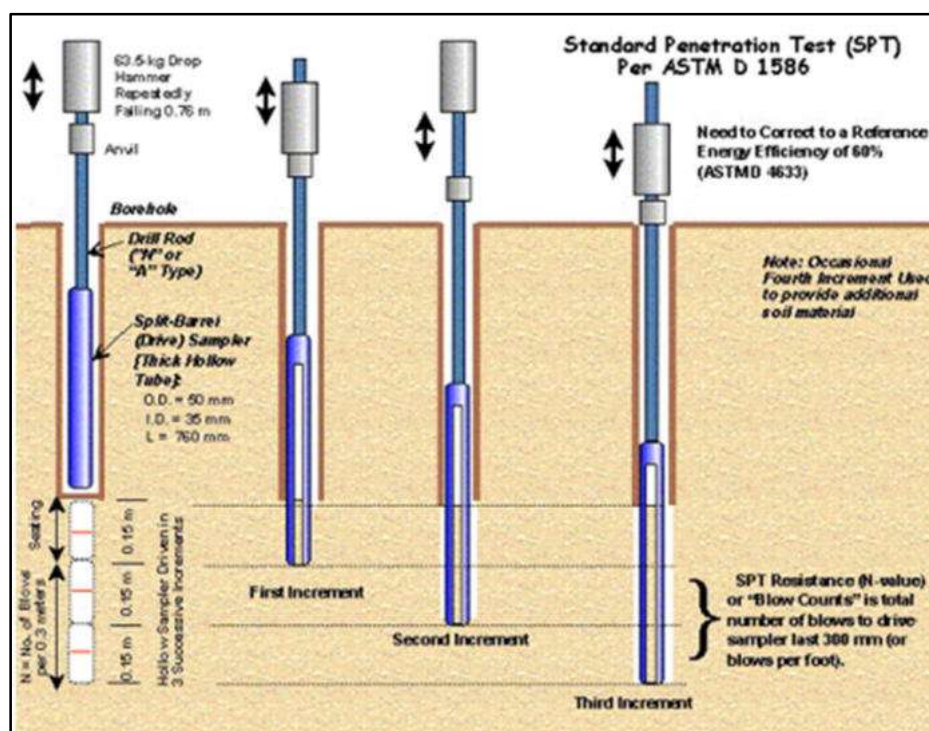


Figura 6.11 Schema della prova S.P.T.

Durante la prova si misura:

N_1 = numero di colpi di maglio necessari a provocare l'avanzamento del campionario per i primi 15 cm, assunti come tratto di "avviamento";

N_2 = numero di colpi che provoca la penetrazione del campionario nei successivi 15 cm;

N_3 = numero di colpi necessari per gli ultimi 15 cm di avanzamento.

Si assume come resistenza alla penetrazione il valore:

$$N_{SPT} = N_2 + N_3$$

Si utilizzano le seguenti attrezzature standard:



Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli

Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

- Aste d'infissione del diametro esterno 50 mm e peso di 7 kg/m;
- Testa di battuta di acciaio avvitata sulle aste;
- Maglio di acciaio di 63.5 kg;
- Dispositivo automatico che consente la caduta del maglio da un'altezza di 0.76 m;
- Centratore di guida per le aste fra la testa di battuta e il piano campagna.
- Carotiere munito di una punta conica di diametro 51 mm, angolo 60°.

Vi sono numerose correlazioni tra la resistenza alla penetrazione (N_{SPT}) e i parametri geotecnici dei terreni sia granulari che coesivi:

➤ TERRENI GRANULARI

Le correlazioni ritenute più attendibili tra la resistenza alla penetrazione (N_{SPT}) ed alcuni parametri geotecnici sono le seguenti:

1) Correlazione di Gibbs-Holtz

Permette di determinare la densità relativa dei terreni granulari mediante la relazione tra la resistenza alla penetrazione e la pressione verticale efficace.

2) Correlazione di De Mello

Permette di ricavare l'angolo di attrito in funzione dello sforzo verticale efficace.

3) Le correlazioni di Schmertmann

Pongono in relazione l'angolo di attrito efficace con la densità relativa in funzione di differenti granulometrie, utilizzando sia i valori della densità relativa D_r elaborati con il metodo di *Gibbs-Hotz* che con il metodo di *Terzaghi-Pech-Skempon*.

$$f = 28 + 0.14 \cdot D_r$$

$$f = 31.5 + 0.115 \cdot D_r$$

$$f = 34.5 + 0.10 \cdot D_r$$

$$f = 38 + 0.08 \cdot D_r$$

4) **Correlazioni tra la resistenza alla penetrazione N_{SPT} e la compressibilità**

I metodi si dividono in due gruppi.

Il primo gruppo collega il valore della resistenza penetrometrica dinamica al cedimento; questo comprende il metodo di *Terzaghi e Peck*, di *Meyerhof* e di *Peck-Bazaraa*.



Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli
Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

Il secondo gruppo si basa su correlazioni empiriche tra N_{SPT} ed il modulo di deformazione delle sabbie; il gruppo comprende il metodo di *Alpan, di D'Apollonia, di Parry*.

Dal confronto dei cedimenti calcolati con i vari metodi e dei cedimenti reali misurati in America da *Peck (1948) – Bazaara (1967) – Baker (1965), Parry (1971)* sembra che il metodo di Parry risulti più attendibile, mentre i metodi più sperimentati sono quelli di *Meyerhof, Peck-Bazaraa, Alpan e di Burland-Burbidge (1984)*.



Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli
Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

6.2.1 Risultati Prova SPT (S2)

Le prove SPT eseguite sono 2 in totale, e sono riassunti nella seguente tabella 2:

ID SONDAGGIO	ID SPT	PROFONDITÀ (m dal p.c.)	Nr. COLPI	Nspt	TIPO DI PUNTA	Litologia
S01_DH	SPT_1	3.50 m	5 - 2 - 2	4	Punta Conica Chiusa	Terreno e Riporto
	SPT_2	7.70 m	4 - 4 - 5	9	Punta Conica Chiusa	Terreno e Riporto
	SPT_3	15	10/Rif.	Rif.	Punta Conica Chiusa	Sabbia ghiaiosa/lava compatta

Tab. 2 Dettagli delle prove S.P.T.

**Dott. Geol. Fabio Lombardi**

Via Augusto de Martino, 10, Napoli

Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

PROVA ...SPT_S1_DH

Strumento utilizzato...PROVE SPT IN FORO

Prova eseguita in data 06/02/2023

Falda rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi
3.65	9
3.80	10
3.95	8
7.85	1
8.00	2
8.15	3

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA SPT_S1**TERRENI COESIVI****Coesione non drenata (Kg/cm²)**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terzaghi-Peck	Sanglerat
Sabbia limosa debolmente ghiaiosa	18	3.95	1.22	1.34
Sabbia limosa debolmente argillosa	5	8.15	0.31	0.44

TERRENI INCOERENTI**Densita' relativa**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Skempton 1986
Sabbia limosa debolmente ghiaiosa	18	3.95	57.10
Sabbia limosa debolmente argillosa	5	8.15	24.80

**Dott. Geol. Fabio Lombardi**

Via Augusto de Martino, 10, Napoli

Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

Angolo di resistenza al taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Sowers (1961)	Japanese National Railway
Sabbia limosa debolmente ghiaiosa	18	3.95	32.14	30.90	31.40
Sabbia limosa debolmente argillosa	5	8.15	28.43	29.4	28.5

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Schmertmann (1978) (Sabbie)
Sabbia limosa debolmente ghiaiosa	18	3.95	140.00
Sabbia limosa debolmente argillosa	5	8.15	40.00

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Farrent 1963
Sabbia limosa debolmente ghiaiosa	18	3.95	18	80.80
Sabbia limosa debolmente argillosa	5	8.15	5	37.50

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Sabbia limosa debolmente ghiaiosa	18	3.95	18	Classificazione A.G.I	Moderatamente addensato
Sabbia limosa debolmente argillosa	5	8.15	5	Classificazione A.G.I	Poco addensato



Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli

Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

Peso unita' di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso Unita' di Volume (t/m ³)
Sabbia limosa debolmente ghiaiosa	18	3.95	Terzaghi-Peck 1948	1.57
Sabbia limosa debolmente argillosa	5	8.15	Terzaghi-Peck 1948	1.41

Peso unita' di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso Unita' Volume Saturo (t/m ³)
[1] - Sabbia limosa debolmente ghiaiosa	18	3.95	Terzaghi-Peck 1948	1.98
[2] - Sabbia limosa debolmente argillosa	5	8.15	Terzaghi-Peck 1948	1.88

Modulo di Poisson

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Sabbia limosa debolmente ghiaiosa	18	3.95	18	(A.G.I.)	0.32
Sabbia limosa debolmente argillosa	5	8.15	5	(A.G.I.)	0.34

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
Sabbia limosa debolmente ghiaiosa	18	3.95	730.94
Sabbia limosa debolmente argillosa	5	8.15	334.18

Coefficiente spinta a Riposo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	K0
Sabbia limosa debolmente ghiaiosa	18	3.95	18	Navfac 1971-1982	2.69
Sabbia limosa debolmente argillosa	5	8.15	5	Navfac 1971-1982	0.90

**Dott. Geol. Fabio Lombardi**

Via Augusto de Martino, 10, Napoli

Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com**Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
Sabbia limosa debolmente ghiaiosa	18	3.95	Robertson 1983	36.00
Sabbia limosa debolmente argillosa	5	8.15	Robertson 1983	10.00

Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli

Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

6.3 PROVA PENETROMETRICA DPSH

La prova penetrometrica dinamica DPSH (Dynamic Probing Super Heavy) consiste nella misura della resistenza alla penetrazione di una punta conica di dimensioni standard, infissa per battitura nel terreno, per mezzo di un idoneo dispositivo di percussione. Viene registrato il numero di colpi necessari per l'infissione ogni 20 cm di affondamento. L'attrezzatura è composta da una batteria di aste lunghe 1 metro, con diametro di 32 mm, alla cui estremità inferiore è collegata una punta conica avente angolo di apertura di 60° e da un maglio battente di 63.5 kg che viene fatto cadere da un'altezza di 75 cm

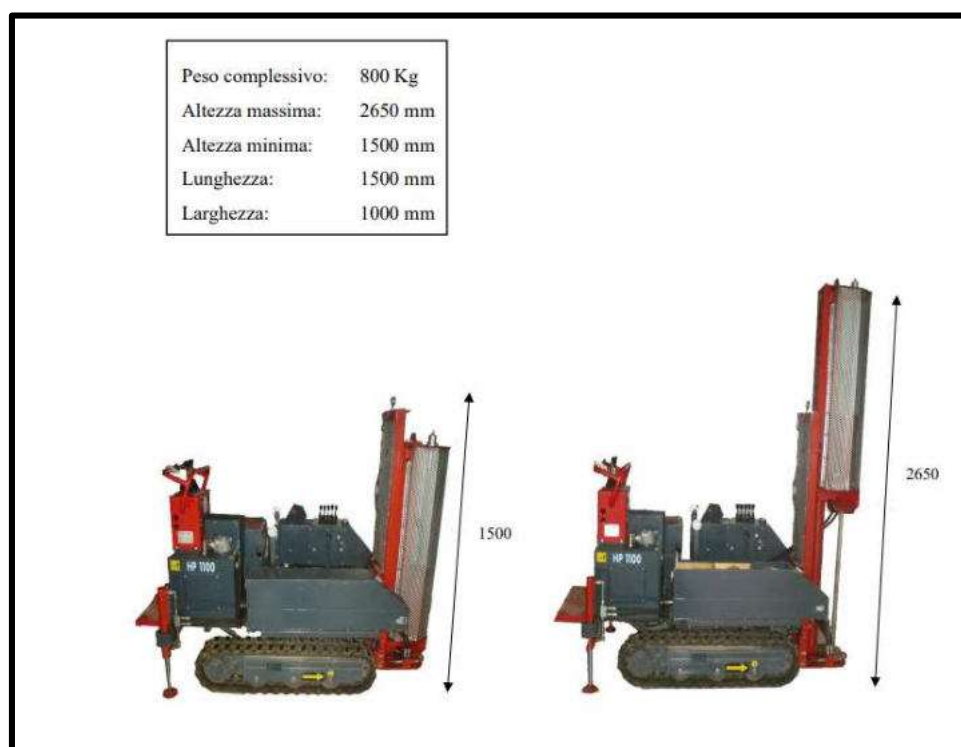


Figura 6.12. – Penetrometro DPSH

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infingere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi di) 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



Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli
Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

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 a);
- avanzamento (penetrazione) d ;
- 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).**

**Dott. Geol. Fabio Lombardi**

Via Augusto de Martino, 10, Napoli
Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici:

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

Tabella 3 – Penetrometro DPSH

➤ Penetrometri in uso in Italia

In Italia risultano attualmente in uso i seguenti tipi di penetrometri dinamici (non rientranti però nello Standard ISSMFE):

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-30) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)
massa battente $M = 30$ kg, altezza di caduta $H = 0.20$ m, avanzamento $d = 10$ cm, punta conica ($\alpha=60-90^\circ$), diametro $D = 35.7$ mm, area base cono $A=10$ cm² rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;
- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-20) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)
massa battente $M = 20$ kg, altezza di caduta $H=0.20$ m, avanzamento $d = 10$ cm, punta conica
($\alpha= 60-90^\circ$), diametro $D = 35.7$ mm, area base cono $A=10$ cm² rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;
- DINAMICO PESANTE ITALIANO (SUPERPESANTE secondo la classifica ISSMFE)
massa battente $M = 73$ kg, altezza di caduta $H=0.75$ m, avanzamento $d=30$ cm, punta conica



Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli
Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

($a = 60^\circ$), diametro $D = 50.8$ mm, area base cono $A=20.27$ cm² rivestimento: previsto secondo precise indicazioni;

- DINAMICO SUPERPESANTE (Tipo EMILIA)

massa battente $M=63.5$ kg, altezza caduta $H=0.75$ m, avanzamento $d=20-30$ cm, punta conica ($a = 60^\circ-90^\circ$) diametro $D = 50.5$ mm, area base cono $A = 20$ cm², rivestimento / fango bentonitico : talora previsto.

➤ Correlazione con N_{spt}

Poiché la prova penetrometrica standard (SPT) rappresenta, ad oggi, uno dei mezzi più diffusi ed economici per ricavare informazioni dal sottosuolo, la maggior parte delle correlazioni esistenti riguardano i valori del numero di colpi N_{spt} ottenuto con la suddetta prova, pertanto si presenta la necessità di rapportare il numero di colpi di una prova dinamica con N_{spt} . Il passaggio viene dato da:

$$N_{SPT} = \beta_t \cdot N$$

Dove:

$$\beta_t = \frac{Q}{Q_{SPT}}$$

in cui Q è l'energia specifica per colpo e Q_{spt} è quella riferita alla prova SPT.

L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

$$Q = \frac{M^2 \cdot H}{A \cdot \delta \cdot (M + M')}$$

in cui

- M peso massa battente.
- M' peso aste.
- H altezza di caduta.
- A area base punta conica.
- d passo di avanzamento.



Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli
Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

Valutazione resistenza dinamica alla punta Rpd

Formula Olandesi

$$R_{pd} = \frac{M^2 \cdot H}{[A \cdot e \cdot (M + P)]} = \frac{M^2 \cdot H \cdot N}{[A \cdot \delta \cdot (M + P)]}$$

- Rpd resistenza dinamica punta (area A).
- e infissione media per colpo (d/ N).
- M peso massa battente (altezza caduta H).
- P peso totale aste e sistema battuta.

Calcolo di (N 1)60

(N1)60 è il numero di colpi normalizzato definito come segue:

$$(N_1)_{60} = CN \cdot N_{60} \text{ con } CN = \sqrt{\frac{Pa^n}{\sigma_{vo}}} \quad CN < 1.7 \quad Pa = 101.32 \text{ kPa} \quad (\text{Liao e Whitman 1986})$$

$$N_{60} = N_{SPT} \cdot (ER/60) \cdot C_s \cdot C_r \cdot C_d$$

- ER/60 rendimento del sistema di infissione normalizzato al 60%.
- Cs parametro funzione della controcamicia (1.2 se assente).
- Cd funzione del diametro del foro (1 se compreso tra 65-115mm).
- Cr parametro di correzione funzione della lunghezza delle aste.

➤ Metodologia di Elaborazione e correlazioni effettuate

Le elaborazioni sono state effettuate mediante un programma di calcolo automatico Dynamic Probing della GeoStru Software. Gli autori presi come riferimento sono citati nelle tabelle inerenti alla prova e interessano la granulometria osservate nei sondaggi. I terreni sono stati trattati come incoerenti.

Le correlazioni utilizzate sono le seguenti:

**Dott. Geol. Fabio Lombardi**

Via Augusto de Martino, 10, Napoli
Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

Elaborazione Statistica

Permette l'elaborazione statistica dei dati numerici di Dynamic Probing, utilizzando nel calcolo dei valori rappresentativi dello strato considerato un valore inferiore o maggiore della media aritmetica dello strato (dato comunque maggiormente utilizzato); i valori possibili in immissione sono :

Media

Media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Correzione N_{spt} in presenza di falda

$$N_{spt\ corretto} = 15 + 0.5 \cdot (N_{spt} - 15)$$

N_{spt} è il valore medio nello strato

La correzione viene applicata in presenza di falda solo se il numero di colpi è maggiore di 15 (la correzione viene eseguita se tutto lo strato è in falda).

Angolo di Attrito

- Sowers (1961)- Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. < 4 m. sopra falda e < 7 m per terreni in falda) □ >5 t/mq.
- Shioi-Fukuni (1982) - JAPANESE NATIONALE RAILWAY, Angolo di attrito valido per sabbie medie e grossolane fino a ghiaiose.

Densità relativa (%)

- Skempton (1986) elaborazione valida per limi e sabbie e sabbie da fini a grossolane NC a qualunque pressione efficace, per ghiaie il valore di D_r % viene sovrastimato, per limi sottostimato.

Modulo Di Young (E_y)

- Schmertmann (1978), correlazione valida per vari tipi litologici .

Modulo Edometrico

**Dott. Geol. Fabio Lombardi**

Via Augusto de Martino, 10, Napoli
Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

- Farrent (1963) valida per sabbie, talora anche per sabbie con ghiaia (da modifica sperimentale di dati).

Stato di consistenza

- Classificazione A.G.I. 1977

Peso di Volume

- Meyerhof ed altri, valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.

Peso di volume saturo

- Terzaghi-Peck (1948-1967)

Modulo di poisson

- Classificazione A.G.I.

Modulo di deformazione di taglio (G)

- Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982) elaborazione valida soprattutto per sabbie e per tensioni litostatiche comprese tra 0,5 - 4,0 kg/cmq.

Modulo di reazione (K_o)

- Navfac (1971-1982) - elaborazione valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.

Resistenza alla punta del Penetrometro Statico (Q_c)

- Robertson (1983) - Q_c

Correlazioni geotecniche terreni coesivi



Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli

Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

Coesione non drenata

- Terzaghi-Peck (1948-1967), correlazione valida per argille sabbiose-siltose NC con $N_{spt} < 8$, argille limose-siltose mediamente plastiche, argille marnose alterate-fessurate.
- Sanglerat, (per argille limose-sabbiose poco coerenti), valori validi per resistenze penetrometriche < 10 colpi, per resistenze penetrometriche > 10 l'elaborazione valida è comunque quella delle "argille plastiche" di Sanglerat.



Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli

Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

6.3.1. Risultati Prova Penetrometrica – DPSH_1

La prova DPSH_1 è stata effettuata nelle vicinanze di S1_DH, ed è andata a rifiuto alla profondità di 14.60 m:

Nome	Data	Profondità (m)	Ubicazione
DPSH_1	20/01/2023	14.60	40.75061 N 14.516182 E

Tabella 4 – Indagini Penetrometriche DPSH_1



Figura 6.13 Foto di campo della prova DPSH_1

Di seguito viene riportata la foto della prova DPSH_1 (Fig.6.14):



Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli

Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com



Figura 6.14 – Foto di campo delle Indagini Penetrometriche DPSH_1

Di seguito sono mostrati il numero di colpi per le DPSH_1, e successivamente i parametri geomeccanici stimati; la penetrometrica si è spinta fino ad una profondità di 14.60.

In figura 6.15 i risultati della prova in forma grafica.



Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli

Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

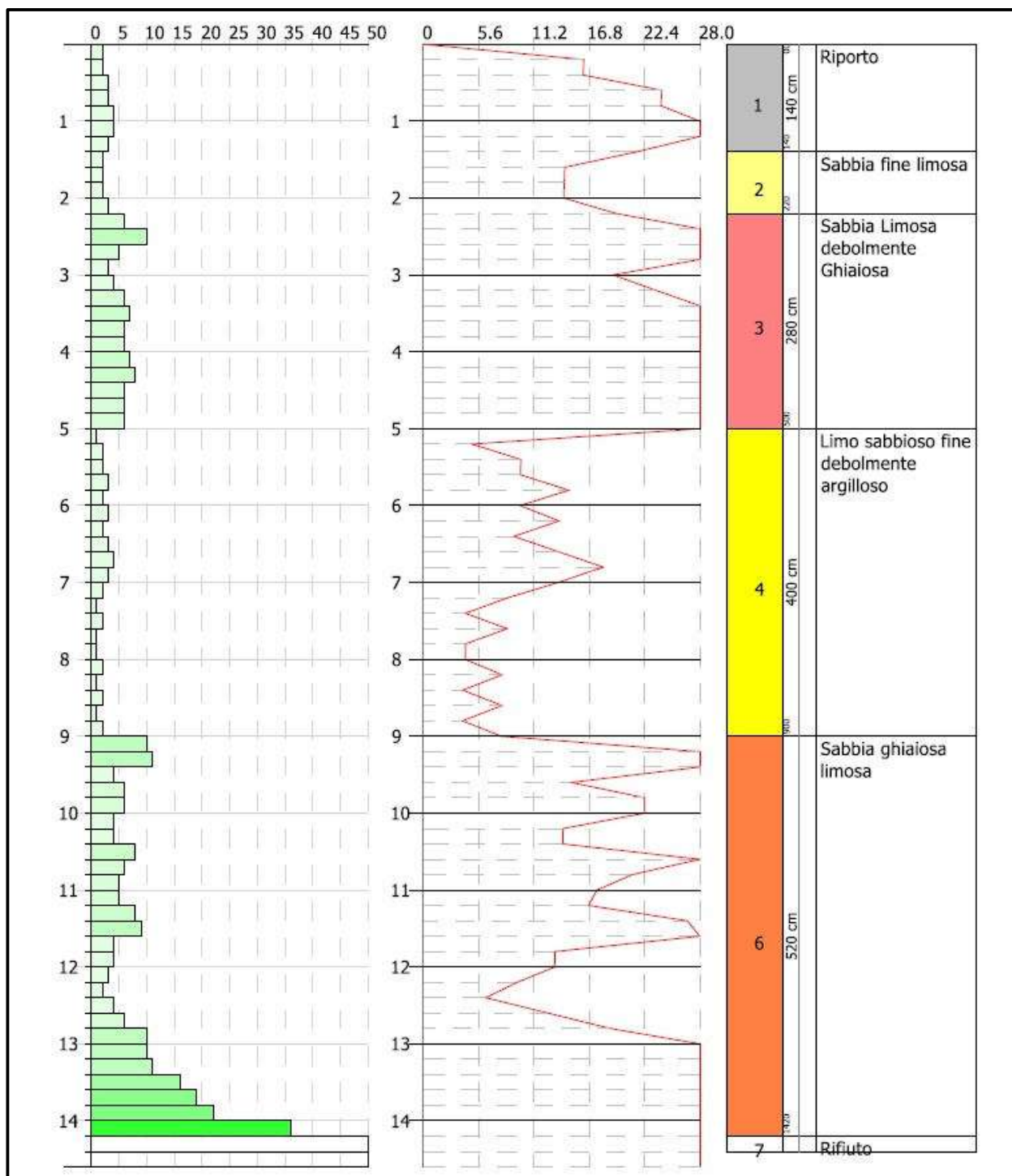


Figura 6.15 – Risultati Penetrometrica DPSH_1

La stratigrafia risultante risulta essere:

(0.00 – 1.40) – Riporto;

(1.40 – 2.20) – Sabbia fine limosa;

(2.20 – 5.00) – Sabbia limosa debolmente ghiaiosa;



Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli

Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

(5.00 – 9.00) – Limo sabbioso fine debolmente argilloso;

(5.50 – 14.40) – Sabbia ghiaiosa limosa.

**Dott. Geol. Fabio Lombardi**

Via Augusto de Martino, 10, Napoli

Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

PROVA ... DPSH_1

Strumento utilizzato...DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

Prova eseguita in data 31-01-2023

Profondita' prova 14.60 mt

Falda rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0.20	2	0.855	16.26	19.02	0.81	0.95
0.40	2	0.851	16.18	19.02	0.81	0.95
0.60	3	0.847	24.17	28.53	1.21	1.43
0.80	3	0.843	24.06	28.53	1.20	1.43
1.00	4	0.840	31.94	38.04	1.60	1.90
1.20	4	0.836	28.90	34.56	1.45	1.73
1.40	3	0.833	21.59	25.92	1.08	1.30
1.60	2	0.830	14.34	17.28	0.72	0.86
1.80	2	0.826	14.28	17.28	0.71	0.86
2.00	2	0.823	14.23	17.28	0.71	0.86
2.20	3	0.820	19.48	23.75	0.97	1.19
2.40	6	0.817	38.81	47.50	1.94	2.38
2.60	10	0.814	64.46	79.17	3.22	3.96
2.80	5	0.811	32.12	39.58	1.61	1.98
3.00	3	0.809	19.21	23.75	0.96	1.19
3.20	4	0.806	23.55	29.22	1.18	1.46
3.40	6	0.803	35.21	43.83	1.76	2.19
3.60	7	0.801	40.95	51.13	2.05	2.56
3.80	6	0.798	34.99	43.83	1.75	2.19
4.00	6	0.796	34.89	43.83	1.74	2.19
4.20	7	0.794	37.67	47.46	1.88	2.37
4.40	8	0.791	42.93	54.25	2.15	2.71
4.60	6	0.789	32.11	40.68	1.61	2.03
4.80	6	0.787	32.02	40.68	1.60	2.03
5.00	6	0.785	31.94	40.68	1.60	2.03
5.20	1	0.783	4.95	6.33	0.25	0.32
5.40	2	0.781	9.88	12.65	0.49	0.63
5.60	2	0.779	9.86	12.65	0.49	0.63
5.80	3	0.777	14.75	18.98	0.74	0.95
6.00	2	0.775	9.81	12.65	0.49	0.63
6.20	3	0.774	13.76	17.79	0.69	0.89
6.40	2	0.772	9.16	11.86	0.46	0.59
6.60	3	0.770	13.70	17.79	0.69	0.89
6.80	4	0.769	18.23	23.72	0.91	1.19
7.00	3	0.767	13.65	17.79	0.68	0.89
7.20	2	0.766	8.54	11.16	0.43	0.56
7.40	1	0.764	4.26	5.58	0.21	0.28
7.60	2	0.763	8.51	11.16	0.43	0.56

**Dott. Geol. Fabio Lombardi****L.F. Geologia**

Via Augusto de Martino, 10, Napoli

Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

7.80	1	0.761	4.25	5.58	0.21	0.28
8.00	1	0.760	4.24	5.58	0.21	0.28
8.20	2	0.759	7.99	10.54	0.40	0.53
8.40	1	0.757	3.99	5.27	0.20	0.26
8.60	2	0.756	7.97	10.54	0.40	0.53
8.80	1	0.755	3.98	5.27	0.20	0.26
9.00	2	0.753	7.94	10.54	0.40	0.53
9.20	10	0.752	37.54	49.90	1.88	2.50
9.40	11	0.751	41.23	54.89	2.06	2.74
9.60	4	0.750	14.97	19.96	0.75	1.00
9.80	6	0.749	22.42	29.94	1.12	1.50
10.00	6	0.748	22.39	29.94	1.12	1.50
10.20	4	0.747	14.16	18.96	0.71	0.95
10.40	4	0.746	14.14	18.96	0.71	0.95
10.60	8	0.744	28.23	37.92	1.41	1.90
10.80	6	0.743	21.14	28.44	1.06	1.42
11.00	5	0.742	17.59	23.70	0.88	1.19
11.20	5	0.741	16.73	22.57	0.84	1.13
11.40	8	0.740	26.73	36.11	1.34	1.81
11.60	9	0.739	30.03	40.62	1.50	2.03
11.80	4	0.738	13.33	18.05	0.67	0.90
12.00	4	0.737	13.31	18.05	0.67	0.90
12.20	3	0.736	9.51	12.92	0.48	0.65
12.40	2	0.735	6.33	8.62	0.32	0.43
12.60	4	0.734	12.65	17.23	0.63	0.86
12.80	6	0.733	18.95	25.85	0.95	1.29
13.00	10	0.732	31.54	43.08	1.58	2.15
13.20	10	0.731	30.12	41.20	1.51	2.06
13.40	11	0.730	33.09	45.32	1.65	2.27
13.60	16	0.679	44.76	65.92	2.24	3.30
13.80	19	0.678	53.07	78.28	2.65	3.91
14.00	22	0.627	56.82	90.64	2.84	4.53
14.20	36	0.576	81.83	142.13	4.09	7.11
14.40	50	0.525	103.56	197.40	5.18	9.87
14.60	60	0.523	124.00	236.88	6.20	11.84

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPSH_1**TERRENI COESIVI****Coesione non drenata (Kg/cm²)**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terzaghi-Peck	Sanglerat
Sabbia fine limosa	3.42	2.20	0.36	0.42
Sabbia Limosa debolmente Ghiaiosa	9.34	5.00	0.90	1.10
Sabbia fine limosa debolmente argillosa	3.04	9.00	0.31	0.36
Sabbia ghiaiosa limosa	13.63	14.20	1.11	1.50

**Dott. Geol. Fabio Lombardi**

Via Augusto de Martino, 10, Napoli

Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

TERRENI INCOERENTI**Densità relativa**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Skempton 1986
Riporto	4.56	1.40	39.00
Sabbia fine limosa	3.42	2.20	28.50
Sabbia Limosa debolmente Ghiaiosa	9.34	5.00	48.00.
Sabbia fine limosa debolmente argillosa	3.04	9.00	27.00
Sabbia ghiaiosa limosa	13.63	14.20	39.00

Angolo di resistenza al taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Sowers (1961)	Japanese National Railway
Riporto	4.56	1.40	27.70	28.30
Sabbia fine limosa	3.42	2.20	26.60	28.00
Sabbia Limosa debolmente Ghiaiosa	9.34	5.00	29.10	29.80
Sabbia fine limosa debolmente argillosa	3.04	9.00	29.10	27.90
Sabbia ghiaiosa limosa	13.63	14.20	31.50	31.00

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Schmertmann (1978) (Sabbie)
Riporto	4.56	1.40	40.40
Sabbia fine limosa	3.42	2.20	30.30
Sabbia Limosa debolmente Ghiaiosa	9.34	5.00	80.70
Sabbia fine limosa debolmente argillosa	3.04	9.00	28.30
Sabbia ghiaiosa limosa	13.63	14.20	120.10

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Farrent 1963
Riporto	4.56	1.40	42.30
Sabbia fine limosa	3.42	2.20	37.10
Sabbia Limosa debolmente Ghiaiosa	9.34	5.00	64.10
Sabbia fine limosa debolmente argillosa	3.04	9.00	35.50



Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli

Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

Sabbia ghiaiosa limosa	13.63	14.20	85.70
------------------------	-------	-------	-------

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione AGI
Riporto	4.56	1.40	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
Sabbia fine limosa	3.42	2.20	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
Sabbia Limosa debolmente Ghiaiosa	9.34	5.00	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
Sabbia fine limosa debolmente argillosa	3.04	9.00	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
Sabbia ghiaiosa limosa	13.63	14.20	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO

Peso unita' di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso Unita' di Volume (t/m ³)
Riporto	4.56	1.40	Terzaghi-Peck 1948	1.41
Sabbia fine limosa	3.42	2.20	Terzaghi-Peck 1948	1.38
Sabbia Limosa debolmente Ghiaiosa	9.34	5.00	Terzaghi-Peck 1948	1.48
Sabbia fine limosa debolmente argillosa	3.04	9.00	Terzaghi-Peck 1948	1.40
Sabbia ghiaiosa limosa	13.63	14.20	Terzaghi-Peck 1948	1.53

Peso unita' di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso Unita' Volume Saturo (t/m ³)
Riporto	4.56	1.40	Terzaghi-Peck 1948	1.88
Sabbia fine limosa	3.42	2.20	Terzaghi-Peck 1948	1.87
Sabbia Limosa debolmente Ghiaiosa	9.34	5.00	Terzaghi-Peck 1948	1.91
Sabbia fine limosa debolmente argillosa	3.04	9.00	Terzaghi-Peck 1948	1.86
Sabbia ghiaiosa limosa	13.63	14.20	Terzaghi-Peck 1948	1.95

Modulo di Poisson

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Riporto	4.56	1.40	4.56	(A.G.I.)	0.34
Sabbia fine limosa	3.42	2.20	3.42	(A.G.I.)	0.35
Sabbia Limosa debolmente Ghiaiosa	9.34	5.00	9.34	(A.G.I.)	0.34
Sabbia fine limosa	3.04	9.00	3.04	(A.G.I.)	0.35



Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli

Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

debolmente argillosa					
Sabbia ghiaiosa limosa	13.63	14.20	13.63	(A.G.I.)	0.33

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
Riporto	4.56	1.40	292.00
Sabbia fine limosa	3.42	2.20	235.90
Sabbia Limosa debolmente Ghiaiosa	9.34	5.00	510.20
Sabbia fine limosa debolmente argillosa	3.04	9.00	215.60
Sabbia ghiaiosa limosa	13.63	14.20	688.70

Coefficiente spinta a Riposo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	K0
Riporto	4.56	1.40	Navfac 1971-1982	0.88
Sabbia fine limosa	3.42	2.20	Navfac 1971-1982	0.61
Sabbia Limosa debolmente Ghiaiosa	9.34	5.00	Navfac 1971-1982	1.96
Sabbia fine limosa debolmente argillosa	3.04	9.00	Navfac 1971-1982	0.52
Sabbia ghiaiosa limosa	13.63	14.20	Navfac 1971-1982	2.85

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
Riporto	4.56	1.40	Robertson 1983	9.10
Sabbia fine limosa	3.42	2.20	Robertson 1983	6.80
Sabbia Limosa debolmente Ghiaiosa	9.34	5.00	Robertson 1983	18.60
Sabbia fine limosa debolmente argillosa	3.04	9.00	Robertson 1983	6.00
Sabbia ghiaiosa limosa	13.63	14.20	Robertson 1983	27.20



Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli

Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

6.3.2. Risultati Prova Penetrometrica – DPSH_2

La prova DPSH_2 è stata effettuata nell'altra estremità dell'edificio rispetto a S1_DH (Figura 6.16), ed è andata a rifiuto alla profondità di 14.60 m:

Nome	Data	Profondità (m)	Ubicazione
DPSH_2	20/01/2023	14.60	40.750850 N 14.516569 E

Tabella 5 – Indagini Penetrometriche DPSH_2



Figura 6.16. Ubicazione della prova DPSH_2

Di seguito viene riportata le foto della prova DPSH_2 (Fig.6.17):



Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli

Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com



Figura 6.18 – Foto di campo delle Indagini Penetrometriche DPSH_2

Di seguito sono mostrati il numero di colpi per le DPSH_2, e successivamente i parametri geomeccanici stimati; la penetrometrica si è spinta fino ad una profondità di rifiuto di 14.60.

In figura 7.40 i risultati della prova in forma grafica.



Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli

Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

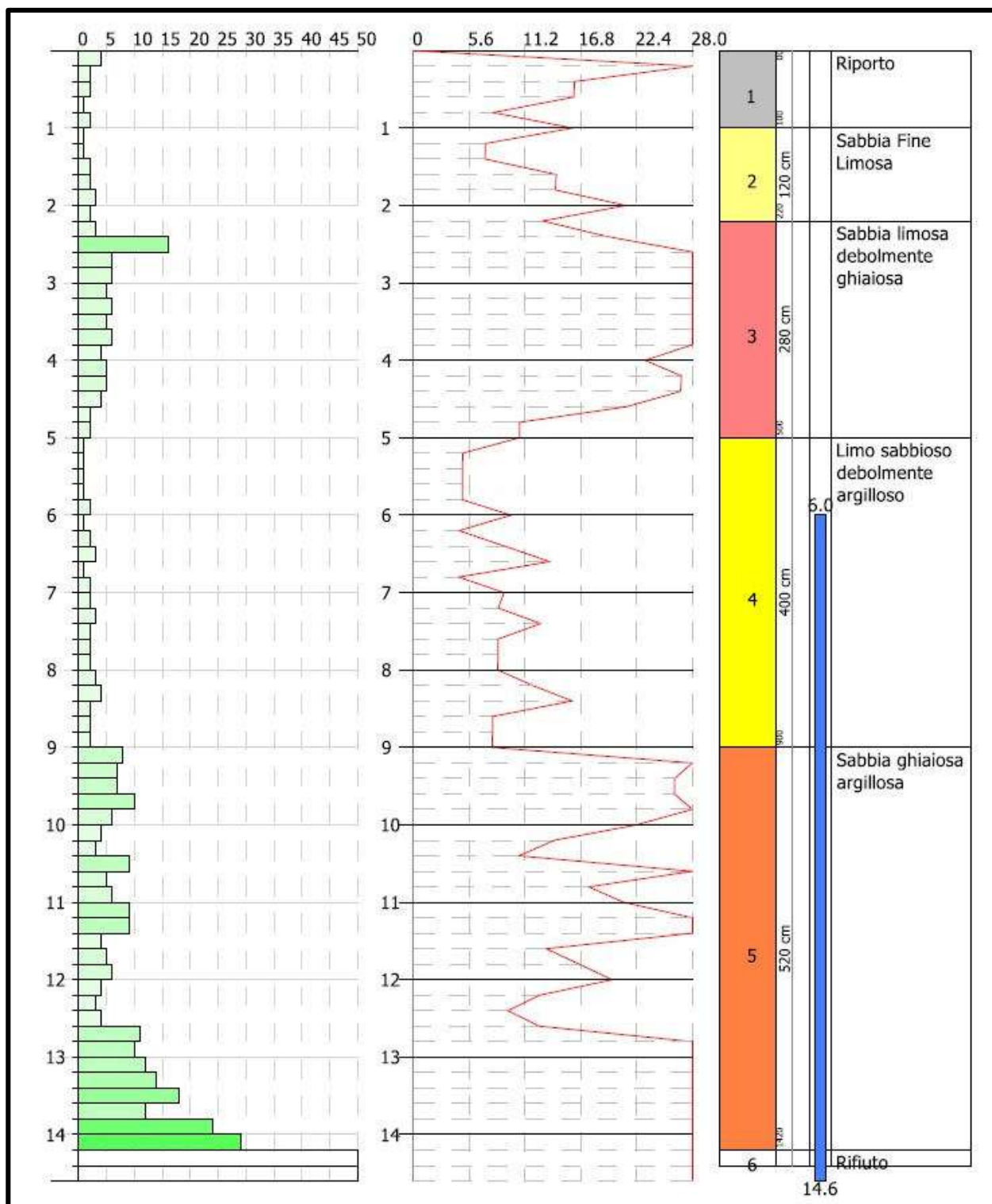


Figura 6.17 – Risultati Penetrometrica DPSH_2

La stratigrafia risultante risulta essere:

(0.00 – 1.00) – Ripporto;

**Dott. Geol. Fabio Lombardi**

Via Augusto de Martino, 10, Napoli

Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

- (1.00 – 2.20) – Sabbia fine limosa;
 (2.20 – 5.00) – Sabbia limosa debolmente ghiaiosa;
 (5.00 – 9.00) – Limo sabbioso fine debolmente argilloso;
 (5.50 – 14.40) – Sabbia ghiaiosa limosa.

PROVA ... DPSH_1

Strumento utilizzato...DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

Prova eseguita in data 31-01-2023

Profondita' prova 14.60 mt

Falda rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0.20	4	0.855	32.51	38.04	1.63	1.90
0.40	2	0.851	16.18	19.02	0.81	0.95
0.60	2	0.847	16.11	19.02	0.81	0.95
0.80	1	0.843	8.02	9.51	0.40	0.48
1.00	2	0.840	15.97	19.02	0.80	0.95
1.20	1	0.836	7.23	8.64	0.36	0.43
1.40	1	0.833	7.20	8.64	0.36	0.43
1.60	2	0.830	14.34	17.28	0.72	0.86
1.80	2	0.826	14.28	17.28	0.71	0.86
2.00	3	0.823	21.34	25.92	1.07	1.30
2.20	2	0.820	12.99	15.83	0.65	0.79
2.40	3	0.817	19.41	23.75	0.97	1.19
2.60	16	0.764	96.80	126.67	4.84	6.33
2.80	6	0.811	38.54	47.50	1.93	2.38
3.00	6	0.809	38.41	47.50	1.92	2.38
3.20	5	0.806	29.44	36.52	1.47	1.83
3.40	6	0.803	35.21	43.83	1.76	2.19
3.60	5	0.801	29.25	36.52	1.46	1.83
3.80	6	0.798	34.99	43.83	1.75	2.19
4.00	4	0.796	23.26	29.22	1.16	1.46
4.20	5	0.794	26.91	33.90	1.35	1.70
4.40	5	0.791	26.83	33.90	1.34	1.70
4.60	4	0.789	21.41	27.12	1.07	1.36
4.80	2	0.787	10.67	13.56	0.53	0.68
5.00	2	0.785	10.65	13.56	0.53	0.68
5.20	1	0.783	4.95	6.33	0.25	0.32
5.40	1	0.781	4.94	6.33	0.25	0.32
5.60	1	0.779	4.93	6.33	0.25	0.32
5.80	1	0.777	4.92	6.33	0.25	0.32
6.00	2	0.775	9.81	12.65	0.49	0.63
6.20	1	0.774	4.59	5.93	0.23	0.30
6.40	2	0.772	9.16	11.86	0.46	0.59
6.60	3	0.770	13.70	17.79	0.69	0.89
6.80	1	0.769	4.56	5.93	0.23	0.30
7.00	2	0.767	9.10	11.86	0.45	0.59
7.20	2	0.766	8.54	11.16	0.43	0.56
7.40	3	0.764	12.79	16.74	0.64	0.84



Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli

Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

7.60	2	0.763	8.51	11.16	0.43	0.56
7.80	2	0.761	8.50	11.16	0.42	0.56
8.00	2	0.760	8.48	11.16	0.42	0.56
8.20	3	0.759	11.99	15.81	0.60	0.79
8.40	4	0.757	15.96	21.07	0.80	1.05
8.60	2	0.756	7.97	10.54	0.40	0.53
8.80	2	0.755	7.95	10.54	0.40	0.53
9.00	2	0.753	7.94	10.54	0.40	0.53
9.20	8	0.752	30.03	39.92	1.50	2.00
9.40	7	0.751	26.24	34.93	1.31	1.75
9.60	7	0.750	26.20	34.93	1.31	1.75
9.80	10	0.749	37.37	49.90	1.87	2.50
10.00	6	0.748	22.39	29.94	1.12	1.50
10.20	4	0.747	14.16	18.96	0.71	0.95
10.40	3	0.746	10.60	14.22	0.53	0.71
10.60	9	0.744	31.76	42.66	1.59	2.13
10.80	5	0.743	17.62	23.70	0.88	1.19
11.00	6	0.742	21.11	28.44	1.06	1.42
11.20	9	0.741	30.11	40.62	1.51	2.03
11.40	9	0.740	30.07	40.62	1.50	2.03
11.60	4	0.739	13.35	18.05	0.67	0.90
11.80	5	0.738	16.66	22.57	0.83	1.13
12.00	6	0.737	19.97	27.08	1.00	1.35
12.20	4	0.736	12.69	17.23	0.63	0.86
12.40	3	0.735	9.50	12.92	0.48	0.65
12.60	4	0.734	12.65	17.23	0.63	0.86
12.80	11	0.733	34.74	47.39	1.74	2.37
13.00	10	0.732	31.54	43.08	1.58	2.15
13.20	12	0.731	36.15	49.44	1.81	2.47
13.40	14	0.680	39.22	57.68	1.96	2.88
13.60	18	0.679	50.35	74.16	2.52	3.71
13.80	12	0.728	35.99	49.44	1.80	2.47
14.00	24	0.627	61.98	98.88	3.10	4.94
14.20	29	0.626	71.64	114.49	3.58	5.72
14.40	50	0.525	103.56	197.40	5.18	9.87
14.60	60	0.523	124.00	236.88	6.20	11.84

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPSH_2

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terzaghi-Peck	Schmertmann 1975
[2] - Sabbia Fine Limosa	2.78	2.20	0.30	0.27
[3] - Sabbia limosa debolmente ghiaiosa	8.15	5.00	0.55	0.80
[4] - Limo sabbioso debolmente argilloso	2.97	9.00	0.19	0.29
[5] - Sabbia ghiaiosa argillosa	13.98	14.20	0.94	1.38



Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli

Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

TERRENI INCOERENTI

Densita' relativa

	NSPT	Prof. Strato (m)	Skempton 1986
[1] - Riporto	3.35	1.00	35.30
[2] - Sabbia Fine Limosa	2.78	2.20	25.70
[3] - Sabbia limosa debolmente ghiaiosa	8.15	5.00	40.11
[4] - Limo sabbioso debolmente argilloso	2.97	9.00	18.20
[5] - Sabbia ghiaiosa argillosa	13.98	14.20	43.10

Angolo di resistenza al taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Sowers (1961)	Japanese National Railway
[1] - Riporto	3.35	1.00	26.06	28.10
[2] - Sabbia Fine Limosa	2.78	2.20	25.70	27.80
[3] - Sabbia limosa debolmente ghiaiosa	8.15	5.00	28.01	29.45
[4] - Limo sabbioso debolmente argilloso	2.97	9.00	25.10	27.90
[5] - Sabbia ghiaiosa argillosa	13.98	14.20	29.70	31.20

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Schmertmann (1978) (Sabbie)
[1] - Riporto	3.35	1.00	35.80
[2] - Sabbia Fine Limosa	2.78	2.20	28.20
[3] - Sabbia limosa debolmente ghiaiosa	8.15	5.00	78.20
[4] - Limo sabbioso debolmente argilloso	2.97	9.00	26.70
[5] - Sabbia ghiaiosa argillosa	13.98	14.20	116.80

**Dott. Geol. Fabio Lombardi**

Via Augusto de Martino, 10, Napoli

Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Farrent 1963
[1] - Riporto	3.35	1.00	33.30
[2] - Sabbia Fine Limosa	2.78	2.20	34.3.74
[3] - Sabbia limosa debolmente ghiaiosa	8.15	5.00	57.86
[4] - Limo sabbioso debolmente argilloso	2.97	9.00	21.09
[5] - Sabbia ghiaiosa argillosa	13.98	14.20	99.26

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Riporto	3.35	1.00	3.35	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
[2] - Sabbia Fine Limosa	2.78	2.20	2.78	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
[3] - Sabbia limosa debolmente ghiaiosa	8.15	5.00	8.15	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
[4] - Limo sabbioso debolmente argilloso	2.97	9.00	2.97	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
[5] - Sabbia ghiaiosa argillosa	13.98	14.20	13.98	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO

Peso unita' di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unita' di Volume (t/m ³)
[1] - Riporto	3.35	1.00	3.35	Terzaghi-Peck 1948	1.39
[2] - Sabbia Fine Limosa	2.78	2.20	2.78	Terzaghi-Peck 1948	1.38
[3] - Sabbia limosa debolmente ghiaiosa	8.15	5.00	8.15	Terzaghi-Peck 1948	1.45
[4] - Limo sabbioso debolmente argilloso	2.97	9.00	2.97	Terzaghi-Peck 1948	1.38
[5] - Sabbia ghiaiosa argillosa	13.98	14.20	13.98	Terzaghi-Peck 1948	1.53

**Dott. Geol. Fabio Lombardi**

Via Augusto de Martino, 10, Napoli

Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

Peso unita' di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso Unita' Volume Saturo (t/m ³)
[1] - Riporto	3.35	1.00	Terzaghi-Peck 1948	1.87
[2] - Sabbia Fine Limosa	2.78	2.20	Terzaghi-Peck 1948	1.86
[3] - Sabbia limosa debolmente ghiaiosa	8.15	5.00	Terzaghi-Peck 1948	1.91
[4] - Limo sabbioso debolmente argilloso	2.97	9.00	Terzaghi-Peck 1948	1.86
[5] - Sabbia ghiaiosa argillosa	13.98	14.20	Terzaghi-Peck 1948	1.95

Modulo di Poisson

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - Riporto	3.35	1.00	3.35	(A.G.I.)	0.35
[2] - Sabbia Fine Limosa	2.78	2.20	2.78	(A.G.I.)	0.35
[3] - Sabbia limosa debolmente ghiaiosa	8.15	5.00	8.15	(A.G.I.)	0.34
[4] - Limo sabbioso debolmente argilloso	2.97	9.00	2.97	(A.G.I.)	0.35
[5] - Sabbia ghiaiosa argillosa	13.98	14.20	13.98	(A.G.I.)	0.33

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] - Riporto	3.35	1.00	290.60
[2] - Sabbia Fine Limosa	2.78	2.20	235.40
[3] - Sabbia limosa debolmente ghiaiosa	8.15	5.00	470.00
[4] - Limo sabbioso debolmente argilloso	2.97	9.00	243.09
[5] - Sabbia ghiaiosa argillosa	13.98	14.20	639.00

**Dott. Geol. Fabio Lombardi**

Via Augusto de Martino, 10, Napoli

Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

Coefficiente spinta a Riposo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	K0
[1] - Riporto	3.35	1.00	Navfac 1971-1982	0.60
[2] - Sabbia Fine Limosa	2.78	2.20	Navfac 1971-1982	0.46
[3] - Sabbia limosa debolmente ghiaiosa	8.15	5.00	Navfac 1971-1982	1.70
[4] - Limo sabbioso debolmente argilloso	2.97	9.00	Navfac 1971-1982	0.51
[5] - Sabbia ghiaiosa argillosa	13.98	14.20	Navfac 1971-1982	2.92

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
[1] - Riporto	3.35	1.00	Robertson 1983	8.70
[2] - Sabbia Fine Limosa	2.78	2.20	Robertson 1983	5.50
[3] - Sabbia limosa debolmente ghiaiosa	8.15	5.00	Robertson 1983	16.30
[4] - Limo sabbioso debolmente argilloso	2.97	9.00	Robertson 1983	5.90
[5] - Sabbia ghiaiosa argillosa	13.98	14.20	Robertson 1983	27.90



Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli
Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

6.4 RISULTATI PROVE DI LABORATORIO

Le prove di laboratorio sono state effettuate dal laboratorio certificato ISOGEA s.r.l. con sede presso Via Cristoforo Colombo, 22, 84018 Scafati SA. I campioni analizzati sono 2 (S1-C1 ed S2-C1), e le prove eseguite risultano essere riassunte nella tabella seguente:

- Apertura e descrizione;
- Analisi fisiche generali;
- Prova granulometrica/sedimentologica;
- Prova di compressione edometrica;
- Prova di taglio diretto;
- Prova di compressione ad espansione laterale libera (solo per C2_S1).

I risultati dettagliati delle prove eseguite sono inseriti nell'**Allegato 1**, mentre vengono qui mostrati i principali valori ottenuti per ogni campione analizzato.

	C1_S1, Profondità 3.00 – 3.50	C2_S1, Profondità 7.00 – 7.70
Apertura e descrizione	X	X
Analisi fisiche generali	X	X
Prova granulometrica	X	X
Prova di compressione edometrica	X	X
Prova di taglio diretto	X	X
Prova di compressione ad espansione laterale libera		X

Tabella 6 – Indagini effettuate sui Campioni prelevati



Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli
Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

➤ **C1-S1**

Il Campione è stato prelevato ad una profondità di 3.00/3.50 metri dal piano campagna, lungo il Sondaggio S1_DH (Figura 6.44):

metri batt.	LITOLOGIA	prof. m	Spess. m	DESCRIZIONE	A	Campioni	Standard Penetration Test		
							m	S.P.T.	N
1				Riporto e terreno di riporto					
2		1,5	1,5	Sabbia fine limosa					
3		2,5	1,0	Sabbia fine limosa debolmente ghiaiosa		1) Ind < 3,50	3,5	9-10-8	18
4		4,0	1,5	Sabbia grossolana argillosa ghiaiosa					
5		5,0	1,0	Limo sabbioso fine					
6		6,0	1,0	Sabbia limosa debolmente argillosa					
7						2) Ind < 7,00 7,70	7,7	1-2-3	5
8		8,0	2,0						
9				CAMPIONE S1-C1					
10		10,0	2,0	Sabbia ghiaiosa limosa					
11									
12									
13									
14									
15		15,0	5,0	Lava compatta			15,0	10/10cm	Rif
16									
17									
18									
19									
20									
21									
22									
23									
24									
25									
26									
27									
28									
29									
30		30,0	15,0						

Fig. 6.18 – Ubicazione Campione S1-C1



Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli
Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

➤ **Descrizione del Campione S1-C1:**

“Deposito piroclastico di colore marrone-grigiastro, sciolto e molto umido, costituito da abbondanti pomici eterometriche ($d_{max} = 2,00$ cm), in matrice sabbiosa-limosa-argilosa”.

Campione	Contenuto di acqua naturale (W _n)	Struttura	Temperatura di essiccazione	Dimensione massima particella
S1-C1	50.8 %	Omogenea	110 °C	0.84 mm

Tabella 7 – Apertura campione S1-C1

➤ **I parametri fisici sono i seguenti:**

Campione	Peso di volume naturale (kN/m ³)	Peso specifico dei granuli (kN/m ³)
S1-C1	15.4 %	26.4

Tabella 7.1 – Parametri fisici S1_C1

- Limite di plasticità e consistenza non determinabile in quanto si tratta di **materiale non plastico**.

➤ **Analisi Granulometrica:**

Dall’analisi granulometrica il campione risulta essere una “Ghiaia con sabbia limosa ed argillosa” (Fig. 6.19):



Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli

Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

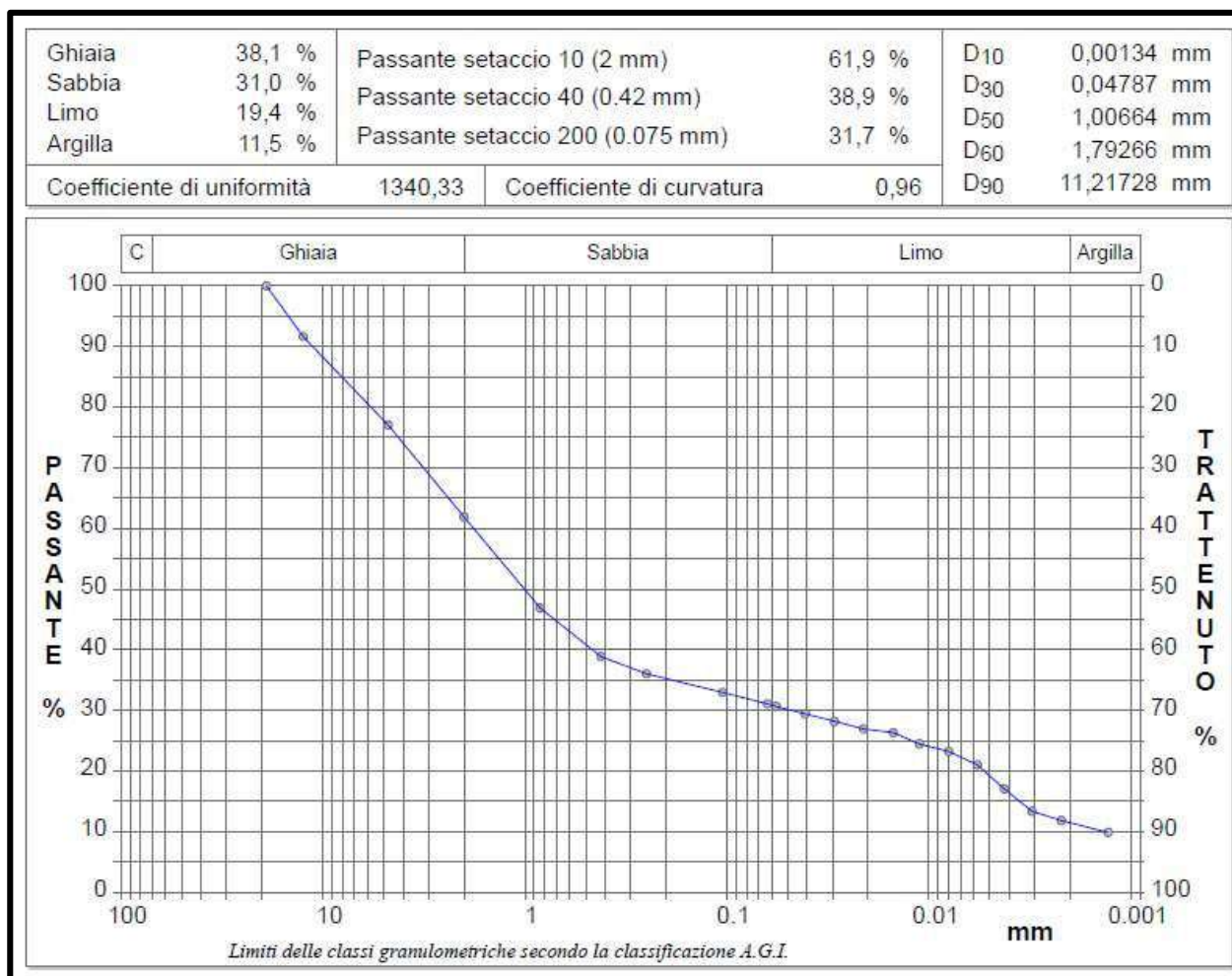


Fig. 6.19 – Analisi Granulometrica SI-CI



Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli
Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

➤ **Prova Edometrica:**

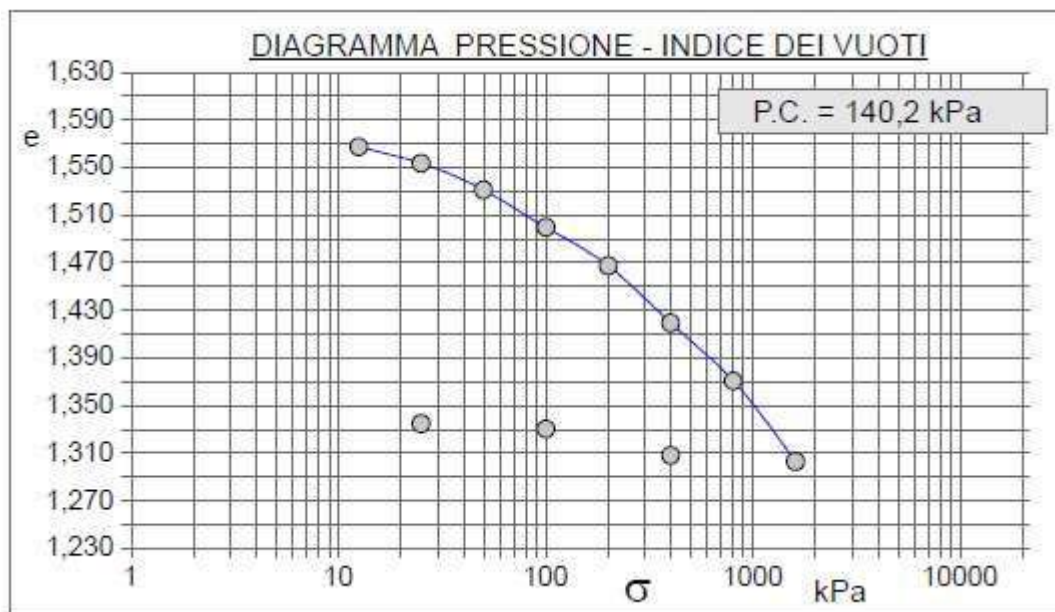


Fig. 6.20 – Diagramma prova edometrica S1_CI

<u>PROVA EDOMETRICA</u>			
σ kPa	E kPa	Cv cm ² /sec	k cm/sec
12,5 ÷ 25,0	2336	0,010788	4,53E-07
25,0 ÷ 50,0	2890	0,007190	2,44E-07
50,0 ÷ 100,0	4115	0,003560	8,48E-08
100,0 ÷ 200,0	8000	0,005028	6,16E-08
200,0 ÷ 400,0	11696	0,003816	3,20E-08
400,0 ÷ 800,0	19656	0,004854	2,42E-08
800,0 ÷ 1600,0	30593	0,004014	1,29E-08

Fig. 6.20.1 – Risultati prova edometrica S1_CI



Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli

Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

➤ La prova di **taglio diretto** ha dato i seguenti risultati:

- $C' = 0.3$ KPa;
- $\Phi' = 31.3$ KPa.



Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli
Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

➤ C2_S1

Il Campione è stato prelevato ad una profondità di 7.00/7.70 metri dal piano campagna, lungo il Sondaggio S1_DH (Figura 6.21):

metri batt.	LITOLOGIA	prof. m	Spess. m	DESCRIZIONE	A	Campioni	Standard Penetration Test		
							m	S.P.T.	N
1				Riporto e terreno di riporto					
2		1,5	1,5	Sabbia fine limosa					
3		2,5	1,0	Sabbia fine limosa debolmente ghiaiosa		1) Ind < 3,00 3,50	3,5	9-10-8	18
4		4,0	1,5	Sabbia grossolana argillosa ghiaiosa					
5		5,0	1,0	Limo sabbioso fine					
6		6,0	1,0	Sabbia limosa debolmente argillosa					
7		7,0	7,70	CAMPIONE S1-C1		2) Ind < 7,00 7,70	7,7	1-2-3	5
8		8,0	2,0						
9									
10		10,0	2,0	Sabbia ghiaiosa limosa					
11									
12									
13									
14									
15		15,0	5,0	Lava compatta			15,0	10/10cm	Rif
16									
17									
18									
19									
20									
21									
22									
23									
24									
25									
26									
27									
28									
29									
30		30,0	15,0						

Fig. 6.21 – Ubicazione Campione C2_S1



Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli
Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

➤ **Descrizione del Campione C2-S1:**

“Deposito cineritico di colore marrone scuro, mediamente consistente e molto umido, in cui si rinvenivano rarissime pomici minute, in abbondante matrice limosa-sabbiosa-argillosa.”

Campione	Contenuto di acqua naturale (W _n)	Struttura	Temperatura di essiccazione	Dimensione massima particella
S1-C1	57.6 %	Omogenea	110 °C	0.84 mm

Tabella 8 – Apertura campione C2_S1

➤ **I parametri fisici sono i seguenti:**

Campione	Peso di volume naturale (kN/m ³)	Peso specifico dei granuli (kN/m ³)
S1-C1	16.1 %	25.5

Tabella 8.1 – Parametri fisici C2_S1

➤ **Limite di consistenza liquido e plastico:**

- Limite di liquidità: 42.2%;
- Limite di plasticità: 26.9 %;
- Indice di plasticità: 15.3 %.



Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli

Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

LIMITE DI LIQUIDITA'				LIMITE DI PLASTICITA'	
Numero di colpi	18	27	37	Umidità (%)	26,9
Umidità (%)	45,8	41,3	37,8	Umidità media	26,9

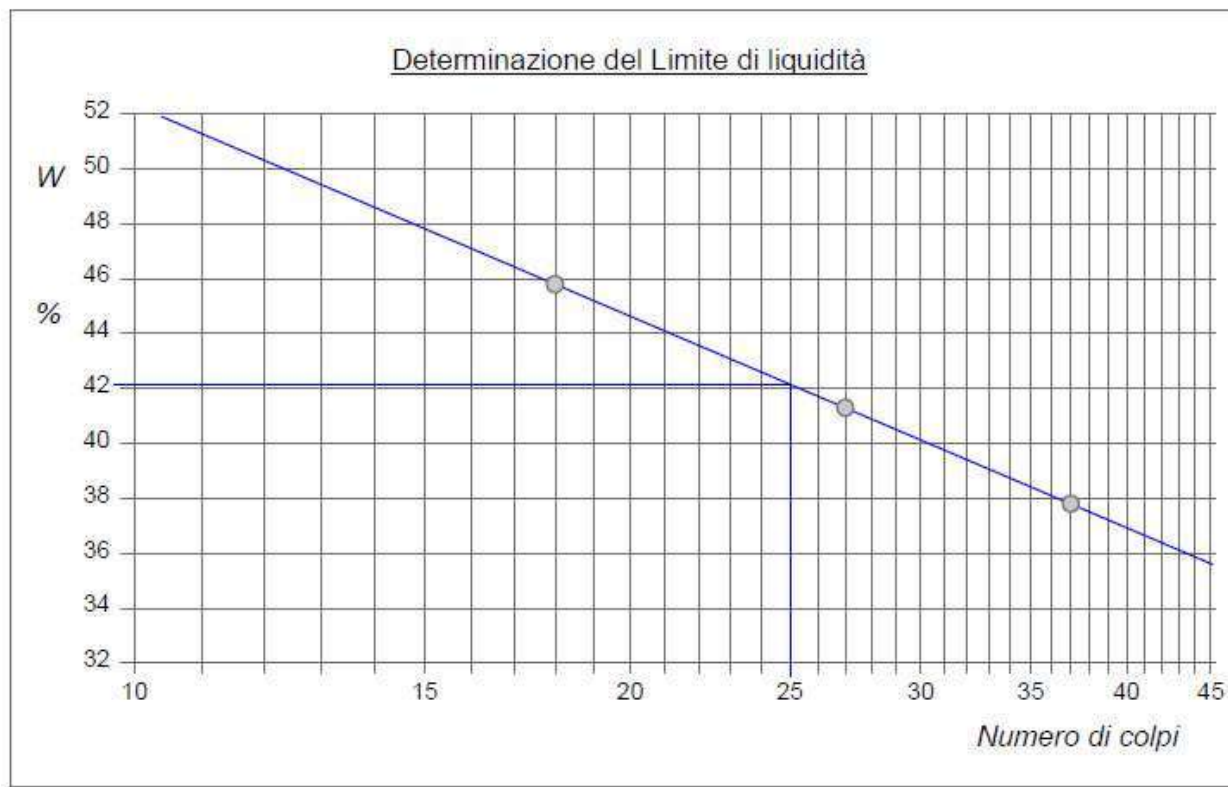


Fig. 6.22 – Limiti di consistenza C2_S1



Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli

Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

➤ **Analisi Granulometrica:**

Dall'analisi granulometrica il campione risulta essere una "Limo con sabbia argilloso" (Fig. 6.23):

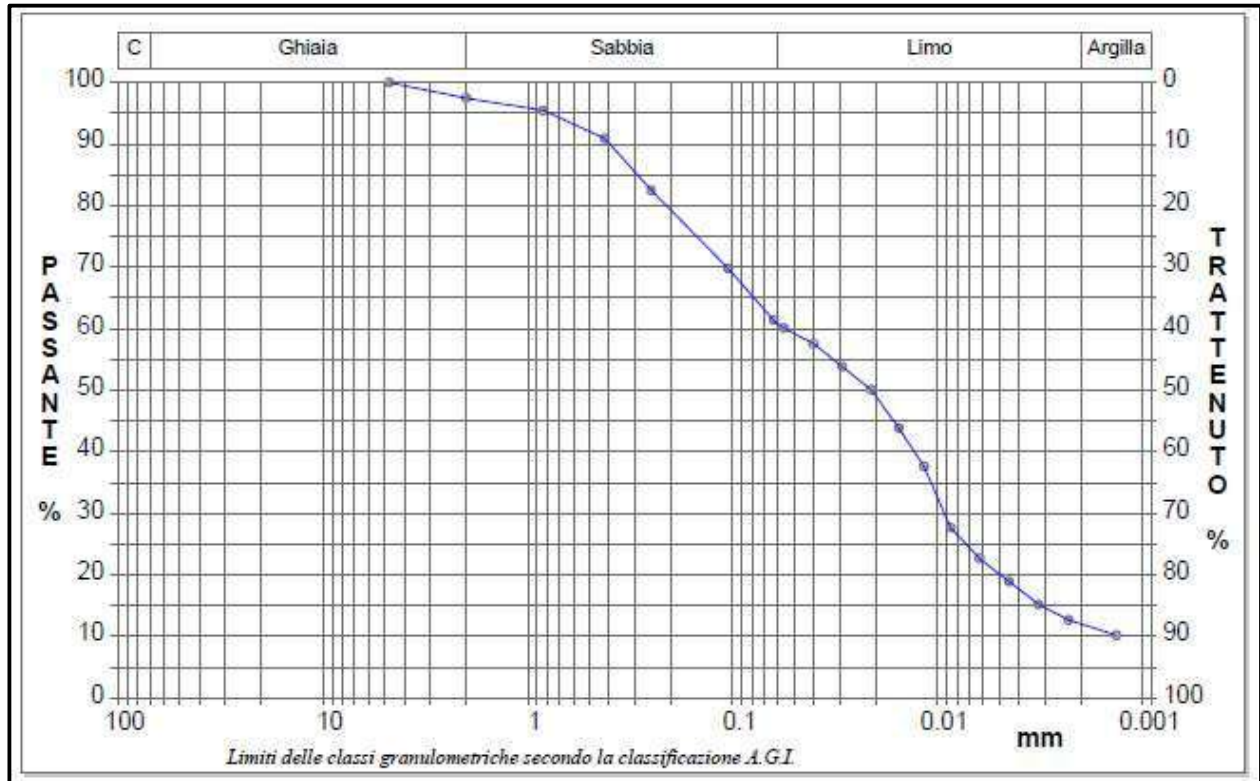


Fig. 6.23 – Analisi Granulometrica C2-S1



Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli

Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

➤ **Prova Edometrica:**

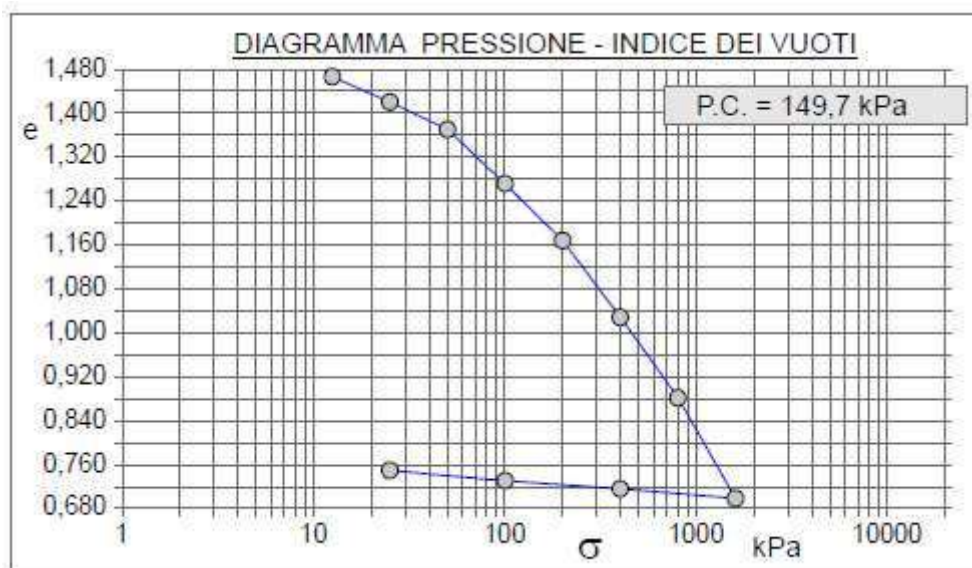


Fig. 6.24 – Diagramma prova edometrica C2_S1

PROVA EDMETRICA			
σ kPa	E kPa	Cv cm ² /sec	k cm/sec
12,5 ÷ 25,0	676	0,001423	2,06E-07
25,0 ÷ 50,0	1250	0,004622	3,63E-07
50,0 ÷ 100,0	1266	0,003996	3,10E-07
100,0 ÷ 200,0	2410	0,001039	4,23E-08
200,0 ÷ 400,0	3571	0,001143	3,14E-08
400,0 ÷ 800,0	6826	0,001562	2,24E-08
800,0 ÷ 1600,0	10899	0,004361	3,92E-08

Fig. 6.25 – Risultati prova edometrica C2_S1

➤ La prova di **taglio diretto** ha dato i seguenti risultati:

- $C' = 4.1$ KPa;
- $\Phi' = 27.6$ KPa.



Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli

Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

- La prova di **compressione ad espansione libera** ha dato i seguenti risultati:

Caratteristiche del provino		
Diametro	mm	38,1
Altezza	mm	76,2
Velocità di prova	mm/min	0,2
Unidità	%	57,6
Peso di volume	kN/m ³	16,08
Deformazione verticale a rottura	%	4,00
Pressione finale a rottura	kPa	135,3

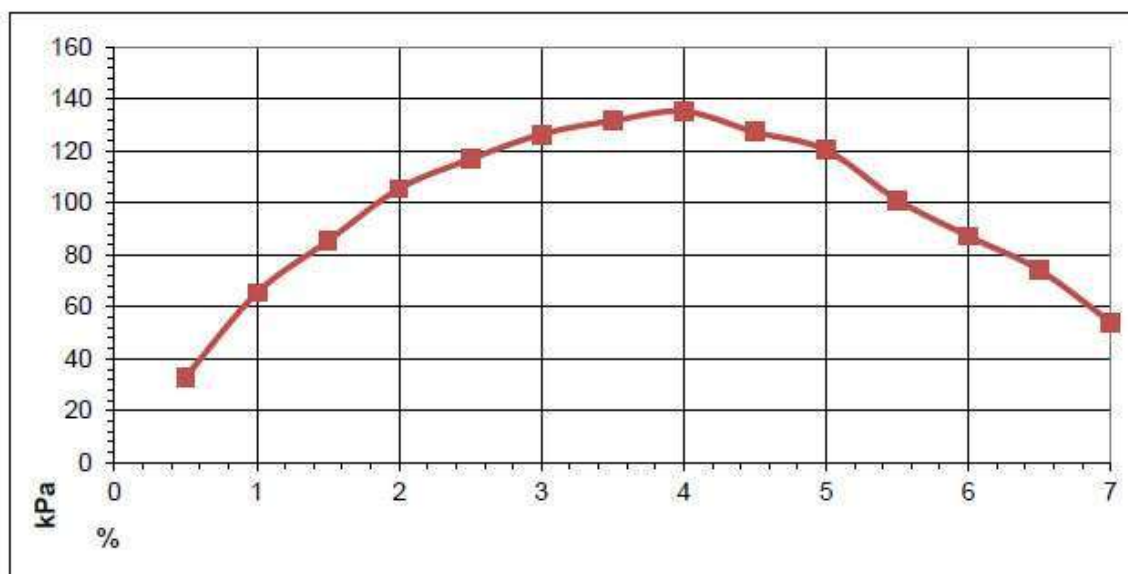


Fig. 6.26 – Risultati prova di compressione C2_S1

La pressione finale a rottura è pari a 135.3 KPa



Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli
Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

6.5 MODELLO GEOLOGICO – TECNICO

I risultati delle stratigrafie e dei campioni individuano unità geologico-geotecniche distinte (nelle litologie più compatte si è evitato di effettuare prove SPT e DPSH poiché soggette a rifiuto); il materiale molto compatto, dalle ottime caratteristiche geotecniche, consiste nelle lave compatte profonde:

- 1) Lava compatta profonda: questo livello si rinviene per un tratto di 15 metri circa nel sondaggio S1_DH. Il Valore di RQD misurato in campo è pari a 100%.



10 cm

Fig. 6.27– Dettagli Lava profonda

Al di sopra delle lave individuiamo invece il seguente schema, come mostrato in Figura 6.28.



Dott. Geol. Fabio Lombardi

L.F. Geologia

Via Augusto de Martino, 10, Napoli

Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

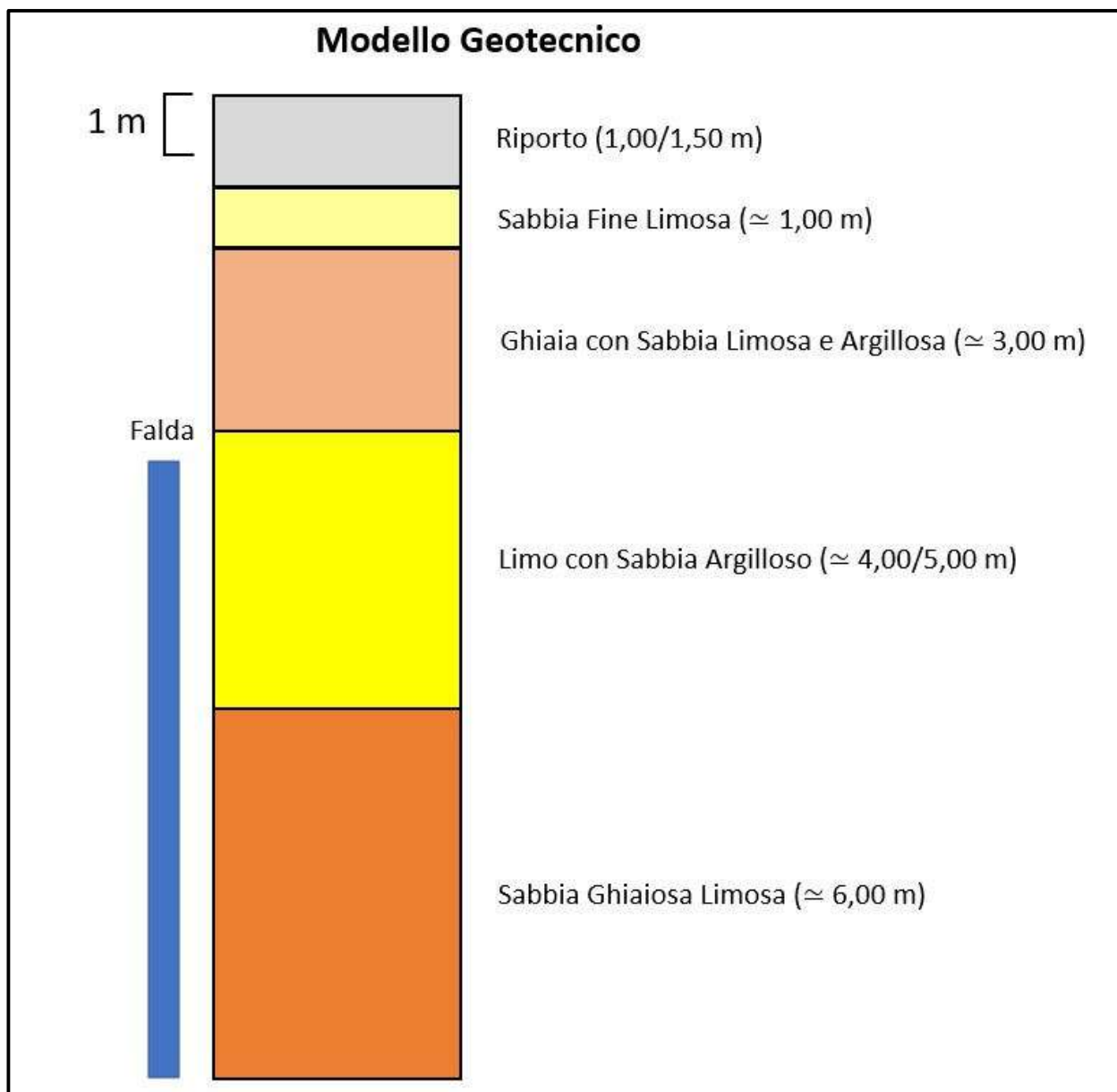


Fig. 6.28– Modello Geotecnico



Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli
Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

- 1) **Riporto** = Sabbia eterometrica sciolta, con spessore variabile da 1.00 a 1.50 m.

Peso unità di volume (T/m³)	1.40
Peso unità di volume saturo (T/m³)	1.87
Granulometria	<i>Sabbia eterometrica</i>
Angolo di attrito ϕ' (°)	27.60°
Modulo di Young (kg/cm²)	38.10
Modulo di Poisson	0.34
Qc Resistenza di punta (kg/cm²)	8.90
Modulo Edometrico (kg/cm²)	42.30

Tabella 9 – Modello Geotecnico - Riporto

- 2) **Sabbia Fine Limosa** = Sabbia fine coesiva, con spessore di circa 1 metro.

Peso unità di volume (T/m³)	1.38
Peso unità di volume saturo (T/m³)	1.87
Granulometria	<i>Sabbia fine con limo</i>
Angolo di attrito ϕ' (°)	27.20°
Coesione non drenata (Kg/cm²)	0.35
Modulo di Young (kg/cm²)	29.50
Modulo di Poisson	0.35
Qc Resistenza di punta (kg/cm²)	6.15
Modulo Edometrico (kg/cm²)	37.10

Tabella 10 – Modello Geotecnico – Sabbia fine limosa



Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli

Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

- 3) **Ghiaia con sabbia limosa ed argillosa** = Ghiaia con Sabbia fine coesiva, con spessore di circa 3.00 metro.

Peso unità di volume (T/m³)	1.54
Peso unità di volume saturo (T/m³)	1.91
Granulometria	<i>Ghiaia con sabbia limosa ed argilla</i>
Angolo di attrito ϕ' (°)	31.30°
Coesione non drenata (Kg/cm²)	0.34
Coesione C'(Kg/cm²)	0.30
Modulo di Young (kg/cm²)	79.50
Modulo di Poisson	0.35
Qc Resistenza di punta (kg/cm²)	17.50
Modulo Edometrico (kg/cm²)	64.10

Tabella 11 – Modello Geotecnico – Ghiaia con sabbia limosa

- 4) **Limo con sabbia argilloso** = limo con Sabbia fine, con spessore di circa 4.00/5.00 metri.

Peso unità di volume (T/m³)	1.61
Peso unità di volume saturo (T/m³)	1.93
Granulometria	<i>Limo con sabbia argilloso</i>
Angolo di attrito ϕ' (°)	27.60°
Coesione non drenata (Kg/cm²)	0.33
Coesione C'(Kg/cm²)	4.10
Modulo di Young (kg/cm²)	27.50
Modulo di Poisson	0.35
Qc Resistenza di punta (kg/cm²)	6.00
Modulo Edometrico (kg/cm²)	35.50

Tabella 12 – Modello Geotecnico – Limo con sabbia argilloso



Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli
Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

- 5) **Sabbia Ghiaiosa Limosa** = Sabbia con ghiaia coesiva, con spessore di circa 6.00 metri.

Peso unità di volume (T/m³)	1.53
Peso unità di volume saturo (T/m³)	1.95
Granulometria	<i>Sabbia ghiaiosa con limo</i>
Angolo di attrito ϕ' (°)	31.00°
Coesione non drenata (Kg/cm²)	1.30
Modulo di Young (kg/cm²)	120.00
Modulo di Poisson	0.33
Qc Resistenza di punta (kg/cm²)	27.00
Modulo Edometrico (kg/cm²)	86.00

Tabella 13 – Modello Geotecnico – Limo con sabbia argillso

Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli

Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

7. INDAGINI GEOFISICHE

In accordo con il piano d'indagini, sono state eseguite indagini, le cui ubicazioni sono indicate in **Fig. 7.1** per la caratterizzazione sismo-stratigrafica del sottosuolo. In particolare, l'attività si è articolata in:

- ✓ n. 1 rilievo sismico di tipo Down-Hole a doppio Geofono. Prova geofisica è finalizzato alla ricostruzione del profilo di velocità V_s per la determinazione del parametro equivalente V_{seq} e la definizione della categoria sismica dei suoli di fondazione ai sensi delle NTC 2018;
- ✓ n. 2 rilievo sismico con stazione singola (HVSr), la strumentazione utilizzata è costituita da un tromografo (TROMINO).

Le fasi di esecuzione delle indagini sono state condotte in conformità a quanto previsto dalle norme ASTM D6429 – 99 (2011) - First Standard Guide for Selecting Surface Geophysical Methods.



Figura 7.1 - Ubicazione delle indagini geofisiche Down-Hole ed HVSr nell'area oggetto di studio



Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli
Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

ID Indagine	Geofoni (nr.)	Distanza intergeofonica	Lunghezza Stendimento	Lat.	Long.
Down-Hole	2	1.0 m	30 m	40.750635	14.516160

Tab. 14 – Dettagli stendimento sismico di tipo Down-Hole

ID Indagine	Durata (min)	Frequenza acquisizione	Quota m s.l.m.	Lat.	Long.
HVSR_1	30	512 Hz	9	40.750646	14.516161
HVSR_1	30	512 Hz	9	40.750815	14.516479

Tab. 15 – Dettagli rilievi sismici HVSR



Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli
Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

7.1 INDAGINE DOWN-HOLE

Nel metodo sismico down hole (DH) viene misurato il tempo necessario per le onde P e S di spostarsi tra una sorgente sismica, posta in superficie, e i ricevitori, posti all'interno di un foro di sondaggio.

Le componenti indispensabili per una misura DH accurata consistono:

- 1) una sorgente meccanica in grado di generare onde elastiche ricche di energia e direzionali;
- 2) uno o più geofoni tridimensionali, con appropriata risposta in frequenza (4,5-14 Hz), direzionali e dotati di un sistema di ancoraggio alle pareti del tubo-foro;
- 3) un sismografo multi-canale, in grado di registrare le forme d'onda in modo digitale e di registrarle su memoria di massa;
- 4) un trasduttore (*trigger*) alloggiato nella sorgente necessario per l'identificazione dell'istante di partenza



Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli

Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

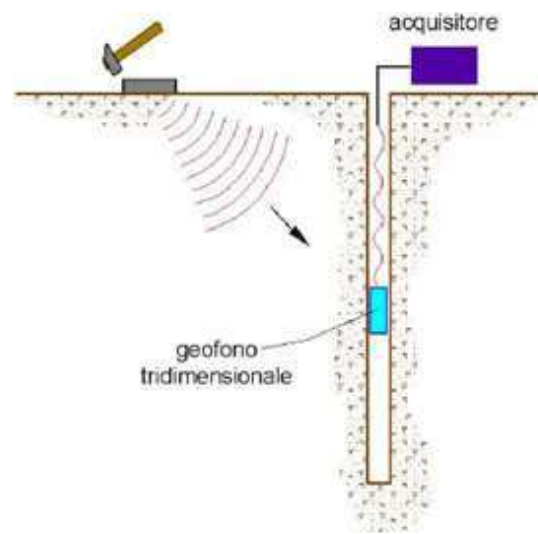


Fig. 7.1

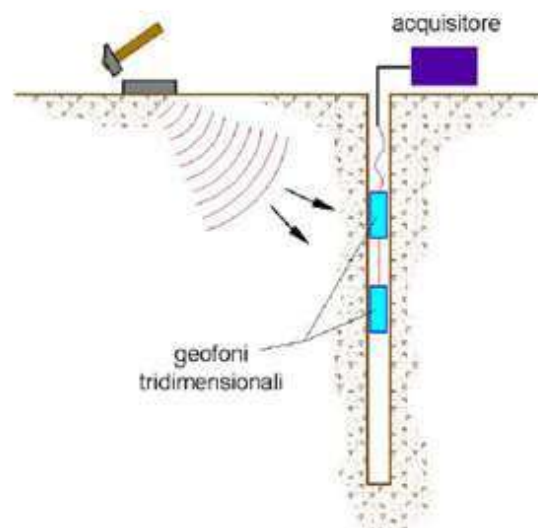


Fig. 7.1 – Tipologia di geofoni per Down-Hole

Durante la perforazione, per ridurre l'effetto di disturbo nel terreno, i fori vengono sostenuti mediante fanghi bentonici e il loro diametro viene mantenuto piuttosto piccolo (mediamente il diametro è di 15 cm).

Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli

Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

7.1.1 Strumentazione utilizzata e tecniche operative

La strumentazione utilizzata per la registrazione del segnale (vedi **Fig. 7.2**) è costituita da:

- Sismografo digitale MAE X820S a 24 bit 24-96 canali;
- Cavo sismico MAE con 24 multi coppie per collegamento dei geofoni al sismografo;
- Mazza battente non strumentata di 8 Kg per energizzare onde compressionali;
- Piastra di battuta in alluminio con diametro = 210 mm e spessore = 28 mm;
- Doppio Geofono Tridimensionale.

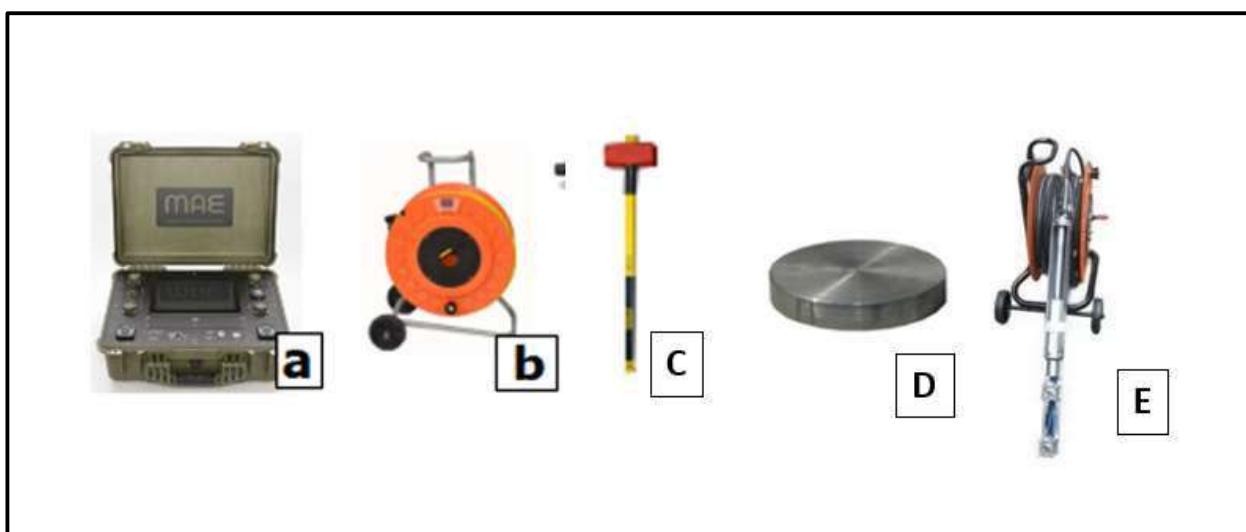


Figura 7.2 – Attrezzatura utilizzata per effettuare le indagini sismiche di tipo Down-Hole.

La sorgente consiste in una piastra di alluminio che, dopo avere opportunamente predisposto il piano di appoggio, viene adagiata in superficie ad una distanza di 1,5 – 2,5 m dal foro e orientata in direzione ortogonale ad un raggio uscente dall'asse foro. Alla sorgente è agganciato il trasduttore di velocità utilizzato come trigger.

Se si dispone di due ricevitori, questi vengono collegati in modo da impedirne la rotazione relativa e da fissarne la distanza. Il primo dei due ricevitori viene raccordato ad una batteria di aste che ne permette l'orientamento dalla superficie e lo spostamento.

Una volta raggiunta la profondità di prova, i geofoni vengono orientati in modo che un trasduttore di ogni sensore sia diretto parallelamente all'asse della sorgente (orientamento assoluto).



Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli

Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

A questo punto i ricevitori vengono assicurati alle pareti del tubo di rivestimento, la sorgente viene colpita in senso verticale (per generare onde di compressione P) o lateralmente (per generare onde di taglio SH) e, contemporaneamente, parte la registrazione del segnale di trigger e dei ricevitori. Eseguite le registrazioni la profondità dei ricevitori viene modificata e la procedura sperimentale ripetuta.



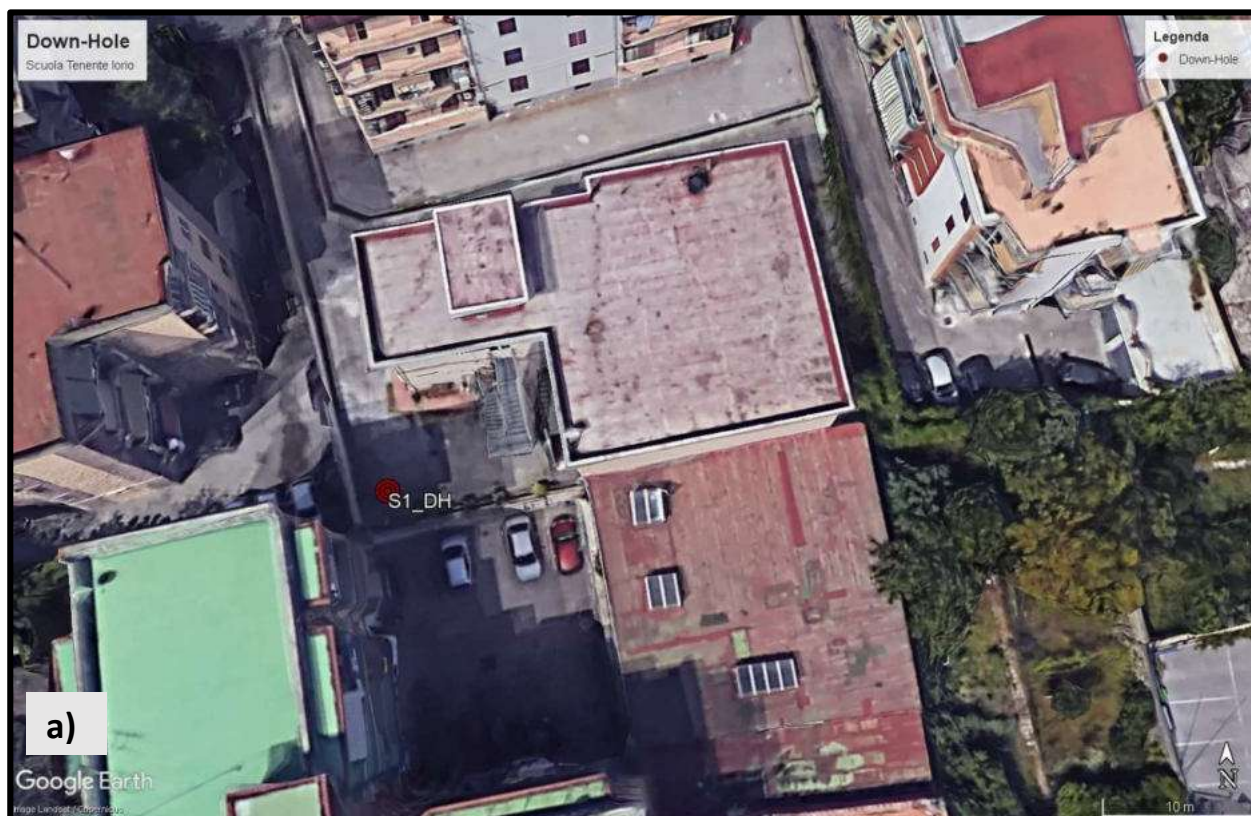
Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli

Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

7.1.2 Down-Hole

L'indagine sismica Down-Hole è ubicata nel sondaggio geognostico S1_DH, a Sud-Est rispetto all'edificio scolastico. Per eseguire l'indagine si è tenuto una distanza scoppio-foro pari a 2.5 metri; per la prova sono state effettuate 3 acquisizione: onde P, onde Sa ed Sb.





Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli

Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

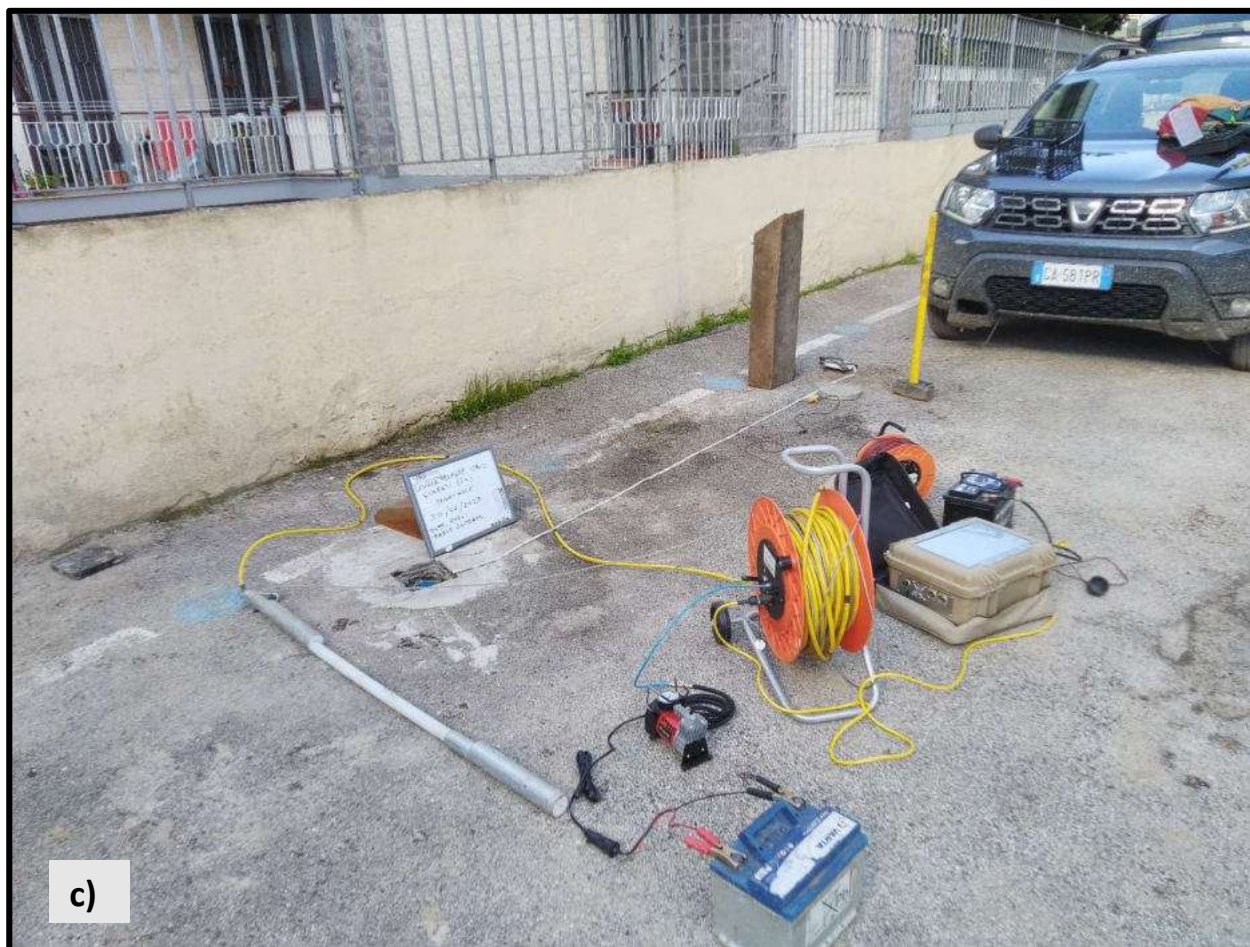




Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli

Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com





Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli

Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

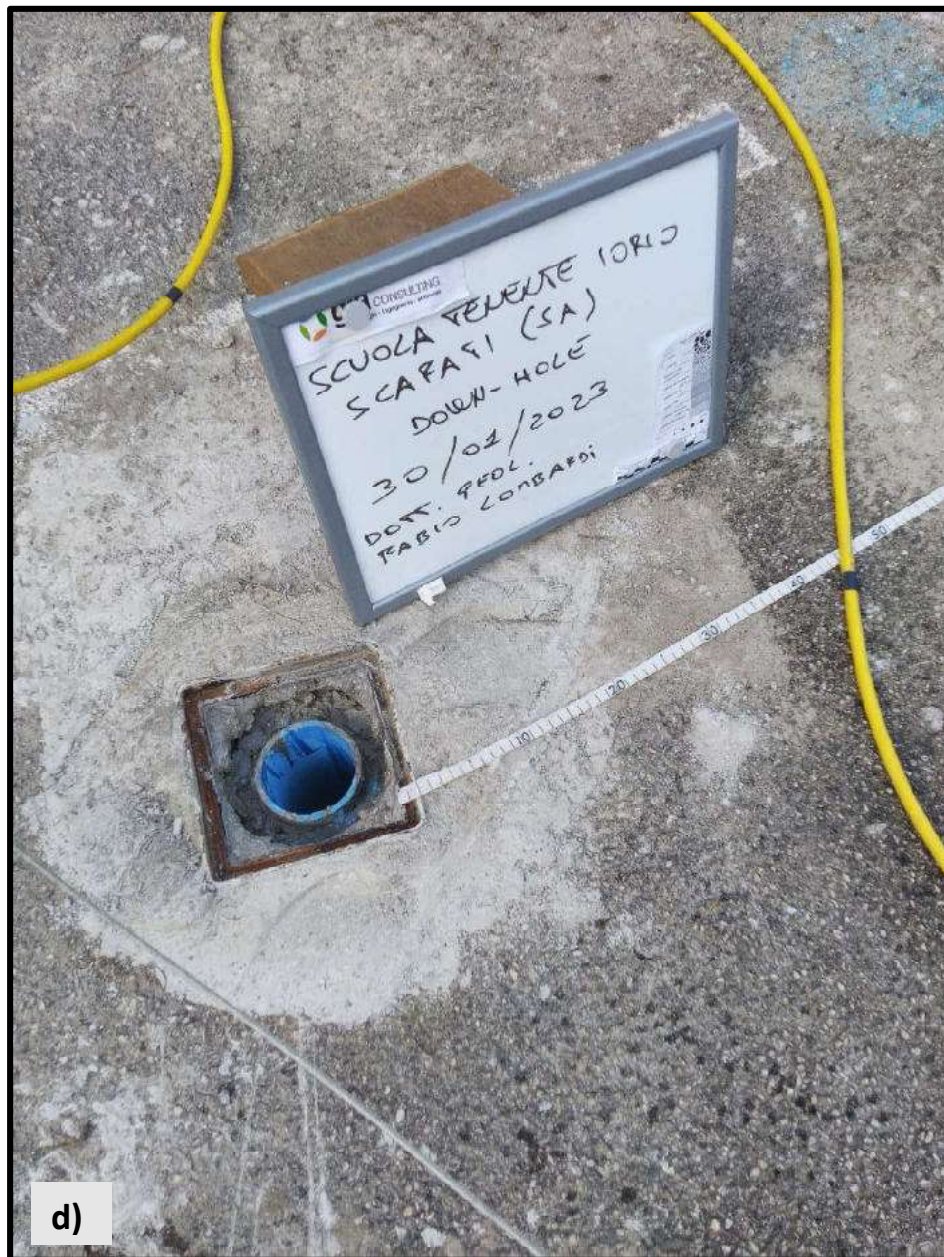


Figura 7.3 – Ubicazione dell'indagine **Down-Hole** (6.3a) e relativo stendimento (7.3b, 7.3c e 7.3c).

**Dott. Geol. Fabio Lombardi**

Via Augusto de Martino, 10, Napoli

Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

Interpretazione delle misure

Dati iniziali

Offset scoppio [m]	Numero di ricezioni	Posizione primo geofono [m]	Interdistanza [m]
2,5	31	1	1

Dati misure down hole

Registrazioni Nr.	Z [m]	Tp [msec]	Ts [msec]
1	1	10,6	16,1
2	2	11,1	17
3	3	11,7	18,4
4	4	12,3	20,9
5	5	12,8	21,9
6	6	13,4	22,9
7	7	14,1	24,2
8	8	14,8	25,2
9	9	15,6	26
10	10	16,9	28
11	11	18	30,1
12	12	19,2	31
13	13	20,3	32
14	14	21,3	32,8
15	15	22,6	34
16	16	23,6	34,3
17	17	24,5	35,3
18	18	24,6	35,4
19	19	24,8	35,8
20	20	25	36,2
21	21	25,3	36,6
22	22	25,6	37
23	23	26,1	37,3
24	24	26,7	37,8
25	25	27,1	38,3
26	26	27,4	38,7
27	27	27,7	40
28	28	28	41,4
29	29	28,7	42,4
30	30	29	43,6
31	31	29,6	44,1

**Dott. Geol. Fabio Lombardi**

Via Augusto de Martino, 10, Napoli

Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

Risultati

SR [m]	Tpcorr [msec]	Tscorr [msec]
2,6926	3,9367	5,9794
3,2016	6,9341	10,6198
3,9051	8,9882	14,1353
4,7170	10,4304	17,7232
5,5902	11,4487	19,5880
6,5000	12,3692	21,1385
7,4330	13,2786	22,7902
8,3815	14,1263	24,0529
9,3408	15,0309	25,0515
10,3078	16,3954	27,1640
11,2805	17,5524	29,3515
12,2577	18,7964	30,3484
13,2382	19,9347	31,4242
14,2215	20,9683	32,2892
15,2069	22,2925	33,5374
16,1941	23,3171	33,8888
17,1828	24,2393	34,9244
18,1728	24,3661	35,0634
19,1638	24,5881	35,4941
20,1556	24,8070	35,9205
21,1483	25,1226	36,3434
22,1416	25,4363	36,7634
23,1355	25,9472	37,0816
24,1299	26,5563	37,5966
25,1247	26,9655	38,1099
26,1199	27,2742	38,5223
27,1155	27,5820	39,8296
28,1114	27,8891	41,2360
29,1076	28,5940	42,2433
30,1040	28,8998	43,4494
31,1006	29,5042	43,9573



Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli
Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

Metodo diretto

Profondità di riferimento: 30 m
VS,30: 690 m/s
VSeq 447 m/s
H= 15m

Sismostrati con metodo diretto

Descrizione [-]	Profondità [m]
Riporto	3
Materiale Piroclastico	15
Lava compatta	31

Valori medi

	Vp medio [m/s]	Vs medio [m/s]	g medio [kN/mc]	ni medio	G medio [MPa]	Ed medio [MPa]	E medio [MPa]	Ev medio [MPa]
Riporto	333,7	212,16	19,16	0,16	87,93	217,52	204,12	100,28
Materiale piroclastico	902,26	618,56	21,76	0,06	849,03	1806,43	1794,16	674,4
Lava Compatta	2219,14	1535,51	25	0,04	6010	12552,77	12509,39	4539,43

Categoria di Sottosuolo 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”

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



Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli
Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

Figura 7.4 – Categoria di sottosuolo NTC 2018

Dromocrone

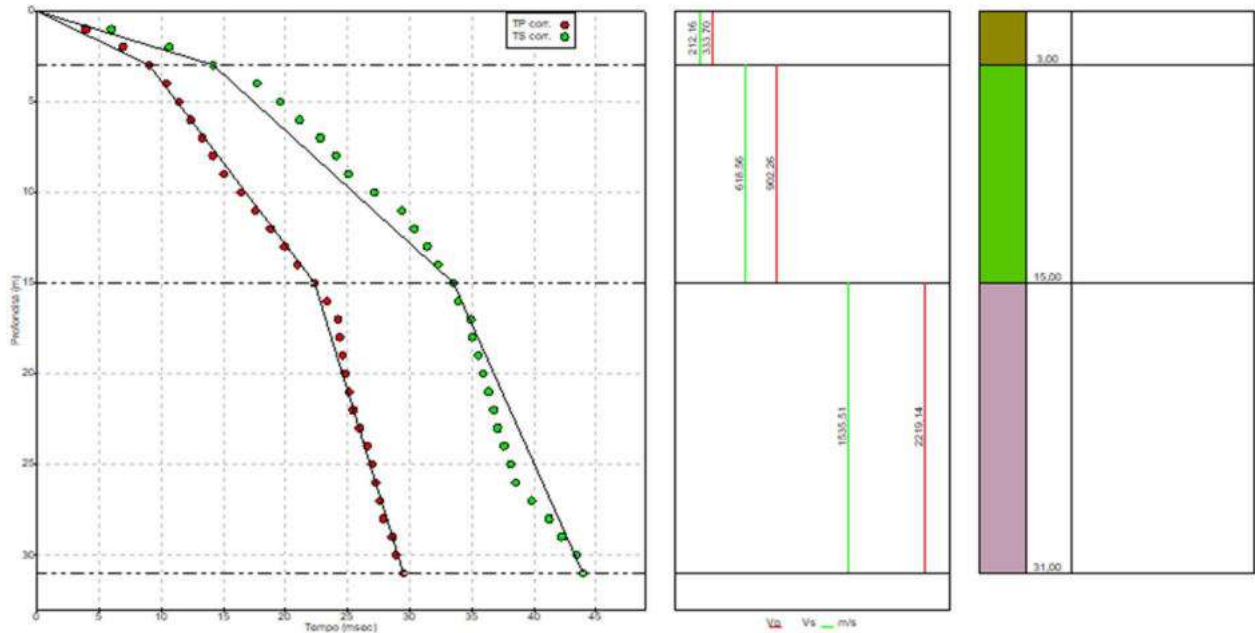


Figura 7.5 – Grafico Dromocrone



Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli
Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

7.2 ACQUISIZIONE SISMICA HVSR

Il metodo HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) utilizza segnali sismici ottenuti da stazione sismica singola: Tromografo digitale TROMINO, che misura il tremore sismico. Attraverso i rapporti spettrali di tali segnali, si ha la possibilità di effettuare la misura immediata della frequenza fondamentale di risonanza del sottosuolo, parametro che può essere correlato con gli effetti di sito.

La prova sismica passiva a stazione singola mette in luce le frequenze alle quali il moto del terreno viene amplificato per risonanza stratigrafica locale, in quanto il rumore sismico agisce come sorgente di eccitazione dei terreni costituenti il sub-strato. In particolare, un suolo vibra con maggiore ampiezza a specifiche frequenze (per l'appunto di risonanza) non solo quando è eccitato da un terremoto, ma anche quando è eccitato da un tremore di qualsiasi origine.

Questo fa sì che la misura delle frequenze di risonanza dei terreni sia possibile ovunque ed in modo semplice, anche in assenza di terremoti. Le frequenze a cui si manifesta la risonanza sono descritte dalla relazione: $f=V_s/4h$ (formula semplificata) dove V_s è la velocità delle onde di taglio nello strato che risuona e h è lo spessore di detto strato. La prova, comunemente nota con il termine H/V o HVSR (rapporto tra le componenti spettrali orizzontali H e verticale V) fu applicata per la prima volta da Nogoshi e Igarashi(1970) e resa popolare da Nakamura (1989). Infatti è proprio dal grafico del rapporto tra le componenti spettrali orizzontale e verticale che viene evidenziata la frequenza (o più frequenze se si è in presenza di un profilo stratigrafico multistrato con contrasti di impedenza significativi) attraverso un "picco" della curva (in genere dovuto ad un minimo della componente verticale, riscontrabile negli spettri delle singole componenti).



Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli
Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

Per eseguire le indagini HVSR è stato utilizzato un tromografo digitale TROMINO (**Figura 7.6**). Lo strumento è dotato di tre sensori velocimetrici elettrodinamici ortogonali ad alta risoluzione, i quali trasmettono il segnale ad un sistema di acquisizione digitale a basso rumore.

L'ancoraggio al suolo avviene tramite infissione di appositi piedini; l'orizzontalità è controllata per mezzo di una bolla sferica.

Il TROMINO viene posizionato con il suo asse maggiore allineato nella direzione N-S e messo in opera nel punto considerato più opportuno nel sito oggetto di indagine. Ottenuto il miglior accoppiamento dei sensori con il terreno viene messo in acquisizione per un lasso di tempo compreso tra 20-30 min. con una frequenza di campionamento di 512 Hz. Su memoria interna vengono salvati in un unico file i dati rilevati in automatico; si tratta delle velocità misurate secondo le direzioni ortogonali est-ovest, nord-sud (dello strumento) e sulla verticale.

I dati registrati sono stati successivamente elaborati mediante il software *Grilla*.



Figura 7.6 – Tromino utilizzato per effettuare le indagini di sismica passiva di tipo HVSR.



Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli

Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

7.2.1 HVSR_1

L'indagine HVSR è stata effettuata in prossimità dello stendimento sismico MASW come indicato in Figura 7.7. Il TROMINO è stato posizionato al fine di determinare le frequenze di risonanza caratteristiche del sito con un tempo di acquisizione pari a 30 minuti.

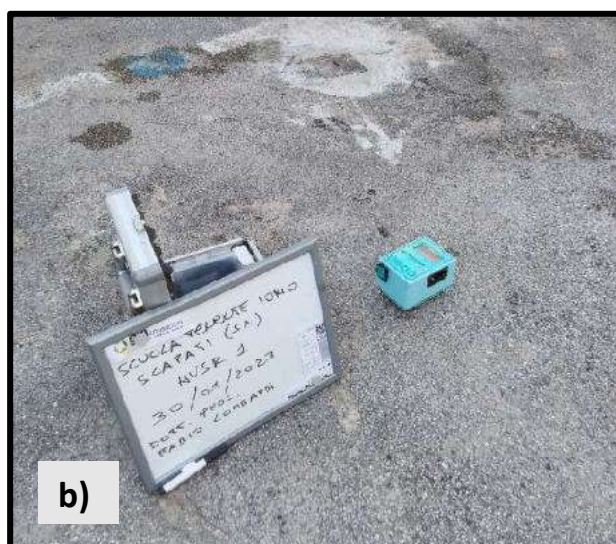
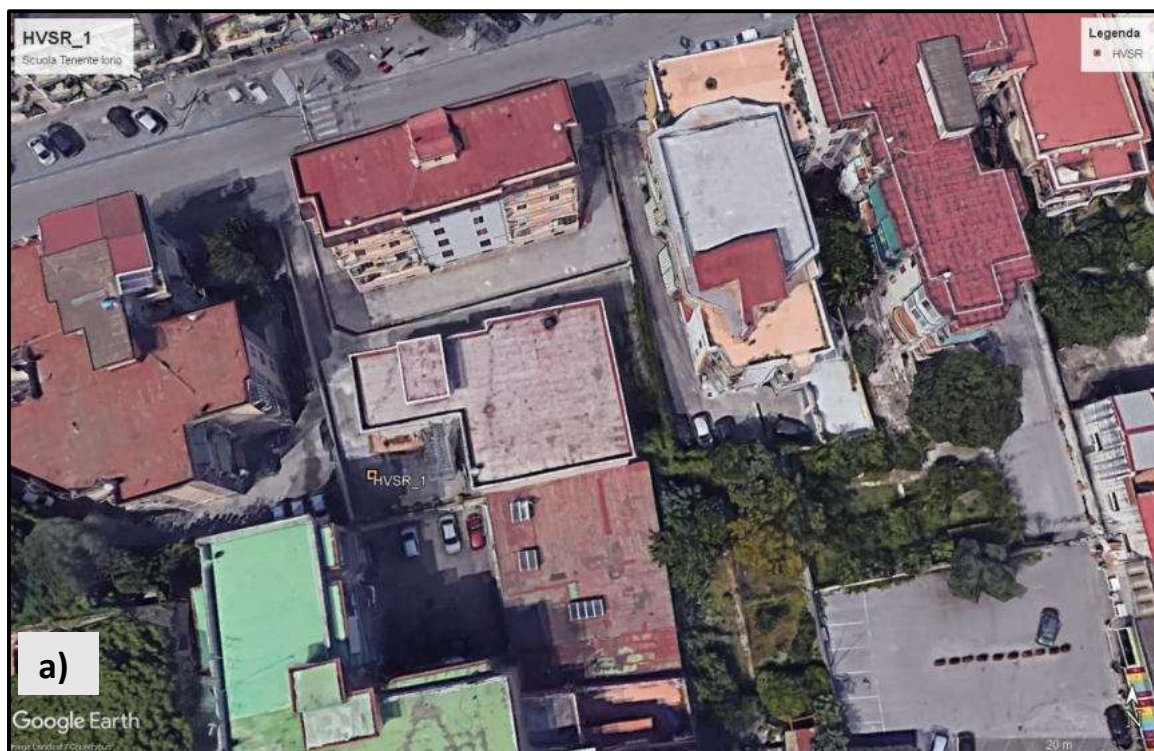


Figura 7.7 – Ubicazione indagine geofisica di tipo HVSR_1 (a) e relativa foto (b e c)



Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli
Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

SCAFATI, SCAFATI HVSR 1

Strumento: TEB-0504/01-19

Formato dati: 32 bit

Fondo scala [mV]: 89

Inizio registrazione: 30/01/2023 14:43:47 Fine registrazione: 30/01/2023 15:13:47

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN ; Y+ Y- ; X+ X- ; Z+ Z-

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h30'00". Analisi effettuata sull'intera traccia.

Freq. campionamento: 512 Hz

Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamiento: Triangular window

Lisciamiento: 10%



Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli

Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

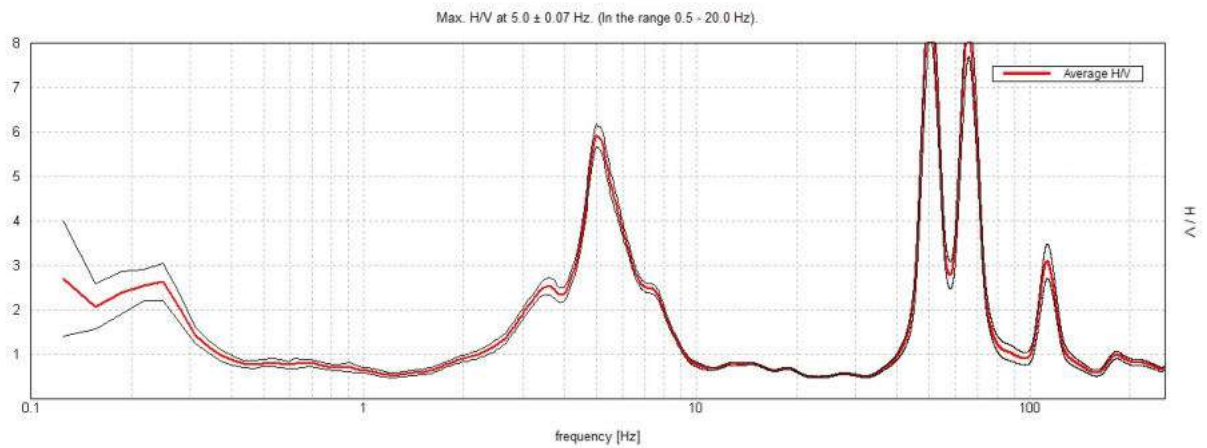


Figura 7.8 – Rapporto H/V

SERIE TEMPORALE H/V

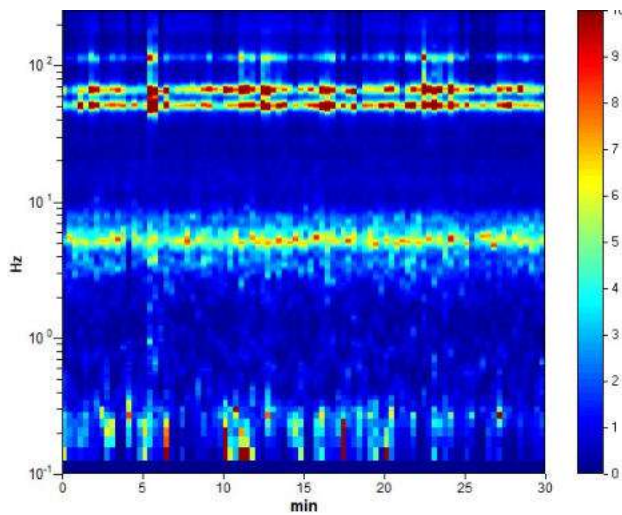


Figura 7.8 – Rapporto H/V

SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli

Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

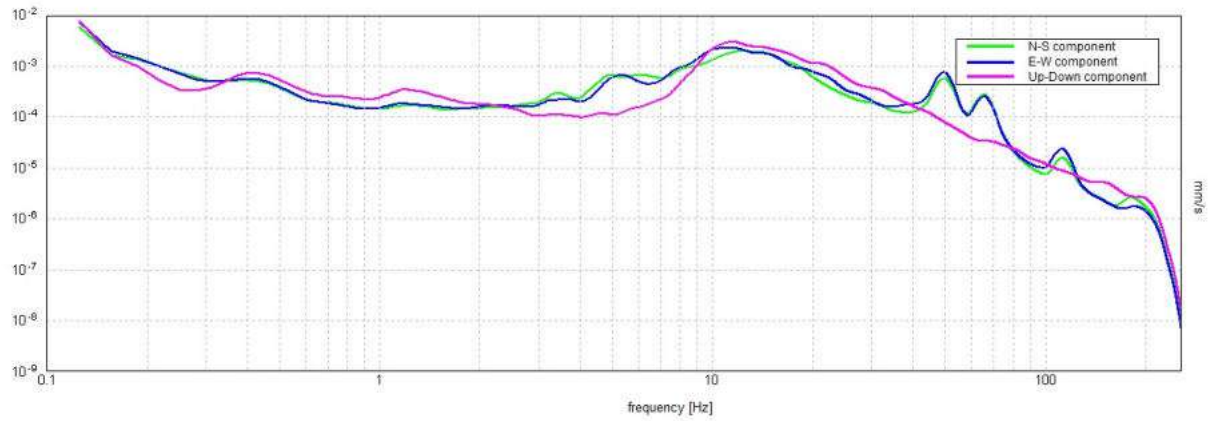


Figura 7.9 – Componenti HVSr_1



Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli
Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

[Secondo le linee guida SESAME, 2005. **Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di *Grilla* prima di interpretare la tabella seguente.**]

Picco H/V a 5.0 ± 0.07 Hz (nell'intervallo 0.5 - 20.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$5.00 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$9000.0 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 241	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	4.281 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	6.5 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$5.93 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.01363 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.06815 < 0.25$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.2459 < 1.58$	OK	

L_w	lunghezza della finestra
n_w	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
f	frequenza attuale



Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli

Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

f_0	frequenza del picco H/V
σ_f	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	ampiezza della curva H/V alla frequenza f_0
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza f
f^-	frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$					
Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli

Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

7.2.1 HVSR_2

L'indagine HVSR è stata effettuata in prossimità dello stendimento sismico MASW come indicato in Figura 7.10 Il TROMINO è stato posizionato al fine di determinare le frequenze di risonanza caratteristiche del sito con un tempo di acquisizione pari a 30 minuti.

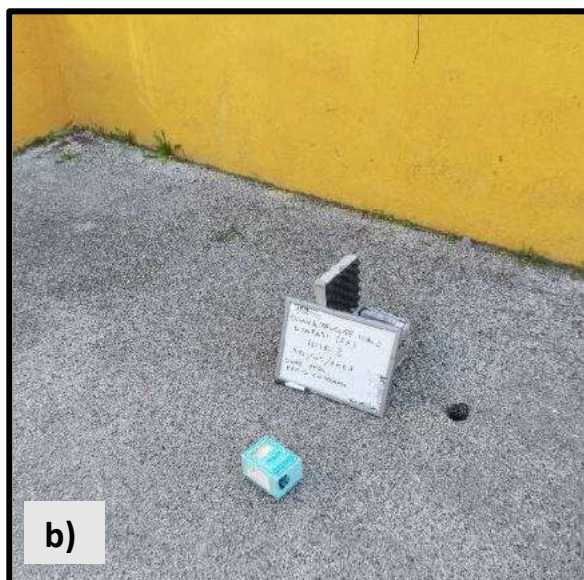
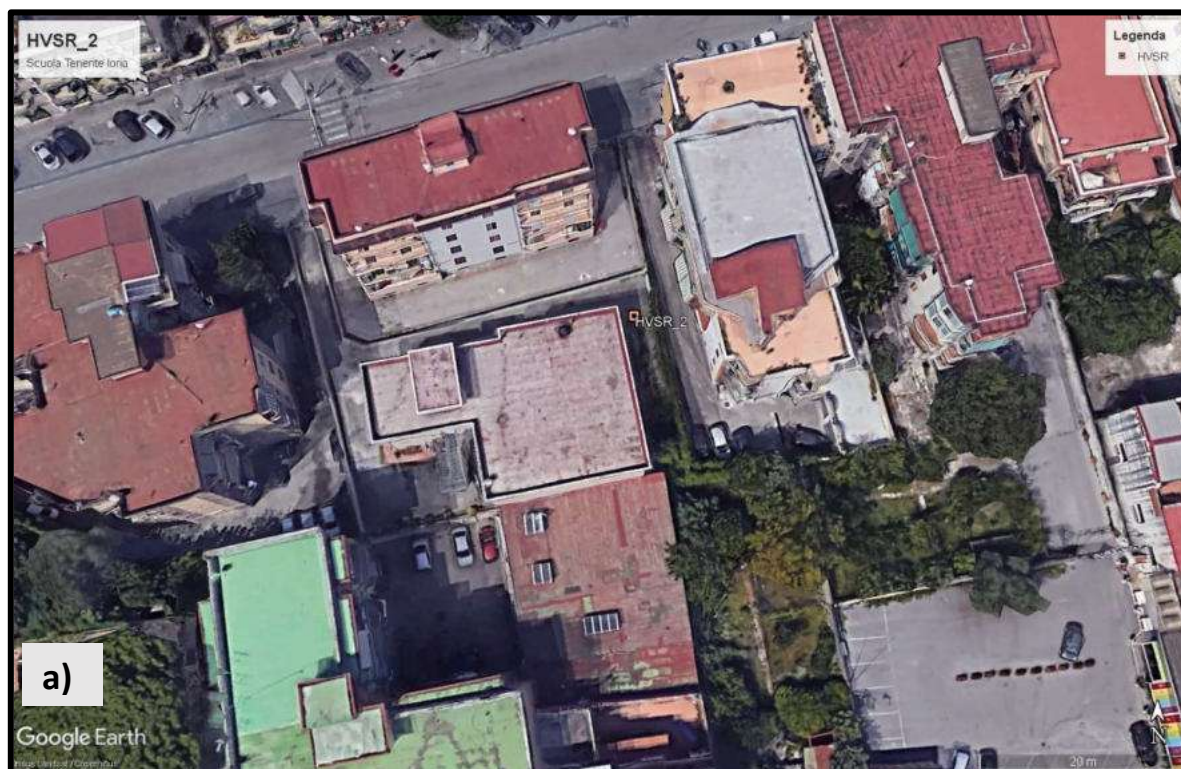


Figura 7.10 – Ubicazione indagine geofisica di tipo HVSR_2 (a) e relativa foto (b e c)



Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli
Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

SCAFATI, SCAFATI HVSr 2

Strumento: TEB-0504/01-19

Formato dati: 32 bit

Fondo scala [mV]: 89

Inizio registrazione: 30/01/2023 15:17:05 Fine registrazione: 30/01/2023 15:47:05

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN ; Y+ Y- ; X+ X- ; Z+ Z-

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h30'00". Analisi effettuata sull'intera traccia.

Freq. campionamento: 512 Hz

Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamiento: Triangular window

Lisciamiento: 10%



Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli

Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

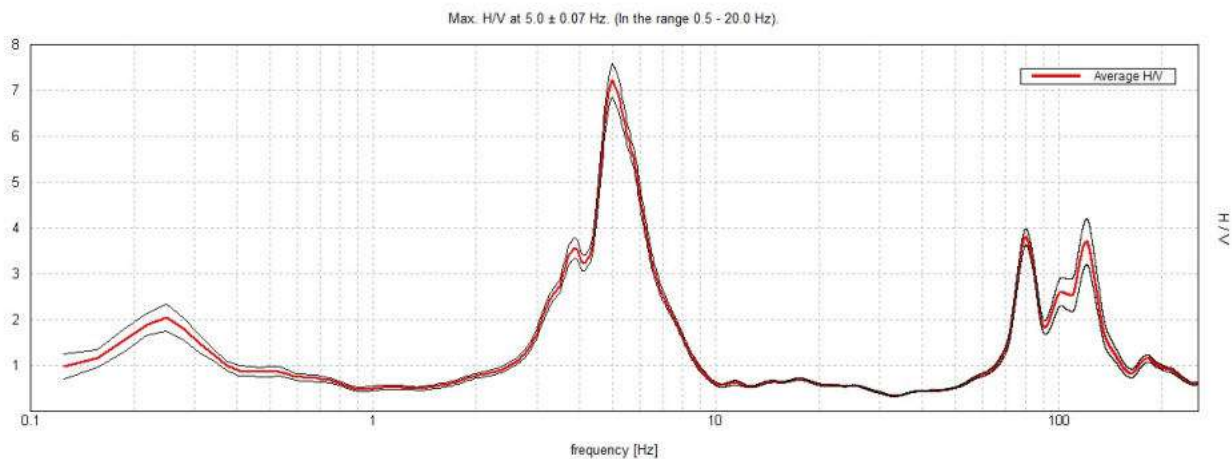


Figura 7.11 – Rapporto H/V

SERIE TEMPORALE H/V

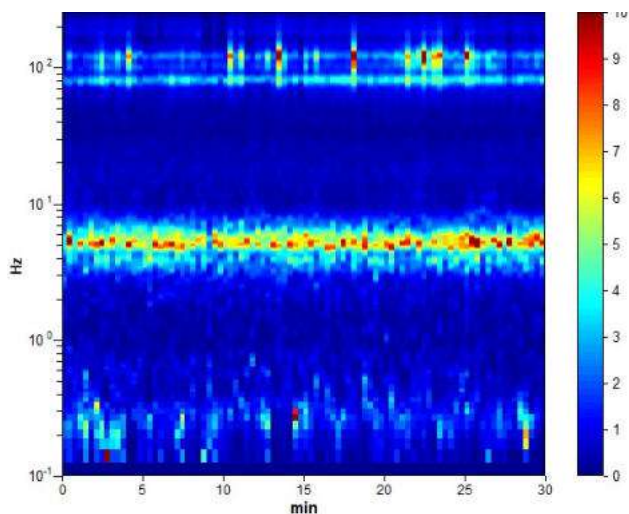


Figura 7.12 – Serie temporale HVSR_2

PETRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli

Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

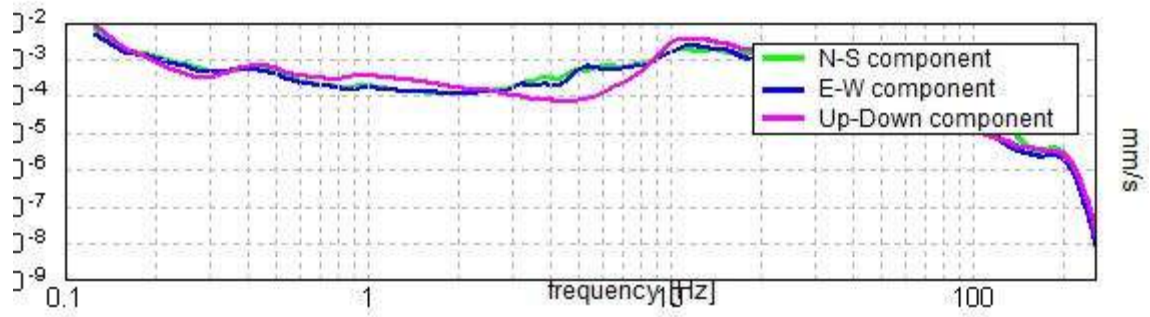


Figura 7.12 – Componenti HVS_R_2



Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli
Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

[Secondo le linee guida SESAME, 2005. **Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di *Grilla* prima di interpretare la tabella seguente.**]

Picco H/V a 5.0 ± 0.07 Hz (nell'intervallo 0.5 - 20.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$5.00 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$9000.0 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 241	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	4.344 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	6.406 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$7.21 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.01321 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.06605 < 0.25$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.3642 < 1.58$	OK	

L_w	lunghezza della finestra
n_w	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
f	frequenza attuale



Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli

Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

f_0	frequenza del picco H/V
σ_f	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	ampiezza della curva H/V alla frequenza f_0
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza f
f^-	frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$					
Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20



Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli
Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

8 MODELLAZIONE SISMICA E RISPOSTA SISMICA LOCALE

Ai fini della determinazione delle azioni sismiche di progetto nei modi previsti dalle NTC, la pericolosità sismica del territorio nazionale è definita convenzionalmente facendo riferimento ad un sito rigido (di categoria A) con superficie topografica orizzontale (di categoria T1), in condizioni di campo libero, cioè in assenza di manufatti. Il sito di riferimento sarà dunque caratterizzato da sottosuolo di categoria A e superficie topografica di categoria T1. In particolare, i caratteri del moto sismico su sito di riferimento rigido orizzontale sono descritti dalla distribuzione sul territorio nazionale delle seguenti grandezze, sulla base delle quali sono compiutamente definite le forme spettrali per la generica PVR:

- a_g = accelerazione orizzontale massima al sito in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria B);
- F_o = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_{C^*} = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Facendo riferimento ad informazioni così dettagliate e puntuali è possibile adottare, nella progettazione e verifica delle costruzioni, valori dell'azione sismica meglio correlati alla pericolosità sismica del sito, alla vita nominale della costruzione e all'uso cui essa è destinata, consentendo soluzioni più appropriate ed anche economiche, e nello stesso tempo, trattare le problematiche connesse alla pericolosità sismica adottando una classificazione sismica riferibile anche a porzioni territoriali dei singoli comuni. Nei confronti delle azioni sismiche, riferendosi alla costruzione nella sua complessità, quindi includendo elementi strutturali, non strutturali ed impianti, vengono identificati.

➤ Stati limite di Esercizio, che sono:

- ✓ Stato Limite di Operatività (SLO): al seguito del terremoto la costruzione, nel suo complesso, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significanti;
- ✓ Stato Limite di Danno (SLD): a seguito del terremoto la costruzione, nel suo complesso, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e rigidezza nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature:



Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli
Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

- stati limite Ultimi, che sono:
 - ✓ **Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV)**: a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una significativa rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;
 - ✓ **Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC)**: a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli
Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

8.1 PERICOLOSITÀ SISMICA DI “BASE”

Il territorio di Scafati così come l'intera regione è parte di un sistema geodinamico piuttosto complesso caratterizzato principalmente dai contatti tettonici del tipo “sovrascorrimento” legati inizialmente alla tettonica compressiva tangenziale, successivamente dislocati per la tettonica distensiva verticale pliocenica, tra i rilievi calcarei e i terreni argillosi complessi del versante pedemontano. Nell'intorno del comune di Scafati non si individuano faglie, diversamente vi sono faglie attive che interessano il complesso della Costiera Amalfitana (Figura 8.1). Tutte presentano una cinematica di tipo normale e risultano classificate come secondarie. Ne consegue che la pericolosità sismica determinata dalla presenza di sismogenetiche è alquanto elevata.

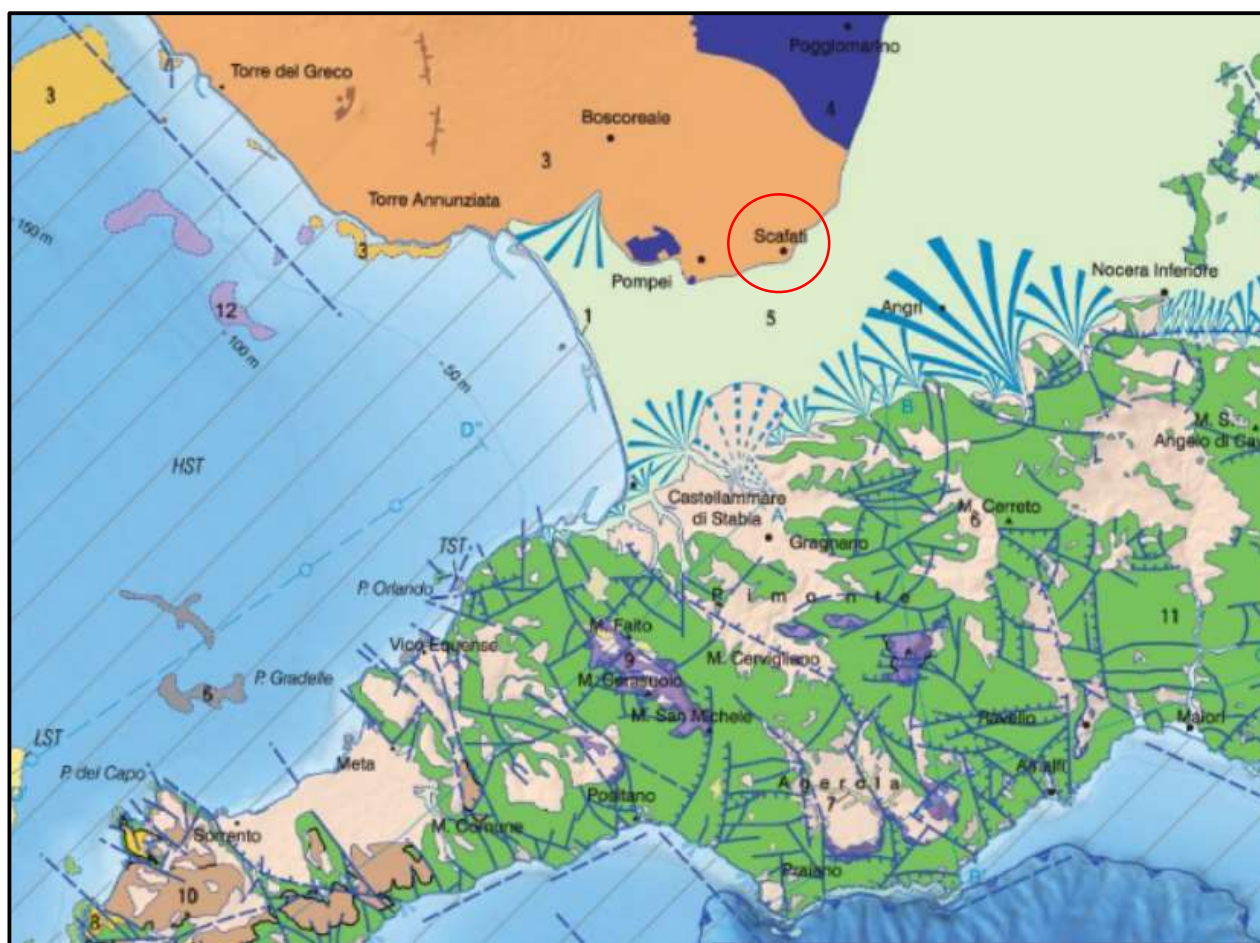


Figura 8.1 – Schema tettonico – Scafati (SA)

La pericolosità sismica di un territorio è determinata dalla frequenza e dalla sua sismicità ed è definita come la *probabilità che in una data area e in un certo intervallo di tempo accada un*



Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli
Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

terremoto che superi una soglia d'intensità, magnitudo o accelerazione di picco (Pga) di nostro interesse.

La carta della pericolosità sismica elaborata dall'I.N.G.V. nel 2004, in conformità alle disposizioni dell'O.P.C.M. n°3274 del 2003, è calcolata in base alle distribuzioni di a_{max} con probabilità di superamento del 10% in 50 anni. Per quanto riguarda la pericolosità sismica su reticolo di riferimento nell'intervallo di riferimento, fornito dai dati pubblicati sul sito dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (<http://esse1.mi.ingv.it/>) l'area di studio, ricade all'interno della zona 2 di pericolosità sismica con valori di accelerazione di picco al suolo con una probabilità di eccedenza pari al 10% in 50 anni su suolo rigido, compresi tra 0.100 e 0.125g, come mostrato in figura 8.2.



Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli

Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

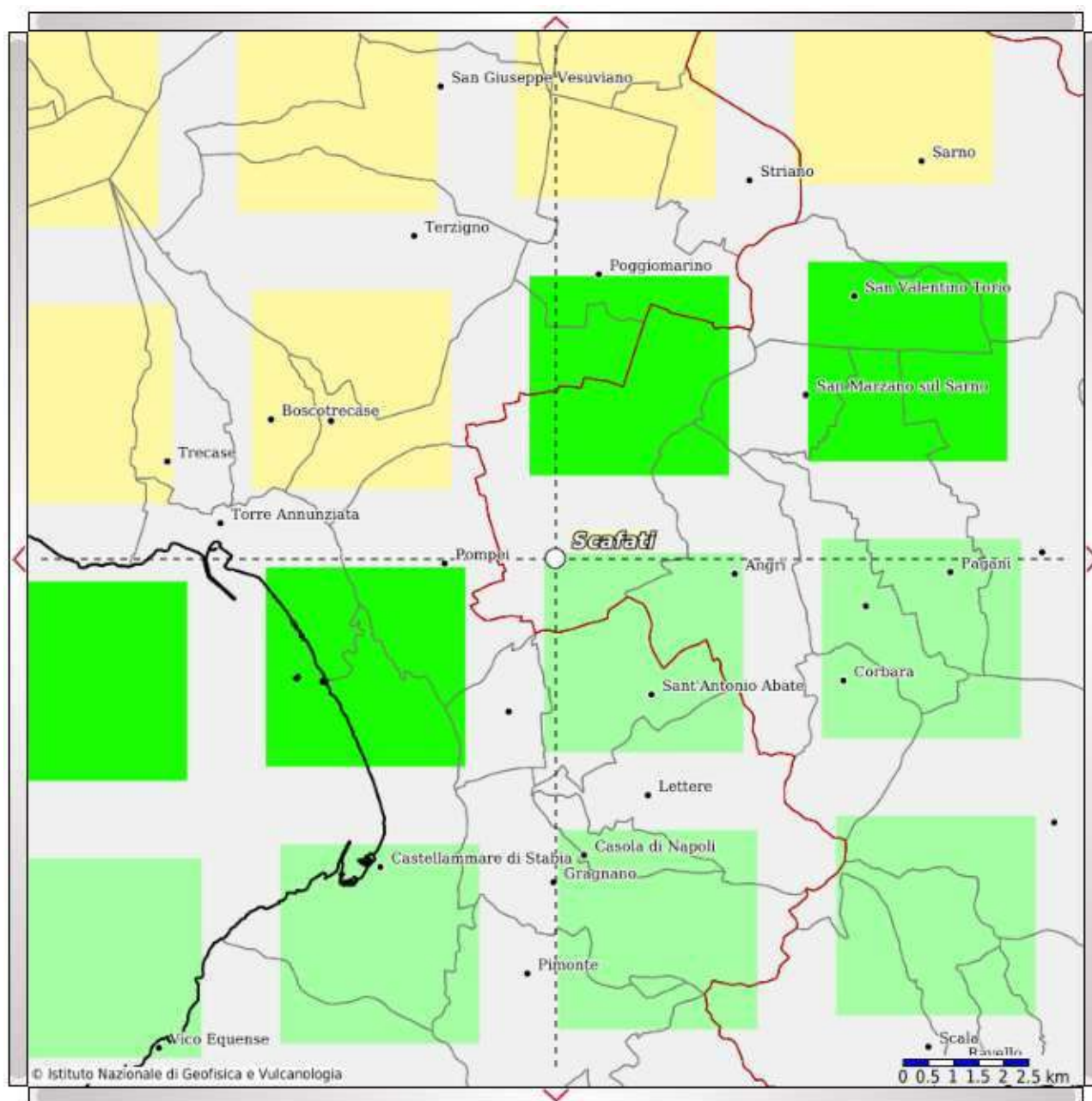


Figura 8.2 - Carta della pericolosità sismica scala 1:75.000 (INGV).

I suddetti valori devono essere quindi riformulati in base ai parametri sismici riferibili ad una scuola. È necessario infatti considerare la Vita Nominale dell'opera, intesa come il numero di anni nel quale la struttura, anche soggetta alla manutenzione ordinaria, deve poter essere usata per lo scopo al quale è destinata. Per un edificio scolastico, tale valore VN dev'essere pari almeno a 50 anni e tale verrà ipotizzato nel calcolo dello spettro di risposta sismica. Le azioni sismiche saranno quindi valutate in relazione a un periodo di riferimento VR che si ricava moltiplicando la vita



Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli
Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

nominale VN per il coefficiente d'uso CU, quest'ultimo definito sulla base della classe d'uso dell'edificio. Per gli edifici scolastici la classe d'uso dev'essere pari alla Classe III (Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi). Infine la valutazione della sicurezza e la progettazione dovranno essere eseguite, in accordo a quanto prescritto nel Capitolo 7 delle NTC 2018, con riferimento agli Stati Limite Ultimi e di Esercizio. Le Verifiche agli SLU possono essere eseguite rispetto alla condizione di salvaguardia della vita (SLV) o, in alternativa, alla condizione di collasso (SLC).

Riassumendo dunque i suddetti parametri sismici:

- Coordinate geografiche del sito: Lat. 40.750; Long. 14.516 (datum WGS84);
- Classe d'Uso: III (Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi);
- Vita Nominale: 50 anni.

Si ottengono per i vari stati limite previsti in normativa, le seguenti grandezze riassunte nelle tabelle seguenti:

Stato Limite	Tr (anni)	a_g (g)	Fo	Tc'
Operatività (SLO)	45	0,0509	2,3558	0,3124
Danno (SLD)	75	0,0645	2,3932	0,3315
Salvaguardia vita (SLV)	712	0,1537	2,4797	0,3769
Prevenzione collasso (SLC)	1462	0,1912	2,527	0,3874

Tabella 16 – Valori di Tr, Ag, Fo e Tc' per per edificio classe III con Vn pari a 50 anni.



Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli

Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

8.2 DEFINIZIONE DELLA CATEGORIA DI SOTTOSUOLO E DEL COEFFICIENTE DI AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA

Una volta definita la pericolosità sismica di base, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare anche l'effetto della risposta sismica locale mediante il ricorso ad un approccio semplificato al fine di ottenere la categoria del suolo di fondazione del sito in esame così come definita nella tabella 17.

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

Tab. 17 – Classificazione sismica del sottosuolo.

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;



Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli
Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

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 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.

Come riportato precedentemente, nel sito è stata eseguita n.1 prospezione sismiche di tipo Down – Hole e n.2 indagini HVSR che hanno permesso di ricostruire il profilo di velocità delle onde di taglio V_s ed il calcolo della V_{s30} e della V_{Seq} . Si sono infatti riscontrate velocità delle onde V_s superiori a 800 m/s nei depositi fino a 30 m. È stato quindi determinato il parametro V_{Seq} del sito, definendo la categoria di suolo nell'area investigata:

- Tramite l'indagine Down Hole è stata calcolata una V_{Seq} pari a **447 m/s**;
- **H=15 m.**

Entrambe le indagini hanno quindi fornito un valore attribuibile alla categoria di suolo **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

Per sottosuolo di categoria A i coefficienti S_s e C_c valgono 1. 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^*C relativi al sottosuolo di categoria A, mediante le espressioni fornite nella Tabella 6 (Tab. 3.2.IV delle NTC2018), nelle quali $g = 9,81$ m/s² e l'accelerazione di gravità e T^*C e espresso in secondi:

**Dott. Geol. Fabio Lombardi**

Via Augusto de Martino, 10, Napoli

Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

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

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

Tab. 18 – Tab. 3.2.IV delle NTC2018



Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli
Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

8.3 CONDIZIONI TOPOGRAFICHE E COEFFICIENTE DI AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA

Per la progettazione o la verifica di opere e sistemi geotecnici realizzati su versanti e per l'analisi delle condizioni di stabilità dei pendii, la valutazione dell'amplificazione topografica può essere effettuata mediante analisi di risposta sismica locale o utilizzando il coefficiente di amplificazione topografica S_T . Il parametro S_T deve essere applicato nel caso di configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, di altezza superiore a 30 m. Gli effetti topografici possono essere trascurati per pendii con inclinazione media inferiore a 15° , altrimenti si applicano i criteri indicati nel capitolo 3.2.2. del D.M. 17.01.2018 secondo le categorie topografiche indicate nelle tabelle seguenti.

Tab. 3.2.III – Categorie topografiche

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 $i > 30^\circ$

Tab. 19 – Categorie topografiche

Nel caso in esame l'area risulta caratterizzata da gradienti di pendenza $>15^\circ$, per cui ricade nella **categoria T1** a cui va attribuito un coefficiente di amplificazione topografica S_T pari a 1,0 come riportato nella tabella 3.2 V delle N.T.C. 2018.

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°	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°	1,4

Tab. 20 – Valori di amplificazione topografica S_T

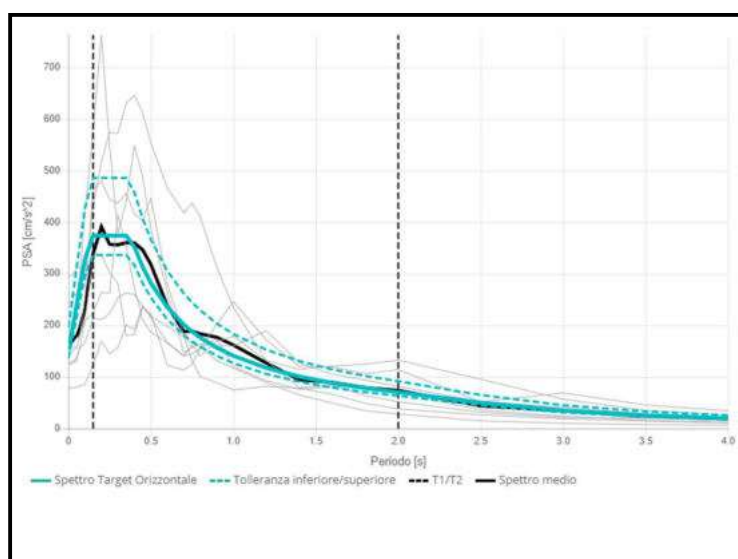


Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli
Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

8.4 RISPOSTA SISMICA LOCALE

Al fine di valutare la risposta sismica locale e la reale attendibilità delle Categorie di Sottosuolo e del coefficiente Topografico è stato utilizzato il codice di calcolo STRATA, all'interno del quale ciascun punto della superficie esaminato viene definito mediante un modello di sottosuolo monodimensionale, ossia a strati paralleli, in cui bisogna specificare la stratigrafia lungo la verticale considerata. Nel rispetto della normativa vigente è stata effettuata una modellazione numerica assegnando una severità dell'azione sismica con la probabilità di superamento, P , e con il periodo di ritorno, T_r , relativi agli stati limite considerati. In particolare, è stata considerata una vita nominale della costruzione (V_n) di 50 anni, una classe d'uso (C_u) di III con il relativo coefficiente pari a 1,5 e quindi una vita di riferimento $V_r = 50$ anni. A partire da queste indicazioni si è determinato un periodo di ritorno dell'azione sismica di 712 anni corrispondenti allo stato limite ultimo di salvaguardia della vita (SLV).



Una volta estrapolati gli accelerogrammi spettrocompatibili con il sito di esame, e dopo aver costruito un adeguato modello di terreno, si è proceduti all'analisi di risposta sismica locale facendo propagare gli accelerogrammi di input, opportunamente scalati rispetto alla PGA di riferimento per ciascun stato limite, dal bedrock alla superficie.

Gli *input* sismici utilizzati sono rappresentati da una settupla di storie accelerometriche applicate alla base del modello per lo stato limite considerato e riferite agli spettri di normativa calcolati per il sito in esame, considerando un sottosuolo di roccia affiorante (classe A) con topografia sub-orizzontale (T1) e correttamente deconvoluto (v. Dynamic Analysis della ITASCA, 2018). In particolare, gli accelerogrammi sono stati ricavati tramite l'utilizzo del software REXEL - *computer aided record selection for code-based seismic structural analysis*.

Per la caratterizzazione meccanica dei vari litotipi presenti è stato necessario definire le curve di decadimento del modulo di rigidezza al taglio normalizzata G/G_{max} e di incremento del fattore



Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli

Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

di smorzamento D rispetto alla deformazione tangenziale. Non essendo disponibili misurazioni dirette effettuate in laboratorio attraverso la prova triassiale ciclica o tramite colonna risonante, si è fatto ricorso a curve di letteratura, scegliendo tra quelle associate a terreni aventi caratteristiche simili a quelli del caso di studio.

A seguire si mostra il modello sismo - stratigrafico impiegato per l'analisi di risposta sismica locale 1D.

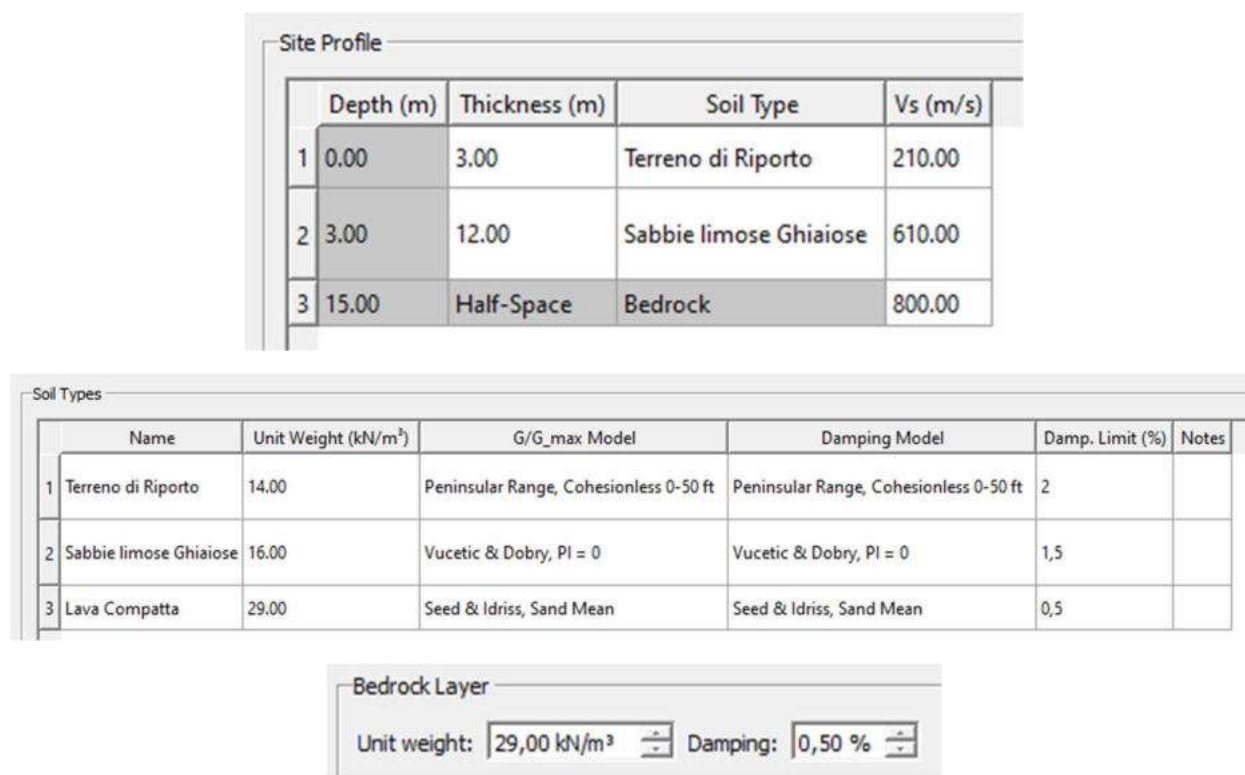


Figura 8.3. – Modello sismostratigrafico utilizzato nel software STRATA per l'analisi di RSL 1D



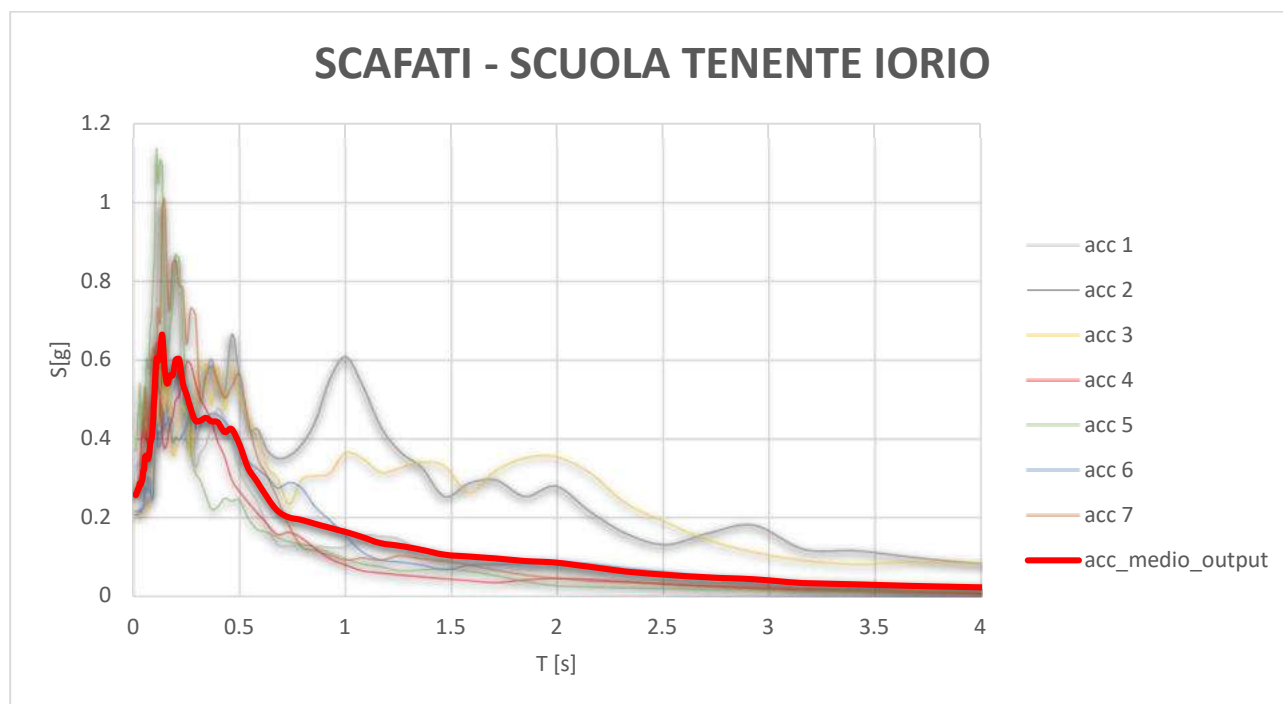
Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli

Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

➤ **ANALISI ALLO STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA (SLC)**

Step n.1: le linee acc1, acc2, acc3, acc4, acc5, acc6 e acc7 rappresentano gli spettri di risposta elastica calcolati in superficie (tetto del modello) per ogni evento sismico modellizzato. La media di questi è rappresentata dalla linea rosa puntinato in nero (acc_medio; v. Tabella seguente).



Step n.2: lo spettro di risposta medio viene confrontato con quelli derivanti dalla procedura semplificata di risposta sismica locale e identificabile nelle categorie di sottosuolo.

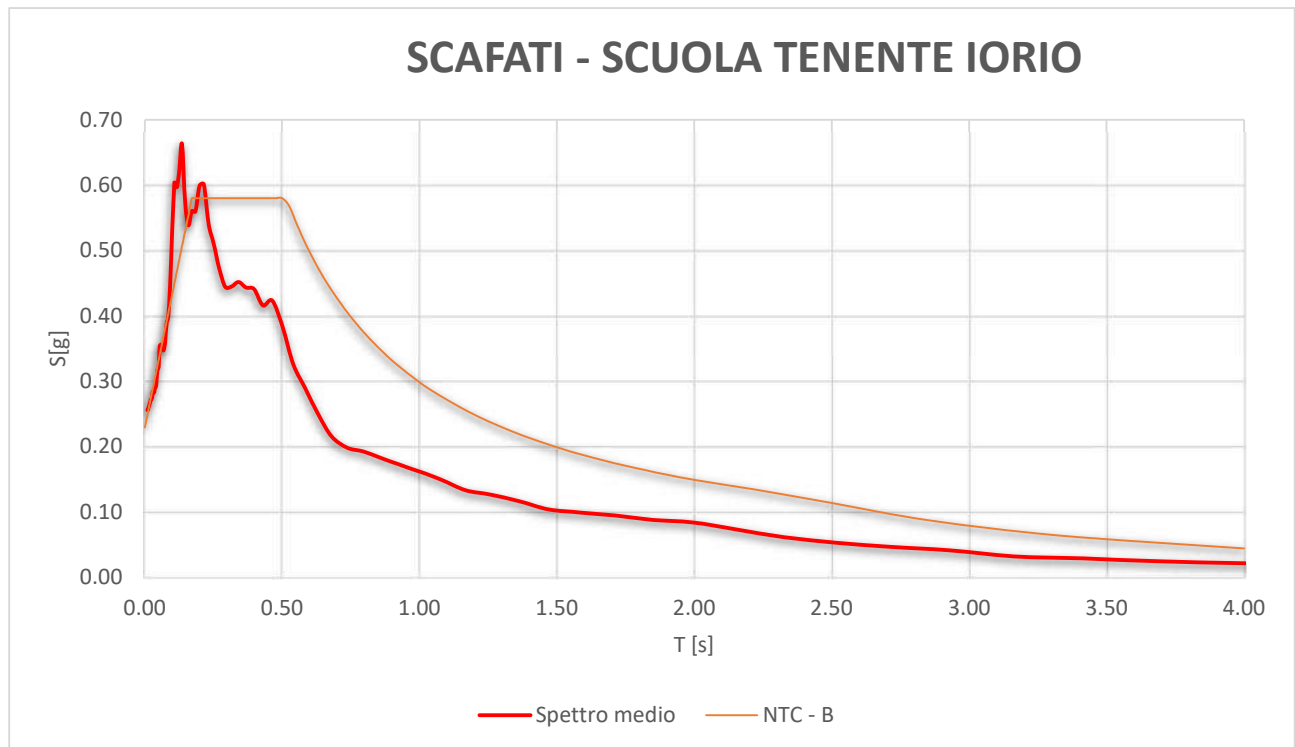
Lo spettro di risposta elastico ottenuto, presenta valori massimi di a_g di circa 0,601 ag/g a circa 0,21 s.



Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli

Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com



Dal grafico sopra riportato, si può osservare che:

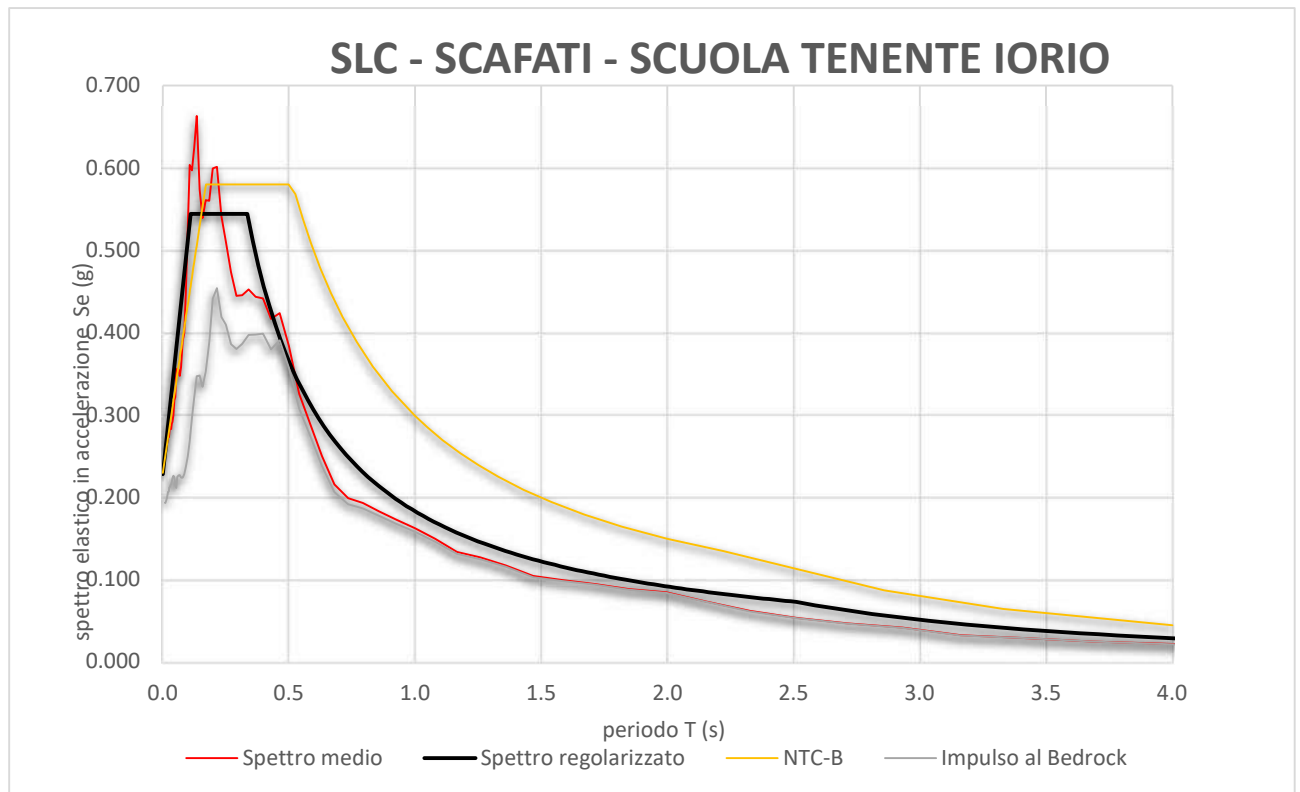
- per periodi fino a circa 0,21 s la Categoria di appartenenza B-T1 sottostima leggermente i valori di ag ottenuti con la modellazione, al contrario, per periodi superiori a 0,45 s lo spettro di sottosuolo di categoria B-T1 sovrastima i valori di ag.



Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli

Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com



- Considerando lo spettro regolarizzato, possiamo inoltre notare che lo spettro di sottosuolo di categoria B-T1 delle NTC, al quale il sito appartiene, risulta leggermente sottostimato per periodi fino a 0.15 s; per periodi maggiori a 0.15 s, diversamente, lo spettro di categoria B-T1 delle NTC appare sovrastimato.



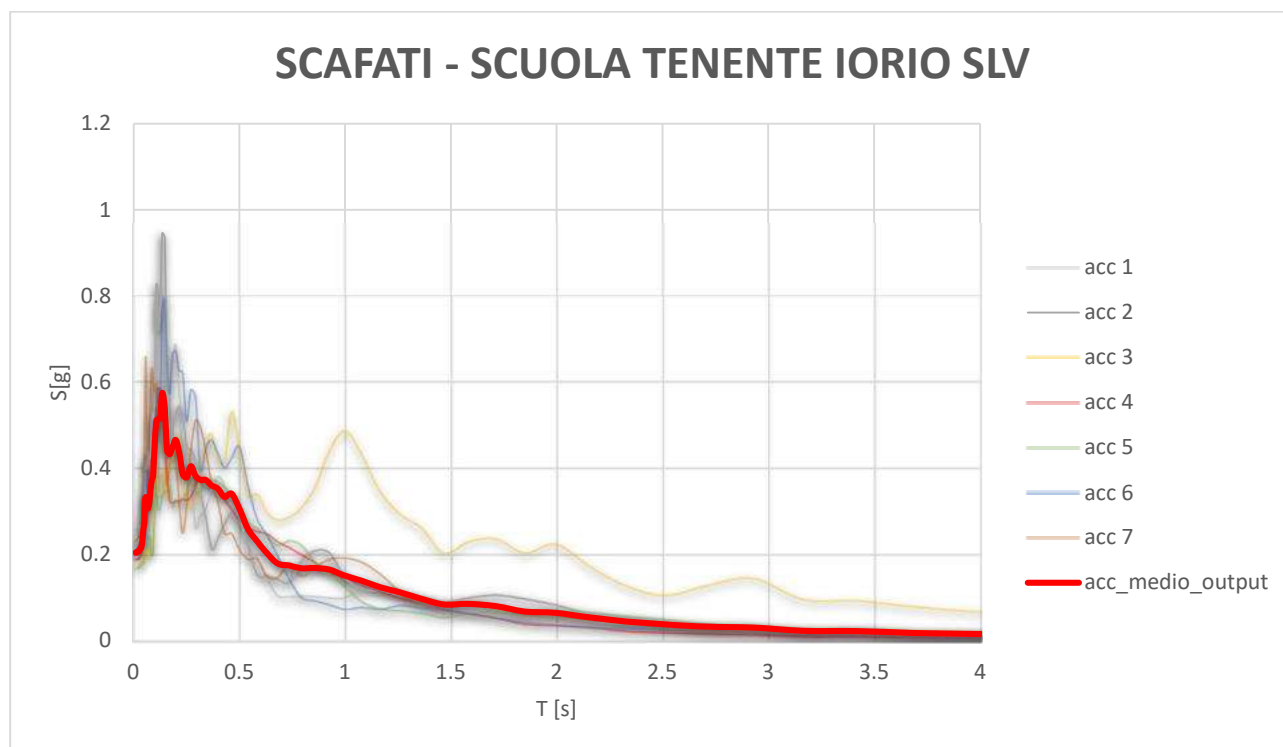
Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli

Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

➤ **ANALISI ALLO STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA (SLV)**

Step n.1: le linee acc1, acc2, acc3, acc4, acc5, acc6 e acc7 rappresentano gli spettri di risposta elastica calcolati in superficie (tetto del modello) per ogni evento sismico modellizzato. La media di questi è rappresentata dalla linea rosa puntinato in nero (acc_medio; v. Tabella seguente).



Step n.2: lo spettro di risposta medio viene confrontato con quelli derivanti dalla procedura semplificata di risposta sismica locale e identificabile nelle categorie di sottosuolo.

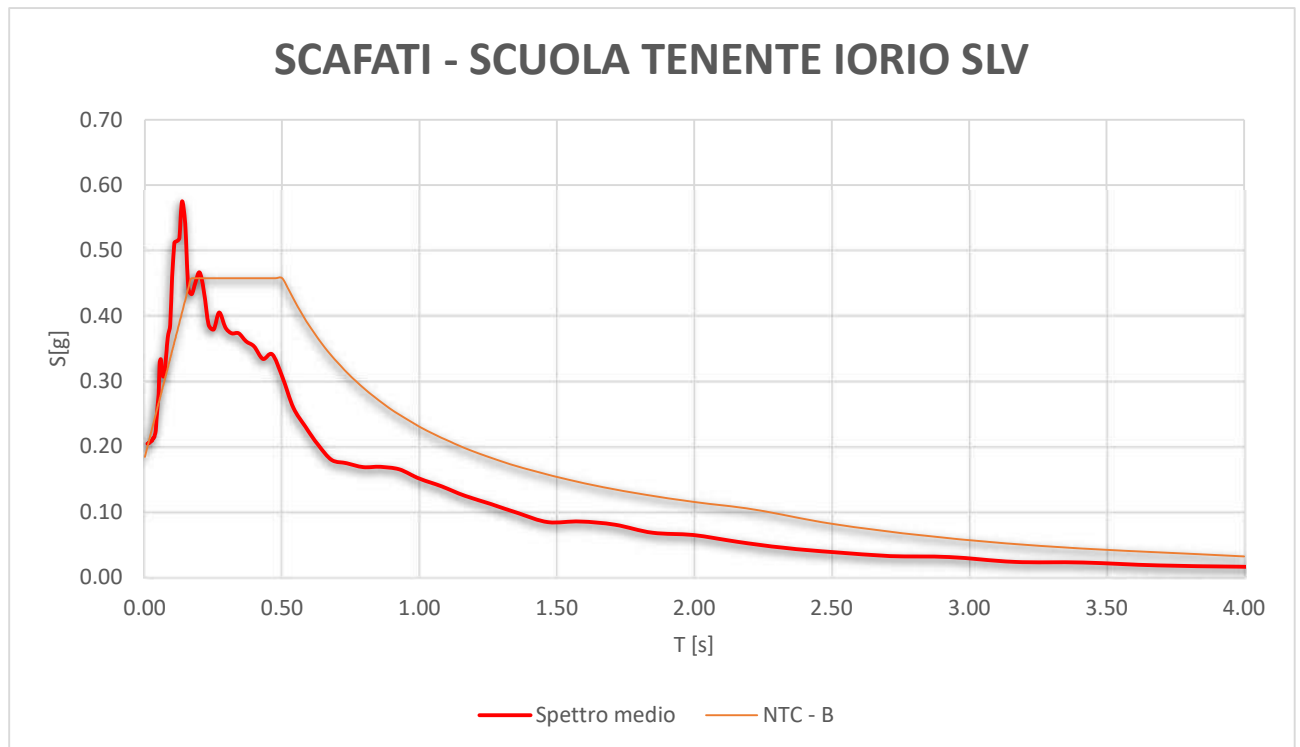
Lo spettro di risposta elastico ottenuto, presenta valori massimi di a_g di circa 0,575 g a circa 0,13 s.



Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli

Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com



Dal grafico sopra riportato, si può osservare che:

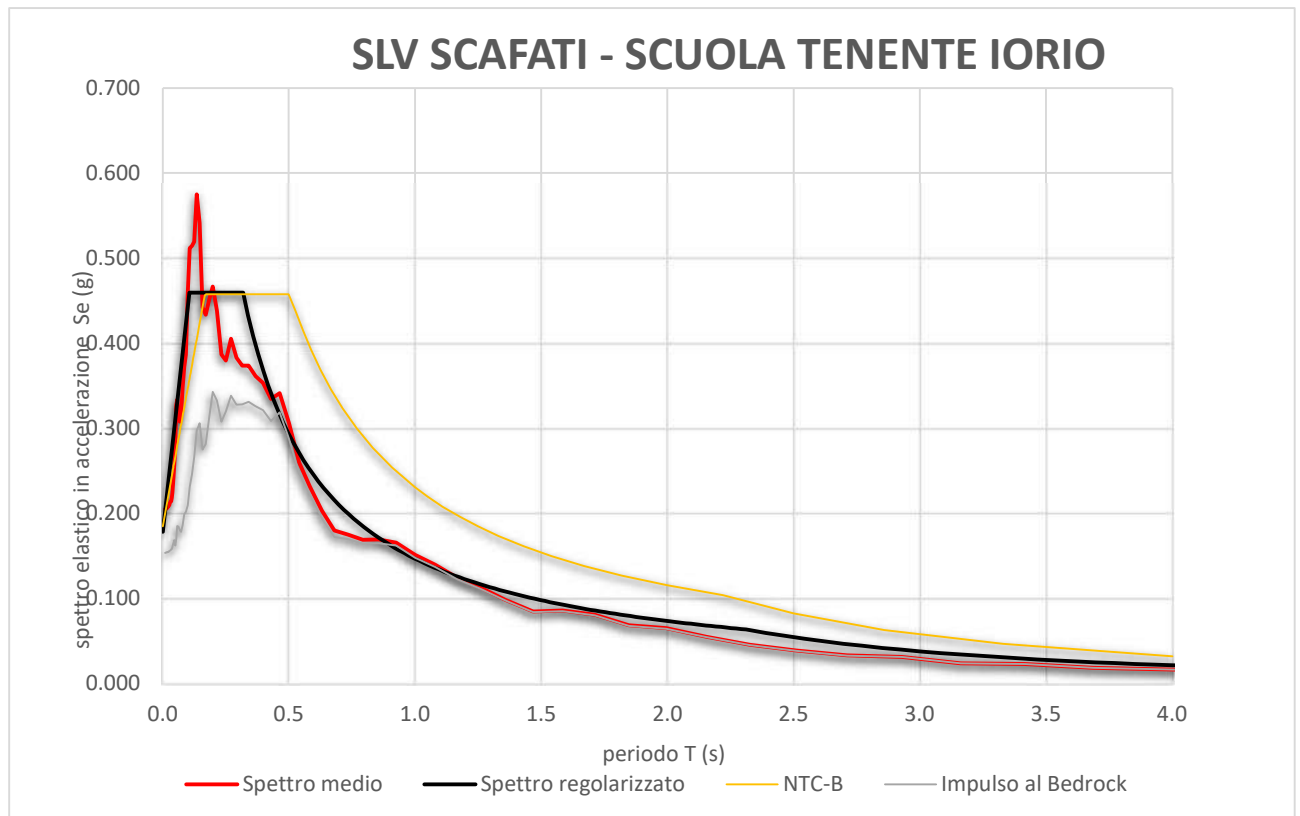
- per periodi fino a circa 0,45 s la Categoria di appartenenza B-T1 sottostima i valori di ag ottenuti con la modellazione, al contrario, per periodi superiori a 0,45 s lo spettro di sottosuolo di categoria B-T1 ha valori più elevati dello spettro calcolato..



Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli

Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com



- Considerando lo spettro regolarizzato, possiamo inoltre notare che lo spettro di sottosuolo di categoria B-T1 delle NTC, al quale il sito appartiene, risulta simile con lo spettro di risposta modellato per periodi inferiori a 0,45 s, mentre per periodi maggiori lo spettro di sottosuolo di categoria B-T1 è sovrastimato.



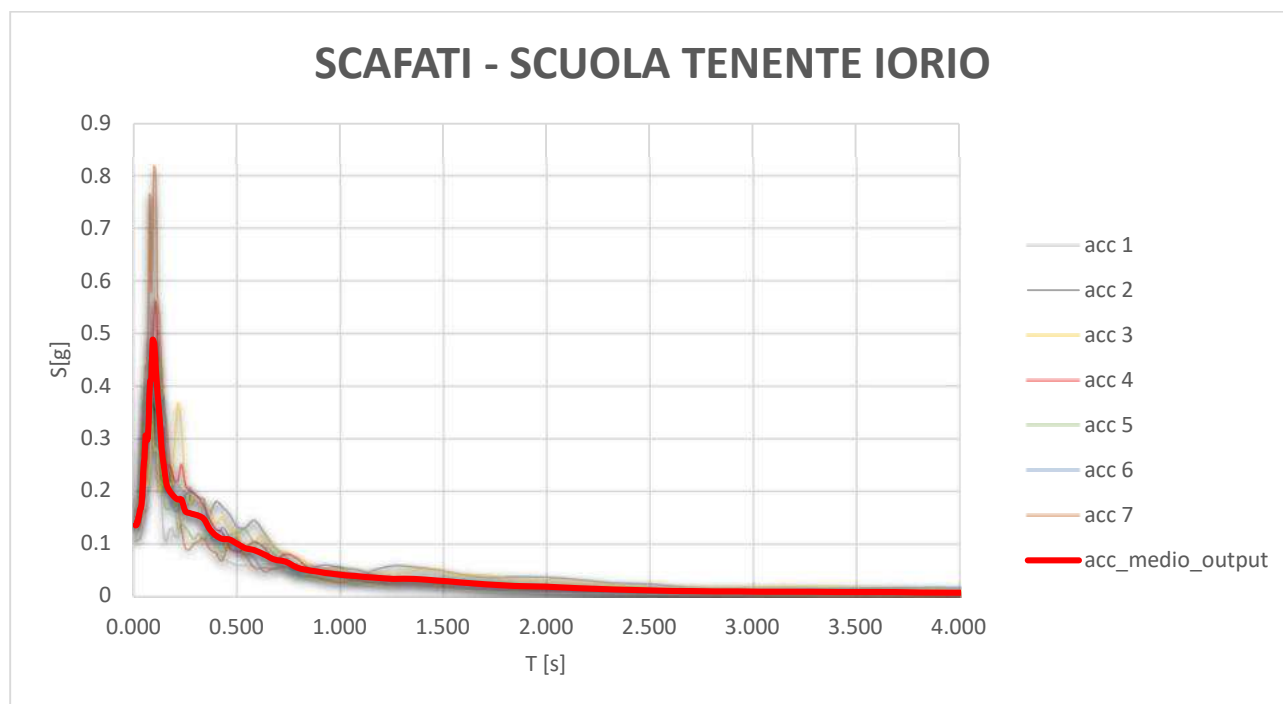
Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli

Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

➤ **ANALISI ALLO STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA (SLD)**

Step n.1: le linee acc1, acc2, acc3, acc4, acc5, acc6 e acc7 rappresentano gli spettri di risposta elastica calcolati in superficie (tetto del modello) per ogni evento sismico modellizzato. La media di questi è rappresentata dalla linea rosa puntinato in nero (acc_medio; v. Tabella seguente).



Step n.2: lo spettro di risposta medio viene confrontato con quelli derivanti dalla procedura semplificata di risposta sismica locale e identificabile nelle categorie di sottosuolo.

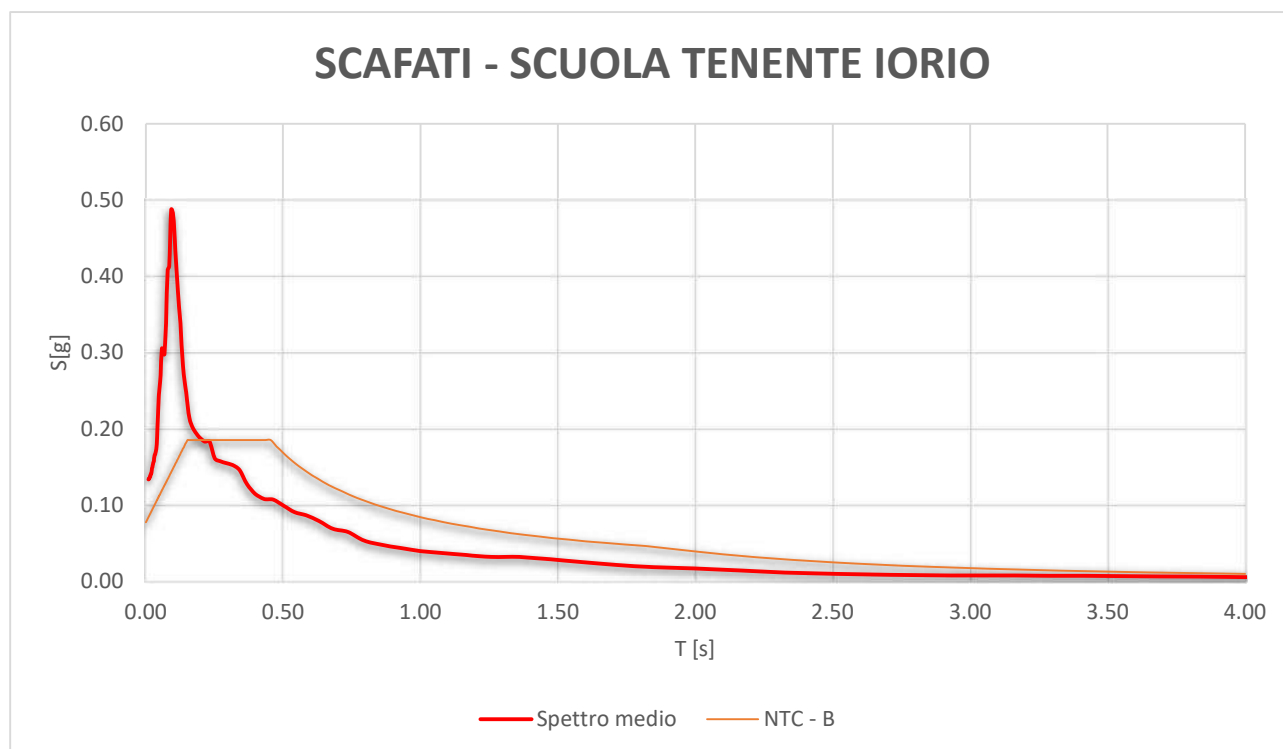
Lo spettro di risposta elastico ottenuto, presenta valori massimi di a_g di circa 0,487 ag/g a circa 0,09 s.



Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli

Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com



Dal grafico sopra riportato, si può osservare che:

- per periodi fino a circa 0,23 s la Categoria di appartenenza B-T1 sottostima i valori di ag ottenuti con la modellazione, al contrario, per periodi superiori a 0,23 s lo spettro di sottosuolo di categoria B-T1 sovrastima i valori di ag.

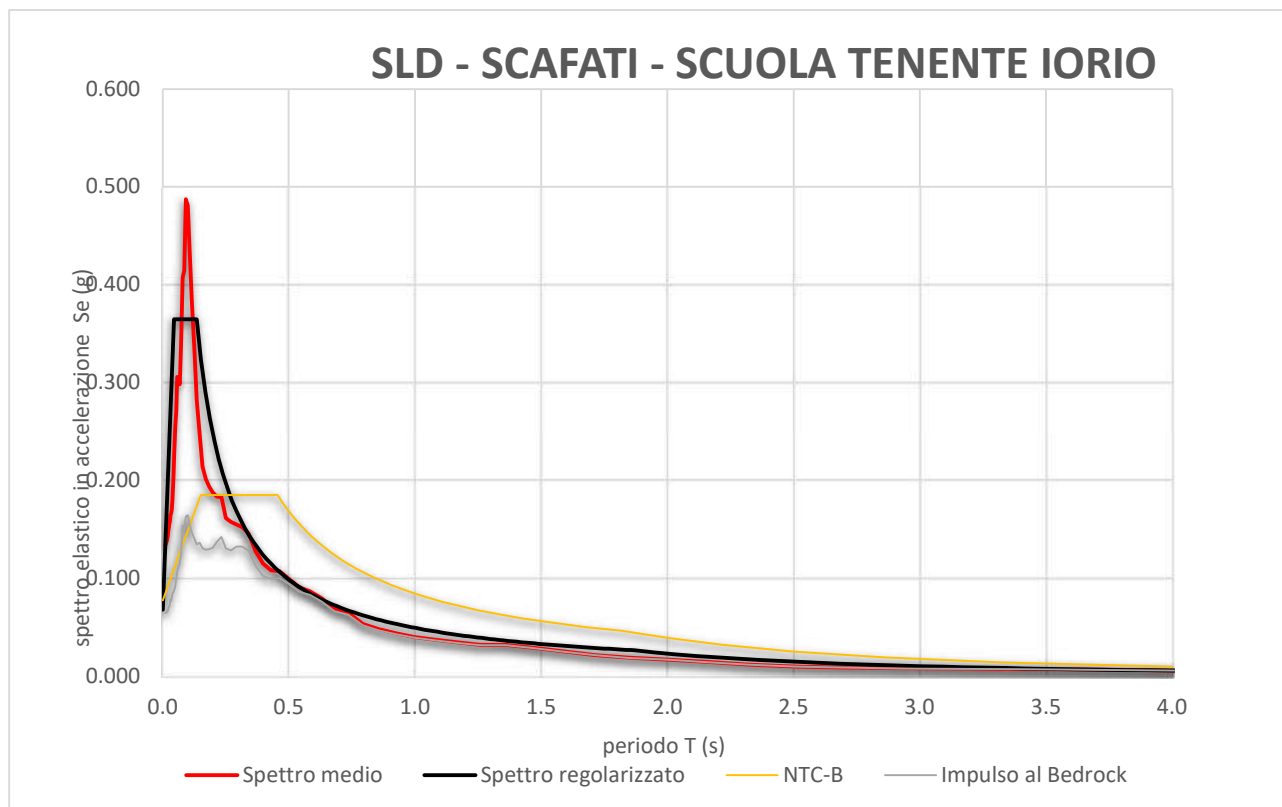


Dott. Geol. Fabio Lombardi

L.F. Geologia

Via Augusto de Martino, 10, Napoli

Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com



- Considerando lo spettro regolarizzato, possiamo inoltre notare che lo spettro di sottosuolo di categoria B-T1 delle NTC, al quale il sito appartiene, risulta sottostimato per periodi fino a 0.28 s; per periodi maggiori a 0.28 s, diversamente, lo spettro di categoria B-T1 delle NTC appare sovrastimato.



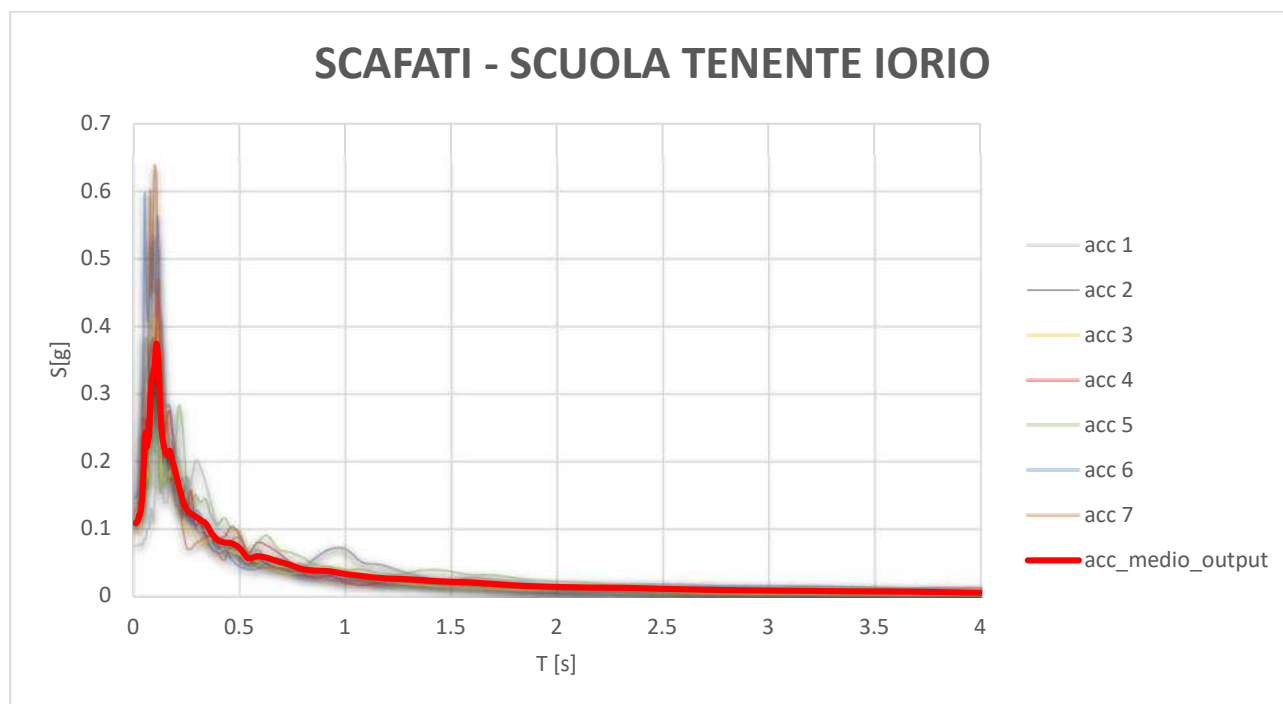
Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli

Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

➤ **ANALISI ALLO STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA (SLO)**

Step n.1: le linee acc1, acc2, acc3, acc4, acc5, acc6 e acc7 rappresentano gli spettri di risposta elastica calcolati in superficie (tetto del modello) per ogni evento sismico modellizzato. La media di questi è rappresentata dalla linea rosa puntinato in nero (acc_medio; v. Tabella seguente).



Step n.2: lo spettro di risposta medio viene confrontato con quelli derivanti dalla procedura semplificata di risposta sismica locale e identificabile nelle categorie di sottosuolo.

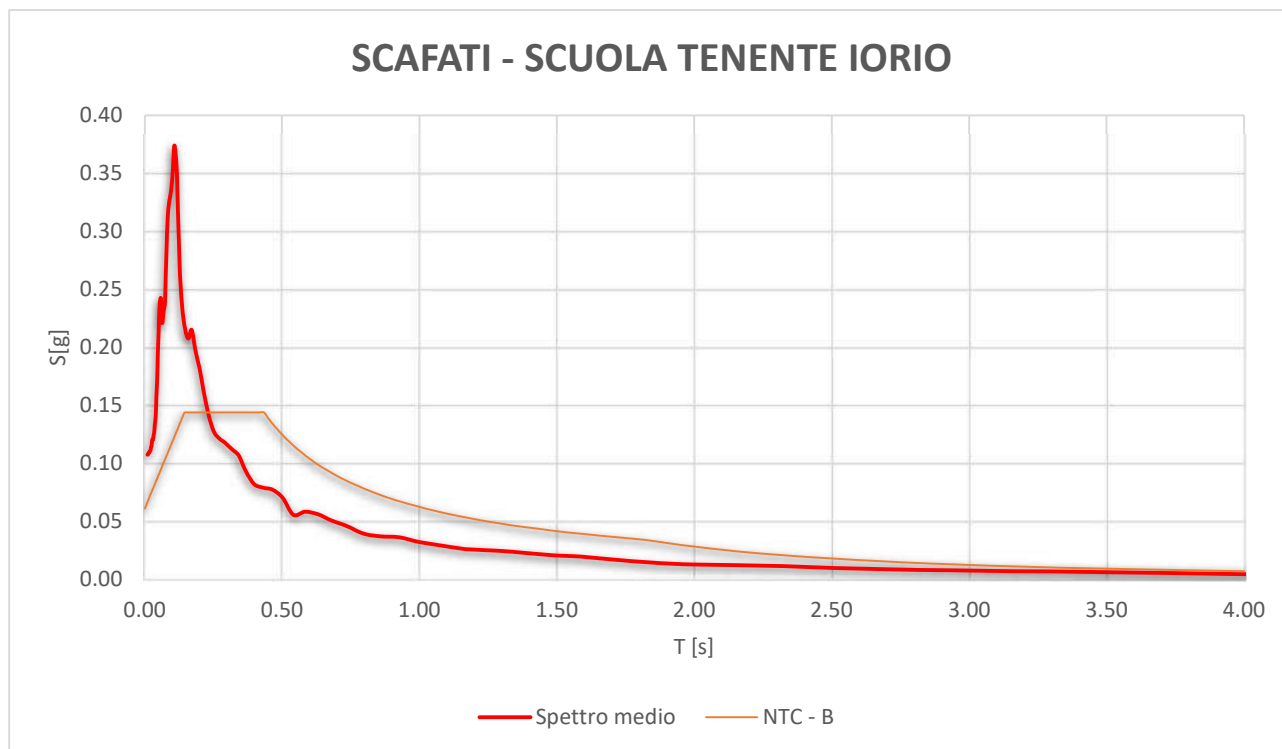
Lo spettro di risposta elastico ottenuto, presenta valori massimi di a_g di circa 0,347 ag/g a circa 0,10 s.



Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli

Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com



Dal grafico sopra riportato, si può osservare che:

- per periodi fino a circa 0,24 s la Categoria di appartenenza B-T1 sottostima i valori di ag ottenuti con la modellazione, al contrario, per periodi superiori a 0,23 s lo spettro di sottosuolo di categoria B-T1 sovrastima i valori di ag.

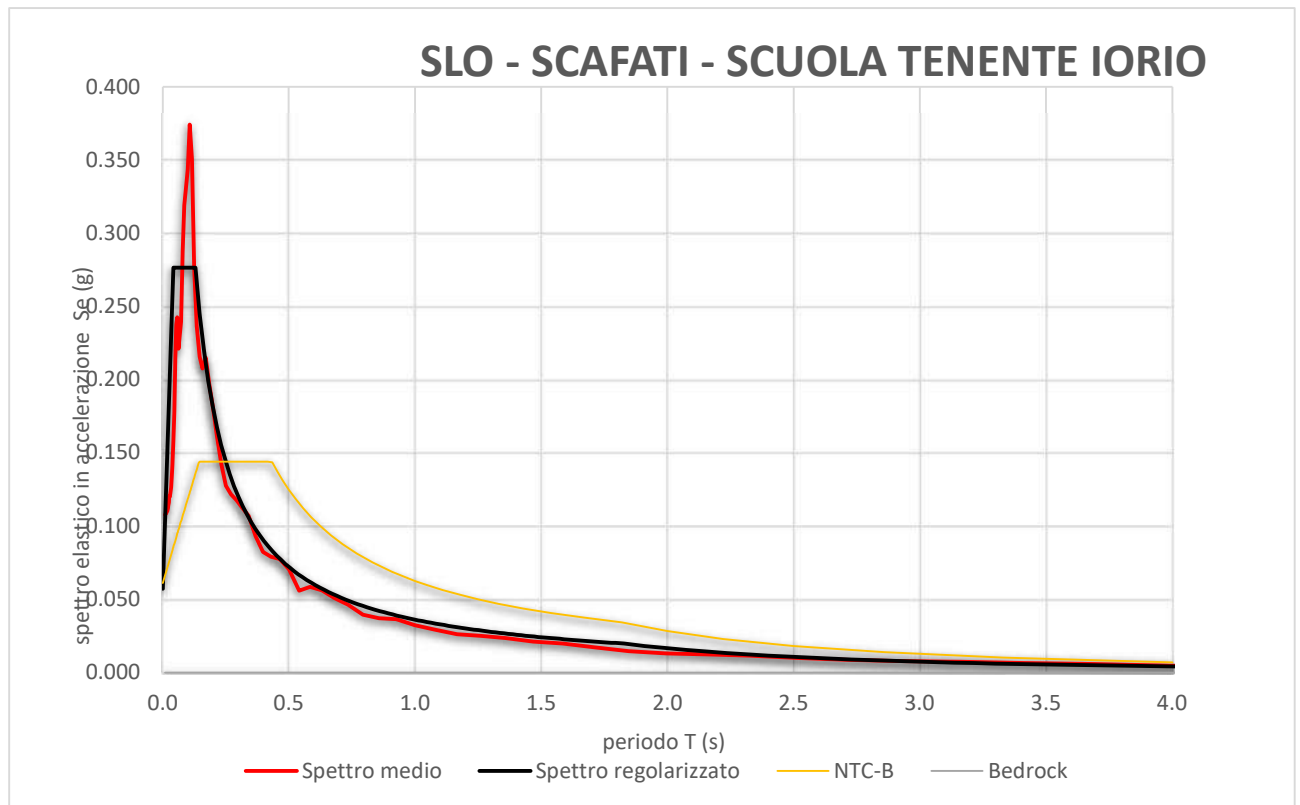


Dott. Geol. Fabio Lombardi

L.F. Geologia

Via Augusto de Martino, 10, Napoli

Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com



- Considerando lo spettro regolarizzato, possiamo inoltre notare che lo spettro di sottosuolo di categoria B-T1 delle NTC, al quale il sito appartiene, risulta sottostimato per periodi fino a 0.28 s; per periodi maggiori a 0.28 s, diversamente, lo spettro di categoria B-T1 delle NTC appare sovrastimato.



Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli
Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

➤ **Spettri di risposta in accelerazione delle componenti orizzontali**

Analogamente a quanto fatto per lo stato limite di salvaguardia, attraverso il software STRATA, sono stati valutati gli spettri di risposta elastici per i restanti stati limite previsti in normativa (SLO; SLD; SLC). Di seguito si riportano i seguenti parametri sismici e relativi spettri di risposta:

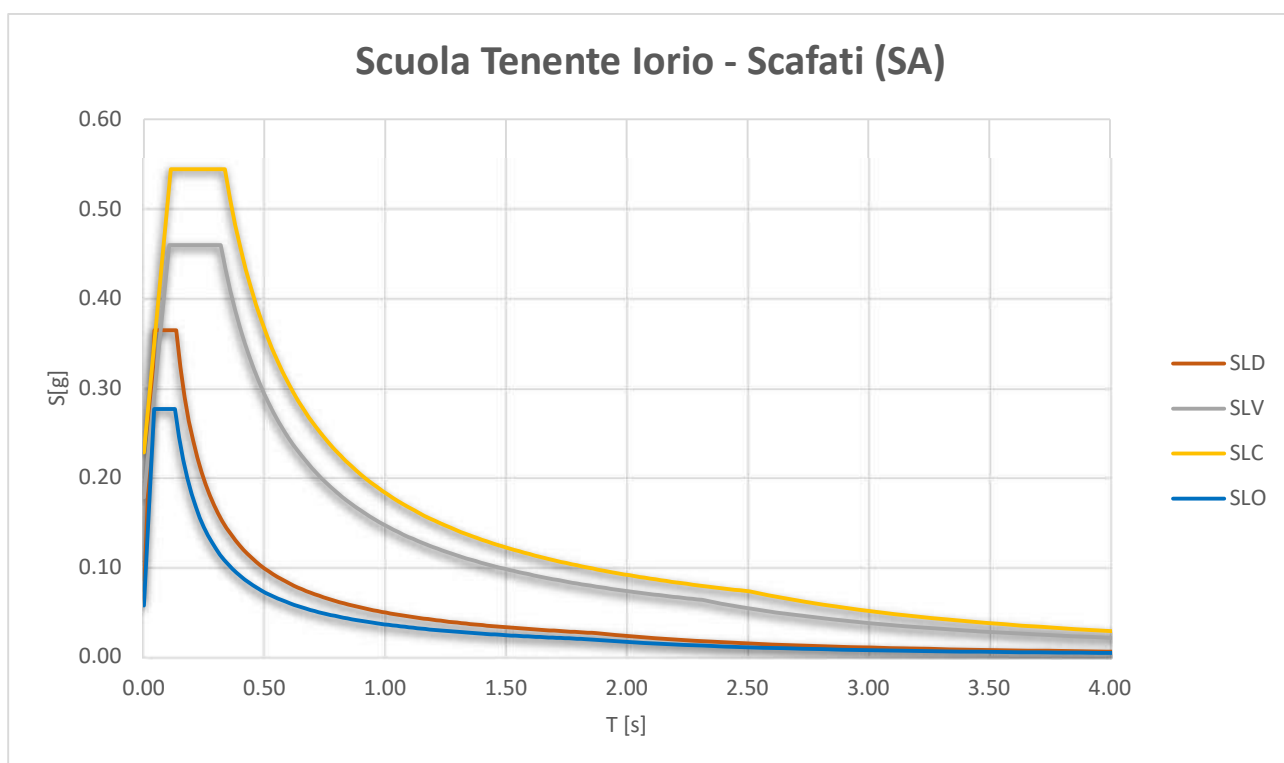


Figura 8.4 – Spettro elastico, componente orizzontale

	Cu	Ag (g)	Fo	Tc' [s]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se	Cc
SLO	1.5	0,0571	4,839	0,3124	0,0434	0,130	1,828	0,240	1.388
SLD	1.5	0,0680	5,363	0,3315	0,0451	0,135	1,872	0,329	1.371
SLV	1.5	0,1780	2,580	0,3769	0,106	0,319	3.105	0,459	1.337
SLC	1.5	0,2277	2.3894	0.3874	0.112	0.335	2.511	0.544	1.329

Tab. 21 – Valori di risposta sismica locale orizzontale



Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli

Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

SLC		SLV		SLD		SLO	
0.0000	0.2278	0.0000	0.1780	0.0000	0.0680	0.0000	0.0571
0.1120	0.5443	0.1064	0.4595	0.0451	0.3648	0.0435	0.2765
0.3360	0.5443	0.3191	0.4595	0.1353	0.3648	0.1304	0.2765
0.3577	0.5112	0.3390	0.4325	0.1527	0.3233	0.1474	0.2447
0.3795	0.4819	0.3590	0.4085	0.1701	0.2903	0.1644	0.2194
0.4012	0.4558	0.3789	0.3870	0.1874	0.2634	0.1814	0.1988
0.4230	0.4323	0.3988	0.3677	0.2048	0.2410	0.1984	0.1818
0.4447	0.4112	0.4187	0.3502	0.2222	0.2222	0.2153	0.1675
0.4665	0.3920	0.4387	0.3342	0.2395	0.2061	0.2323	0.1552
0.4883	0.3746	0.4586	0.3197	0.2569	0.1921	0.2493	0.1447
0.5100	0.3586	0.4785	0.3064	0.2743	0.1800	0.2663	0.1354
0.5318	0.3439	0.4985	0.2942	0.2916	0.1693	0.2833	0.1273
0.5535	0.3304	0.5184	0.2828	0.3090	0.1597	0.3002	0.1201
0.5753	0.3179	0.5383	0.2724	0.3264	0.1512	0.3172	0.1137
0.5970	0.3063	0.5583	0.2626	0.3437	0.1436	0.3342	0.1079
0.6188	0.2956	0.5782	0.2536	0.3611	0.1367	0.3512	0.1027
0.6405	0.2855	0.5981	0.2451	0.3785	0.1304	0.3682	0.0980
0.6623	0.2761	0.6181	0.2372	0.3958	0.1247	0.3852	0.0936
0.6840	0.2674	0.6380	0.2298	0.4132	0.1195	0.4021	0.0897
0.7058	0.2591	0.6579	0.2229	0.4306	0.1146	0.4191	0.0861
0.7275	0.2514	0.6778	0.2163	0.4479	0.1102	0.4361	0.0827
0.7493	0.2441	0.6978	0.2101	0.4653	0.1061	0.4531	0.0796
0.7710	0.2372	0.7177	0.2043	0.4827	0.1023	0.4701	0.0767
0.7928	0.2307	0.7376	0.1988	0.5000	0.0987	0.4870	0.0741
0.8145	0.2245	0.7576	0.1935	0.5174	0.0954	0.5040	0.0716
0.8363	0.2187	0.7775	0.1886	0.5348	0.0923	0.5210	0.0692
0.8580	0.2131	0.7974	0.1839	0.5521	0.0894	0.5380	0.0670
0.8798	0.2079	0.8174	0.1794	0.5695	0.0867	0.5550	0.0650
0.9015	0.2029	0.8373	0.1751	0.5869	0.0841	0.5719	0.0631
0.9233	0.1981	0.8572	0.1710	0.6042	0.0817	0.5889	0.0612
0.9450	0.1935	0.8772	0.1672	0.6216	0.0794	0.6059	0.0595
0.9668	0.1892	0.8971	0.1634	0.6390	0.0772	0.6229	0.0579
0.9885	0.1850	0.9170	0.1599	0.6563	0.0752	0.6399	0.0564
1.0103	0.1810	0.9369	0.1565	0.6737	0.0733	0.6568	0.0549
1.0320	0.1772	0.9569	0.1532	0.6911	0.0714	0.6738	0.0535
1.0538	0.1735	0.9768	0.1501	0.7084	0.0697	0.6908	0.0522
1.0756	0.1700	0.9967	0.1471	0.7258	0.0680	0.7078	0.0510
1.0973	0.1667	1.0167	0.1442	0.7432	0.0664	0.7248	0.0498
1.1191	0.1634	1.0366	0.1414	0.7605	0.0649	0.7418	0.0486
1.1408	0.1603	1.0565	0.1388	0.7779	0.0635	0.7587	0.0475
1.1626	0.1573	1.0765	0.1362	0.7953	0.0621	0.7757	0.0465
1.1843	0.1544	1.0964	0.1337	0.8126	0.0607	0.7927	0.0455

**Dott. Geol. Fabio Lombardi**

Via Augusto de Martino, 10, Napoli

Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

1.2061	0.1516	1.1163	0.1313	0.8300	0.0595	0.8097	0.0445
1.2278	0.1489	1.1363	0.1290	0.8474	0.0582	0.8267	0.0436
1.2496	0.1464	1.1562	0.1268	0.8647	0.0571	0.8436	0.0428
1.2713	0.1438	1.1761	0.1247	0.8821	0.0560	0.8606	0.0419
1.2931	0.1414	1.1960	0.1226	0.8995	0.0549	0.8776	0.0411
1.3148	0.1391	1.2160	0.1206	0.9168	0.0538	0.8946	0.0403
1.3366	0.1368	1.2359	0.1186	0.9342	0.0528	0.9116	0.0396
1.3583	0.1346	1.2558	0.1168	0.9516	0.0519	0.9285	0.0388
1.3801	0.1325	1.2758	0.1149	0.9689	0.0509	0.9455	0.0381
1.4018	0.1305	1.2957	0.1132	0.9863	0.0500	0.9625	0.0375
1.4236	0.1285	1.3156	0.1114	1.0037	0.0492	0.9795	0.0368
1.4453	0.1265	1.3356	0.1098	1.0210	0.0483	0.9965	0.0362
1.4671	0.1247	1.3555	0.1082	1.0384	0.0475	1.0134	0.0356
1.4888	0.1228	1.3754	0.1066	1.0558	0.0468	1.0304	0.0350
1.5106	0.1211	1.3954	0.1051	1.0731	0.0460	1.0474	0.0344
1.5323	0.1193	1.4153	0.1036	1.0905	0.0453	1.0644	0.0339
1.5541	0.1177	1.4352	0.1022	1.1079	0.0446	1.0814	0.0334
1.5758	0.1161	1.4551	0.1008	1.1252	0.0439	1.0984	0.0328
1.5976	0.1145	1.4751	0.0994	1.1426	0.0432	1.1153	0.0323
1.6193	0.1129	1.4950	0.0981	1.1600	0.0426	1.1323	0.0319
1.6411	0.1114	1.5149	0.0968	1.1773	0.0419	1.1493	0.0314
1.6629	0.1100	1.5349	0.0955	1.1947	0.0413	1.1663	0.0309
1.6846	0.1086	1.5548	0.0943	1.2121	0.0407	1.1833	0.0305
1.7064	0.1072	1.5747	0.0931	1.2294	0.0401	1.2002	0.0301
1.7281	0.1058	1.5947	0.0919	1.2468	0.0396	1.2172	0.0296
1.7499	0.1045	1.6146	0.0908	1.2642	0.0390	1.2342	0.0292
1.7716	0.1032	1.6345	0.0897	1.2815	0.0385	1.2512	0.0288
1.7934	0.1020	1.6545	0.0886	1.2989	0.0380	1.2682	0.0284
1.8151	0.1008	1.6744	0.0876	1.3163	0.0375	1.2851	0.0281
1.8369	0.0996	1.6943	0.0865	1.3336	0.0370	1.3021	0.0277
1.8586	0.0984	1.7142	0.0855	1.3510	0.0365	1.3191	0.0273
1.8804	0.0973	1.7342	0.0845	1.3684	0.0361	1.3361	0.0270
1.9021	0.0961	1.7541	0.0836	1.3858	0.0356	1.3531	0.0267
1.9239	0.0951	1.7740	0.0827	1.4031	0.0352	1.3700	0.0263
1.9456	0.0940	1.7940	0.0817	1.4205	0.0347	1.3870	0.0260
1.9674	0.0930	1.8139	0.0808	1.4379	0.0343	1.4040	0.0257
1.9891	0.0919	1.8338	0.0800	1.4552	0.0339	1.4210	0.0254
2.0109	0.0909	1.8538	0.0791	1.4726	0.0335	1.4380	0.0251
2.0326	0.0900	1.8737	0.0783	1.4900	0.0331	1.4550	0.0248
2.0544	0.0890	1.8936	0.0774	1.5073	0.0327	1.4719	0.0245
2.0761	0.0881	1.9136	0.0766	1.5247	0.0324	1.4889	0.0242
2.0979	0.0872	1.9335	0.0758	1.5421	0.0320	1.5059	0.0240
2.1196	0.0863	1.9534	0.0751	1.5594	0.0317	1.5229	0.0237
2.1414	0.0854	1.9733	0.0743	1.5768	0.0313	1.5399	0.0234

**Dott. Geol. Fabio Lombardi**

Via Augusto de Martino, 10, Napoli

Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

2.1631	0.0845	1.9933	0.0736	1.5942	0.0310	1.5568	0.0232
2.1849	0.0837	2.0132	0.0728	1.6115	0.0306	1.5738	0.0229
2.2066	0.0829	2.0331	0.0721	1.6289	0.0303	1.5908	0.0227
2.2284	0.0821	2.0531	0.0714	1.6463	0.0300	1.6078	0.0224
2.2502	0.0813	2.0730	0.0707	1.6636	0.0297	1.6248	0.0222
2.2719	0.0805	2.0929	0.0701	1.6810	0.0294	1.6417	0.0220
2.2937	0.0797	2.1129	0.0694	1.6984	0.0291	1.6587	0.0217
2.3154	0.0790	2.1328	0.0687	1.7157	0.0288	1.6757	0.0215
2.3372	0.0782	2.1527	0.0681	1.7331	0.0285	1.6927	0.0213
2.3589	0.0775	2.1727	0.0675	1.7505	0.0282	1.7097	0.0211
2.3807	0.0768	2.1926	0.0669	1.7678	0.0279	1.7266	0.0209
2.4024	0.0761	2.2125	0.0663	1.7852	0.0276	1.7436	0.0207
2.4242	0.0754	2.2324	0.0657	1.8026	0.0274	1.7606	0.0205
2.4459	0.0748	2.2524	0.0651	1.8199	0.0271	1.7776	0.0203
2.4677	0.0741	2.2723	0.0645	1.8373	0.0269	1.7946	0.0201
2.4894	0.0735	2.2922	0.0640	1.8547	0.0266	1.8115	0.0199
2.5112	0.0728	2.3122	0.0634	1.8720	0.0264	1.8285	0.0197
2.5861	0.0687	2.3890	0.0594	1.9533	0.0242	1.9102	0.0181
2.6609	0.0649	2.4659	0.0558	2.0346	0.0223	1.9920	0.0166
2.7358	0.0614	2.5428	0.0524	2.1159	0.0206	2.0737	0.0153
2.8107	0.0581	2.6197	0.0494	2.1971	0.0191	2.1554	0.0142
2.8856	0.0552	2.6966	0.0466	2.2784	0.0178	2.2371	0.0132
2.9605	0.0524	2.7734	0.0441	2.3597	0.0166	2.3188	0.0123
3.0354	0.0498	2.8503	0.0417	2.4410	0.0155	2.4005	0.0114
3.1103	0.0475	2.9272	0.0396	2.5223	0.0145	2.4822	0.0107
3.1852	0.0453	3.0041	0.0376	2.6035	0.0136	2.5640	0.0100
3.2601	0.0432	3.0810	0.0357	2.6848	0.0128	2.6457	0.0094
3.3349	0.0413	3.1578	0.0340	2.7661	0.0121	2.7274	0.0089
3.4098	0.0395	3.2347	0.0324	2.8474	0.0114	2.8091	0.0084
3.4847	0.0378	3.3116	0.0309	2.9287	0.0108	2.8908	0.0079
3.5596	0.0362	3.3885	0.0295	3.0099	0.0102	2.9725	0.0075
3.6345	0.0348	3.4653	0.0282	3.0912	0.0097	3.0543	0.0071
3.7094	0.0334	3.5422	0.0270	3.1725	0.0092	3.1360	0.0067
3.7843	0.0321	3.6191	0.0259	3.2538	0.0087	3.2177	0.0064
3.8592	0.0308	3.6960	0.0248	3.3351	0.0083	3.2994	0.0061
3.9341	0.0297	3.7729	0.0238	3.4163	0.0079	3.3811	0.0058
4.0089	0.0286	3.8497	0.0229	3.4976	0.0076	3.4628	0.0055
4.0838	0.0275	3.9266	0.0220	3.5789	0.0072	3.5445	0.0052
4.1587	0.0266	4.0035	0.0212	3.6602	0.0069	3.6263	0.0050
4.2336	0.0256	4.0804	0.0204	3.7415	0.0066	3.7080	0.0048
4.3085	0.0247	4.1572	0.0196	3.8227	0.0063	3.7897	0.0046
4.3834	0.0239	4.2341	0.0189	3.9040	0.0061	3.8714	0.0044
4.4583	0.0231	4.3110	0.0182	3.9853	0.0058	3.9531	0.0042
4.5332	0.0223	4.3879	0.0176	4.0666	0.0056	4.0348	0.0041

**Dott. Geol. Fabio Lombardi**

Via Augusto de Martino, 10, Napoli

Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

4.6080	0.0216	4.4648	0.0170	4.1479	0.0054	4.1165	0.0039
4.6829	0.0209	4.5416	0.0164	4.2291	0.0052	4.1983	0.0037
4.7578	0.0203	4.6185	0.0159	4.3104	0.0050	4.2800	0.0036
4.8327	0.0197	4.6954	0.0154	4.3917	0.0048	4.3617	0.0035
4.9076	0.0191	4.7723	0.0149	4.4730	0.0046	4.4434	0.0033
4.9825	0.0185	4.8492	0.0144	4.5543	0.0045	4.5251	0.0032
5.0574	0.0180	4.9260	0.0140	4.6355	0.0043	4.6068	0.0031
5.1323	0.0174	5.0029	0.0135	4.7168	0.0042	4.6885	0.0030
5.2072	0.0169	5.0798	0.0131	4.7981	0.0040	4.7703	0.0029
5.2820	0.0165	5.1567	0.0127	4.8794	0.0039	4.8520	0.0028
5.3569	0.0160	5.2335	0.0124	4.9607	0.0038	4.9337	0.0027
5.4318	0.0156	5.3104	0.0120	5.0419	0.0036	5.0154	0.0026
5.5067	0.0151	5.3873	0.0117	5.1232	0.0035	5.0971	0.0025
5.5816	0.0147	5.4642	0.0114	5.2045	0.0034	5.1788	0.0025
5.6565	0.0144	5.5411	0.0110	5.2858	0.0033	5.2605	0.0024
5.7314	0.0140	5.6179	0.0107	5.3671	0.0032	5.3423	0.0023
5.8063	0.0136	5.6948	0.0105	5.4483	0.0031	5.4240	0.0022
5.8811	0.0133	5.7717	0.0102	5.5296	0.0030	5.5057	0.0022
5.9560	0.0129	5.8486	0.0099	5.6109	0.0029	5.5874	0.0021
6.0309	0.0126	5.9255	0.0097	5.6922	0.0029	5.6691	0.0021
6.1058	0.0123	6.0023	0.0094	5.7735	0.0028	5.7508	0.0020
6.1807	0.0120	6.0792	0.0092	5.8547	0.0027	5.8326	0.0019
6.2556	0.0117	6.1561	0.0089	5.9360	0.0026	5.9143	0.0019
6.3305	0.0115	6.2330	0.0087	6.0173	0.0026	5.9960	0.0018
6.4054	0.0112	6.3098	0.0085	6.0986	0.0025	6.0777	0.0018
6.4803	0.0109	6.3867	0.0083	6.1799	0.0024	6.1594	0.0017
6.5551	0.0107	6.4636	0.0081	6.2611	0.0024	6.2411	0.0017
6.6300	0.0104	6.5405	0.0079	6.3424	0.0023	6.3228	0.0016
6.7049	0.0102	6.6174	0.0077	6.4237	0.0022	6.4046	0.0016
6.7798	0.0100	6.6942	0.0076	6.5050	0.0022	6.4863	0.0016
6.8547	0.0098	6.7711	0.0074	6.5863	0.0021	6.5680	0.0015
6.9296	0.0096	6.8480	0.0072	6.6675	0.0021	6.6497	0.0015
7.0045	0.0094	6.9249	0.0071	6.7488	0.0020	6.7314	0.0015
7.0794	0.0092	7.0017	0.0069	6.8301	0.0020	6.8131	0.0014
7.1542	0.0090	7.0786	0.0068	6.9114	0.0019	6.8948	0.0014
7.2291	0.0088	7.1555	0.0066	6.9927	0.0019	6.9766	0.0014
7.3040	0.0086	7.2324	0.0065	7.0739	0.0018	7.0583	0.0013
7.3789	0.0084	7.3093	0.0063	7.1552	0.0018	7.1400	0.0013
7.4538	0.0083	7.3861	0.0062	7.2365	0.0018	7.2217	0.0013
7.5287	0.0081	7.4630	0.0061	7.3178	0.0017	7.3034	0.0012
7.6036	0.0079	7.5399	0.0060	7.3990	0.0017	7.3851	0.0012
7.6785	0.0078	7.6168	0.0058	7.4803	0.0017	7.4668	0.0012
7.7534	0.0076	7.6937	0.0057	7.5616	0.0016	7.5486	0.0012
7.8282	0.0075	7.7705	0.0056	7.6429	0.0016	7.6303	0.0011

**Dott. Geol. Fabio Lombardi**

Via Augusto de Martino, 10, Napoli

Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

7.9031	0.0074	7.8474	0.0055	7.7242	0.0015	7.7120	0.0011
7.9780	0.0072	7.9243	0.0054	7.8054	0.0015	7.7937	0.0011
8.0529	0.0071	8.0012	0.0053	7.8867	0.0015	7.8754	0.0011
8.1278	0.0070	8.0780	0.0052	7.9680	0.0015	7.9571	0.0010
8.2027	0.0068	8.1549	0.0051	8.0493	0.0014	8.0388	0.0010
8.2776	0.0067	8.2318	0.0050	8.1306	0.0014	8.1206	0.0010
8.3525	0.0066	8.3087	0.0049	8.2118	0.0014	8.2023	0.0010
8.4273	0.0065	8.3856	0.0048	8.2931	0.0013	8.2840	0.0010
8.5022	0.0064	8.4624	0.0047	8.3744	0.0013	8.3657	0.0009
8.5771	0.0062	8.5393	0.0046	8.4557	0.0013	8.4474	0.0009
8.6520	0.0061	8.6162	0.0046	8.5370	0.0013	8.5291	0.0009
8.7269	0.0060	8.6931	0.0045	8.6182	0.0012	8.6109	0.0009
8.8018	0.0059	8.7699	0.0044	8.6995	0.0012	8.6926	0.0009
8.8767	0.0058	8.8468	0.0043	8.7808	0.0012	8.7743	0.0009
8.9516	0.0057	8.9237	0.0043	8.8621	0.0012	8.8560	0.0008
9.0265	0.0056	9.0006	0.0042	8.9434	0.0012	8.9377	0.0008
9.1013	0.0055	9.0775	0.0041	9.0246	0.0011	9.0194	0.0008
9.1762	0.0055	9.1543	0.0040	9.1059	0.0011	9.1011	0.0008
9.2511	0.0054	9.2312	0.0040	9.1872	0.0011	9.1829	0.0008
9.3260	0.0053	9.3081	0.0039	9.2685	0.0011	9.2646	0.0008
9.4009	0.0052	9.3850	0.0038	9.3498	0.0011	9.3463	0.0008
9.4758	0.0051	9.4619	0.0038	9.4310	0.0010	9.4280	0.0007
9.5507	0.0050	9.5387	0.0037	9.5123	0.0010	9.5097	0.0007
9.6256	0.0050	9.6156	0.0037	9.5936	0.0010	9.5914	0.0007
9.7004	0.0049	9.6925	0.0036	9.6749	0.0010	9.6731	0.0007
9.7753	0.0048	9.7694	0.0036	9.7562	0.0010	9.7549	0.0007
9.8502	0.0047	9.8462	0.0035	9.8374	0.0010	9.8366	0.0007
9.9251	0.0047	9.9231	0.0034	9.9187	0.0009	9.9183	0.0007
10.0000	0.0046	10.0000	0.0034	10.0000	0.0009	10.0000	0.0007

Tab. 22 – Valori degli spettri di risposta



Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli

Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

9 VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE

La liquefazione del terreno di fondazione è un fenomeno molto pericoloso per la sicurezza degli edifici realizzati su terreni di fondazione sabbiosi in presenza di falda. Le costruzioni edificate su terreni sabbiosi saturi possono letteralmente affondare nel terreno durante un evento sismico di una certa intensità.

I terreni sabbiosi, in condizioni statiche, si trovano sempre in condizioni drenate. Durante il fenomeno della liquefazione però le accelerazioni impresse dall'evento sismico creano un incremento della pressione neutra così impulsivo e rapido che non ha il tempo di dissiparsi.

È uno scenario equivalente al caso in cui la velocità di applicazione di un carico esterno è molto maggiore della velocità con cui si dissipano le sovrappressioni neutre. Durante la liquefazione le sabbie, pur avendo un'elevata permeabilità, si troveranno in condizioni non drenate e le sovrappressioni neutre non avranno modo di dissiparsi.

Durante l'evento sismico le elevate sovrappressioni interstiziali annullano il contatto fra i granuli, causando l'assenza di attrito fra le particelle e di conseguenza una resistenza a taglio nulla del terreno. Pertanto il terreno si comporterà come un fluido. Dopo l'evento sismico il terreno sabbioso risulterà avere una densità relativa più elevata rispetto alla situazione iniziale.

I terreni sabbiosi in assenza di sisma si troveranno sempre in condizioni drenate. In presenza di un evento sismico però lo scenario cambia. Durante un evento sismico di notevole intensità, nonostante l'elevata permeabilità dei terreni sabbiosi, le sovrappressioni neutre generate dall'accelerazione sismica non hanno il tempo di dissiparsi. La resistenza a taglio del terreno si annulla e il suolo si trasforma in un vero e proprio fluido nel quale gli edifici affondano.



Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli
Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

9.1 Liquefazione: perché il terreno si trasforma in un fluido

La liquefazione è un dunque fenomeno che si manifesta in concomitanza di eventi sismici di una certa intensità, di magnitudo generalmente superiore a 5.5 o 6.0 e che interessa terreni sabbiosi sciolti posti al di sotto del livello di falda.

Le accelerazioni generate da un evento sismico producono un incremento della pressione dell'acqua interstiziale contenuta in un terreno sabbioso saturo. Tale aumento di pressione causa l'annullamento delle tensioni efficaci e della resistenza a taglio del terreno. Di conseguenza il terreno si comporta come un vero e proprio fluido in cui gli edifici e le costruzioni soprastanti letteralmente affondano.

La liquefazione è un fenomeno che si manifesta in concomitanza di eventi sismici di una certa intensità (*magnitudo generalmente superiore a 5.5-6.0*) e che interessa terreni sabbiosi sciolti posti al di sotto del livello di falda.

A seguito del sisma si genera un incremento della pressione interstiziale (*acqua presente negli interstizi*); tale aumento di pressione causa l'annullamento della resistenza del terreno e la fuoriuscita di materiale sabbioso misto ad acqua.

$$\tau = (\sigma'_n - \Delta u) \operatorname{tg} \varphi'$$

Con riferimento all'espressione sopra riportata, la resistenza (τ) del terreno si annulla allorché l'incremento della pressione interstiziale (Δu) generata dal sisma eguaglia la tensione normale efficace agente (σ'_n).

Numerosi sono i metodi di verifica alla "liquefazione" dei terreni.

Il primo passo comune a tutti i metodi sta nella scelta dei parametri rappresentativi dell'azione sismica (*accelerazione massima e magnitudo di riferimento*).

Per la scelta dei valori dell'accelerazione si utilizzano gli approcci semplificati indicati nella normativa (*Norme Tecniche per le Costruzioni NTC 2018*) o in alternativa analisi specifiche di risposta sismica locale.

Per la scelta dei valori della magnitudo (*magnitudo momento M_w in particolare*), in assenza di precise indicazioni di normativa, si fa normalmente ricorso ai contenuti del testo "Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica" a cura del Dipartimento della Protezione Civile (*e ciò per quanto concerne siti ricadenti sia all'interno che all'esterno delle diverse Zone Sismogenetiche*).



Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli
Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

Una volta definita l'azione ciclica (**CSR**):

$$CSR = 0,65 \tau_{max} / \sigma'_{vo} = 0,65 (a_{max} / g) \sigma_{vo} r_d / \sigma'_{vo}$$

si passa alla valutazione della **resistenza ciclica (CRR)**:

$$CRR = (CRR)_{7.5} MSF$$

utilizzando i risultati di prove penetrometriche statiche CPT, di prove Standard Penetration Test SPT, di prove Dilatometriche; di particolare interesse un recente metodo (*anno 2013*) di valutazione del rischio liquefazione in base ai valori della velocità V_s delle onde di taglio (*da indagini geofisiche*), supportato da ben 422 casi reali ben documentati.

In merito ai vari metodi di verifica alla liquefazione esistono forti differenze nei risultati. Il coefficiente di sicurezza, valutato come rapporto fra la resistenza ciclica (**CRR**) e l'azione ciclica (**CSR**):

$$FSL = CRR / CSR$$

assume valori fortemente discordanti da metodo a metodo, con variazioni talora pari al 50%. Il metodo più prudentiale sembra essere il metodo di Boulanger & Idriss (1914) relativo alle prove penetrometriche CPTU, metodo che rientra fra le indicazioni contenute negli allegati alla delibera n. 2193/2015 della Regione Emilia Romagna. Tenuto conto delle recenti prescrizioni di cui alle NTC (*adottare il metodo più cautelativo*), la scelta del metodo di Boulanger & Idriss sembrerebbe diventare obbligatoria.

Nel sottolineare l'importanza che riveste la frazione fine limosa (**FC**) presente nella sabbia, la quale determina un sensibile aumento del coefficiente di sicurezza (**FSL**) nei confronti della liquefazione, si fa presente che alcuni metodi (*fra cui il sopra citato metodo di Boulanger & Idriss*) si basano su valutazioni di tipo indiretto della frazione fine (**FC**) e non su precise determinazioni di laboratorio (*analisi granulometriche*). Tale fatto dovrebbe essere oggetto di discussione.

Particolare interesse riveste il recente metodo di Kayen et Al. (2013), basantesi sui risultati di indagini geofisiche (*con determinazione della velocità V_s delle onde di taglio*), supportato da ben 422 casi reali ben documentati. Una particolarità del metodo sta nel fatto la velocità V_s non



Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli
Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

risulterebbe influenzata dal contenuto in frazione fine limosa (*FC*), eliminando così i possibili problemi legati ad una non precisa valutazione del contenuto in frazione fine (*come visto in precedenza*).

Alcune riflessioni in merito alla magnitudo (M_w) da prendere in considerazione nelle verifiche a liquefazione. Per i siti ricadenti all'interno delle diverse Zone Sismogenetiche (*di cui alla Zonazione Sismogenetica ZS9 - INGV - Marzo 2004*), come visto in precedenza di norma si fa riferimento ai valori massimi riportati nel testo "Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica" a cura del Dipartimento della Protezione Civile. In analogia alla scelta dei valori delle accelerazioni, sarebbe opportuno secondo lo scrivente far riferimento anche per la magnitudo a criteri probabilistici, legati a prefissati tempi di ritorno. Lo stesso dicasi per i siti ricadenti all'esterno delle suddette Zone Sismogenetiche.

Una novità espressa al capitolo 8 delle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni NTC 2018: nella valutazione di sicurezza di una costruzione esistente viene obbligatoriamente richiesta la verifica delle fondazioni rispetto a possibili fenomeni di liquefazione sismica del terreno.

Da ultimo alcune riflessioni in merito agli interventi di consolidamento di terreni soggetti a rischio liquefazione. Nell'ipotesi di interventi mediante pali di fondazione, interessanti banchi sabbiosi saturi scarsamente addensati di un certo spessore, si dovrà tenere conto di possibili fenomeni di "attrito negativo" indotti dagli inevitabili cedimenti post-sismici, nonché di eventuali fenomeni di instabilità laterale per "carico di punta" dei pali medesimi.

In presenza di edifici adiacenti particolare attenzione dovrà essere rivolta nei confronti di possibili vibrazioni (*in presenza di tecnologie di consolidamento tipo "save composer", ad esempio*) e nei confronti di fenomeni di "claquage" (*in presenza di iniezioni di compattazione "compaction grouting", ad esempio*).



Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli
Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

9.2 Calcolo del Coefficiente di Sicurezza

Le NTC 2018, al § 7.11.3.4.2 - “Esclusione della verifica a liquefazione”, individuano le condizioni per le quali è possibile omettere la verifica a liquefazione. In particolare, la verifica a liquefazione può non effettuarsi quando si verifiche una delle seguenti circostanze:

- Accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1 g;
- Profondità media stagionale della falda superiore a 15 metri dal piano di campagna, per piano di campagna suborizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
- Depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ oppure $qc_{1N} > 180$ dove $(N1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e qc_{1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
- Distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella seguente figura nel caso (a) di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ e nel caso (b) di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.

Dal momento che nessuna delle precedenti condizioni previste dalla norma risulta verificarsi è necessaria la verifica a liquefazione al fine valutare il coefficiente di sicurezza alla liquefazione alle profondità in cui sono presenti i terreni potenzialmente liquefacibili.

Nella relazione geologica è stata condotta una analisi per verificare la stabilità sismica del sito, considerando, in base alla sismicità e alle condizioni idro-geologiche locali, la possibilità che si inneschino fenomeni di liquefazione nell'area dell'edificio scolastico.

Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli

Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

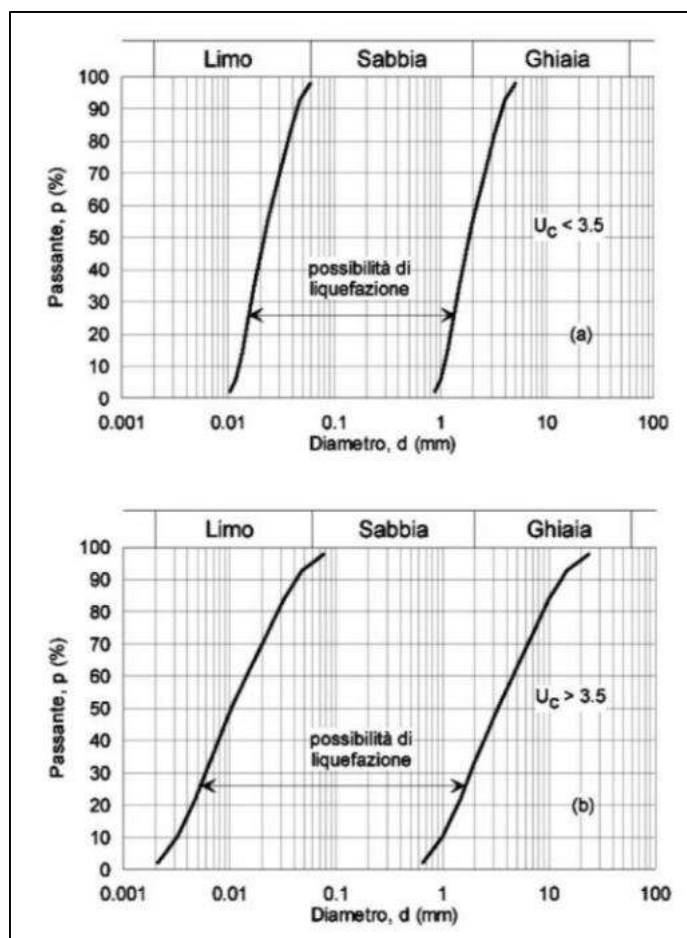


Figura 9.1 – Fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione

In figura 9.1, invece, viene mostrato un grafico delle condizioni di liquefacibilità in relazione agli NSPT; la correlazione tende a porre le sabbie in uno stato “non liquefacibile”, e questo risulterebbe plausibile dato l’alto valore delle SPT e dalle analisi successivamente effettuate.

L’analisi è stata focalizzata sui livelli di “Limo sabbioso fine debolmente argilloso e le “Sabbie ghiaiose limose” interessati dal livello di falda.



Dott. Geol. Fabio Lombardi

*Via Augusto de Martino, 10, Napoli
Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com*

Il programma per il calcolo del Fattore di Sicurezza F_s è Liquiter di Geostru. In relazione verrà mostrata solo l'elaborazione dettagliata per l'autore "Seed e Idris (1982)", gli altri autori sono mostrati all'interno dell'Allegato 2 del presente elaborato.



Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli
Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

9.2.2 Metodo Seed e Idriss (1985)

Per poter determinare gli sforzi di taglio indotti dal sisma, gli autori propongono una semplice procedura basata sull' ipotesi di terreno omogeneo. Ipotizzando la propagazione verticale di onde sismiche di taglio, una colonna di terreno di altezza z (Figura 9.2) si muove rigidamente in direzione orizzontale e pertanto lo sforzo di taglio massimo alla profondità z è dato da:

$$\tau_{\max} = \frac{a_{\max}}{g} \cdot \gamma z$$

dove a_{\max} rappresenta l'accelerazione orizzontale massima attesa in superficie, g l'accelerazione di gravità e γ il peso di volume secco del terreno.

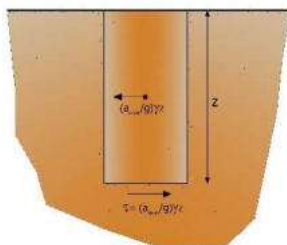


Figura 9.2- Sforzo di taglio indotto dal terremoto ad una determinata quota

Poiché nella realtà il terreno è deformabile, lo sforzo di taglio è minore che nell'ipotesi di corpo rigido e quindi bisogna introdurre un coefficiente riduttivo r_d . Normalizzando con la pressione verticale effettiva e riferendosi ad un valore medio τ_{av} anziché ad un valore massimo τ_{\max} si ottiene:

$$CSR = \frac{\tau_{av}}{\sigma_{v0}} = 0.65 \cdot \left(\frac{a_{\max}}{g} \right) \cdot \left(\frac{\sigma_{v0}}{\sigma_{v0}} \right) \cdot r_d$$

dove a_{\max} rappresenta l'accelerazione orizzontale massima attesa in superficie contenente gli effetti amplificativi di sito.

Per determinare il valore del coefficiente riduttivo r_d viene utilizzata la formula empirica proposta da **Liao e Whitman** (1986):

$$r_d = 1.0 - 0.00765z \text{ per } z \leq 9.15m$$

$$r_d = 1.174 - 0.0267z \text{ per } 9.15m < z \leq 23m$$



Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli
Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

Dove z è la profondità dal piano campagna espressa in metri.

Per eventi sismici di magnitudo 7,5 viene considerato il grafico riportato in figura 2 di Seed e Idriss (1982).

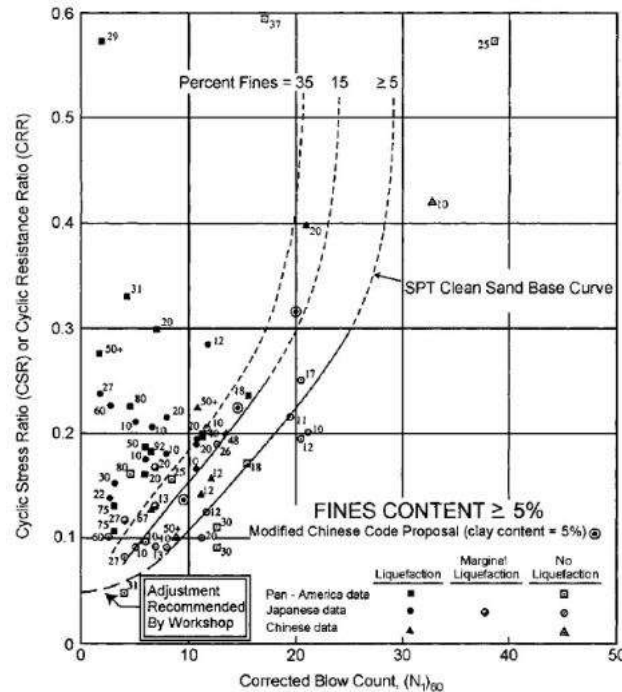


Figura 9.3 - SPT Clean Sand-Base Curve for Magnitude 7.5 Earthquakes (modificato da Seed et al., 1985)

Rauch (1998) propone una formula che meglio approssima la curva all'interno del grafico, secondo l'equazione:

$$CRR_{7.5} = \frac{1}{34 - (N_1)_{60}} + \frac{(N_1)_{60}}{135} + \frac{50}{[10 \cdot (N_1)_{60} + 45]^2} - \frac{1}{200}$$

Tale equazione è valida per $N_1(60) < 30$. Se invece $N_1(60) \geq 30$ non si verifica il fenomeno della liquefazione in quanto il terreno è troppo denso quindi verrà classificato come "terreno non liquefacibile".

Il Rapporto di Resistenza Ciclica CRR, viene calcolato sulla base dei valori di $(N_1)_{60}$ di ciascuno strato opportunamente corretti per il contenuto di fine (FC).

$$(N_1)_{60} = N_m C_N C_E C_B C_{RCS}$$

dove N_m è il numero medio dei colpi nella prova penetrometrica standard SPT (valore misurato), C_N è un fattore per normalizzare N_m e tiene conto delle tensioni geostatiche, C_E è un fattore correttivo dell'energia del grave ER (*Energy Ratio*); C_B è un fattore correttivo per il diametro del foro e C_S è un fattore correttivo dei campionatori.



Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli
Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

Il coefficiente correttivo C_N si determina dalla relazione:

$$C_N = \left(\frac{P_a}{\sigma'_{v0}} \right)^n$$

dove σ'_{v0} è la pressione verticale effettiva, P_a la pressione atmosferica (~ 100 kPa) espressa nelle stesse unità di σ'_{v0} ed n un esponente il cui valore è posto pari a 0.5

In base al contenuto in fine (FC, % passante al setaccio 200), si ottiene il valore di resistenza equivalente $(N_1)_{60CS}$ mediante la seguente espressione:

$$(N_1)_{60CS} = \alpha + \beta(N_1)_{60}$$

Dove α e β sono coefficienti determinati dalle seguenti relazioni:

FC	α ,	β
$\leq 5\%$	$\alpha = 0.0$	$\beta = 1.0$
$5\% < FC \leq 35\%$	$\alpha = \exp[1.76 - (190/FC^2)]$	$\beta = 0.99 + (FC^{1.5}/1000)$
$FC \geq 35\%$	$\alpha = 5.0$	$\beta = 1.2$

Tab. 23 Fattore d'Influenza del contenuto fine (FC)

Per magnitudo diverse (maggiori o minori di 7.5) Seed e Idriss (1982) hanno introdotto il fattore correttivo **MSF** (*Magnitude Scaling Factor*) dato dalla formula:

$$MSF = \frac{10^{2.24}}{M_w^{2.56}}$$

Per il valore di M_w si fa riferimento ai valori riportati in Tabella 24 ricavati da diversi ricercatori, tra cui **Seed e Idriss** (1982).

Magnitudo	Seed and Idriss (1982)	Ambraseys (1988)	Andrus Stokoe (1997)	NCEER (Seed et al.) (1997; 2003)
5,5	1,43	2,86	2,8	2,21
6,0	1,32	2,20	2,1	1,77
6,5	1,19	1,69	1,6	1,44
7,0	1,08	1,30	1,25	1,19



Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli

Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

7,5	1,00	1,00	1,00	1,00
8,0	0,94	0,67	0,8?	0,84
8,5	0,89	0,44	0,65?	0,73

Tab. 24- Fattore di scala della magnitudo (Youd and Noble, 1997a)

Applicando l'influenza del fattore correttivo di scala della magnitudo ai rischi calcolati, l'equazione del fattore di sicurezza a liquefazione (**FS**) è scritto in termini di CRR, CSR e MSF come segue:

$$FS = (CRR_{7.5}/CSR) \cdot MSF$$

Dove CSR (*Cyclic Stress Ratio*) è il tasso di sollecitazione ciclico generato dal terremoto e CRR_{7.5}

(*Cyclic Resistance Ratio*) è il rapporto di resistenza ciclico per terremoti di magnitudo 7.5

**Dott. Geol. Fabio Lombardi**

Via Augusto de Martino, 10, Napoli
Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

DATI GENERALI**PROGETTO E LOCALIZZAZIONE**

Titolo lavoro: Scuola Tenente IORIO

Codice identificativo Scuola Tenente IORIO

Cliente: Comune di Scafati

Data 10/02/2023

Normativa: Norme Tecniche Costruzioni 2018, Decreto 17 Gen. 2018

Fattore sicurezza normativa 1.25

FALDA

Profondità falda idrica 6 m

DATI SISMICI

Accelerazione Bedrock 0.13

Fattore amplificazione 0.13

Tipo Suolo: B-Sabbie, ghiaie molto addensate, argille molto consistenti Vs30=360-800

Morfologia: T1-Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$

Coefficiente amplificazione stratigrafica (SS) 1.2

Coefficiente amplificazione topografica (ST) 1

Magnitudo momento sismico (Mw) 5.4

Distanza epicentro 20 Km

Peak ground acceleration (PGA) 0.156

PARAMETRI GEOTECNICI

Strato Nr	Descrizione	Quota iniziale (m)	Quota finale (m)	Peso unità volume (KN/mc)	Peso unità volume saturo (KN/mc)	Numero colpi medio (Nspt)	D50 granuli (mm)	Velocità onde di taglio Vs (m/s)
1	Riporto	0	1.5	15.5	15.5	15	1	180
2	Sabbia fine limosa	1.5	6	15.5	15.5	15	1	330
3	Sabbia limosa deb. argillosa	6	8	16.1	16.5	6	0.02	620
4	Sabbia fine limosa	8	10	16.1	16.5	6	0.02	620
5	Sabbia ghiaiosa limosa	10	15	16.1	16.5	6	0.02	620

Energy Ratio (ER) 0.6

Diametro foro di sondaggio 100 mm

Tipo di campionatore standard

**Dott. Geol. Fabio Lombardi**

Via Augusto de Martino, 10, Napoli

Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

Strato Nr.	Frazione fine (%)	Validità
1-Riporto	20	Valido per sabbie-limose e limi
2-Sabbia fine limosa	20	Valido per sabbie-limose e limi
3-Sabbia limosa deb. argillosa	35	Valido per sabbie-limose e limi
4-Sabbia fine limosa	35	Valido per sabbie-limose e limi
5-Sabbia ghiaiosa limosa	35	Valido per sabbie-limose e limi

Nr.	Profondità dal p.c. (m)	Pressione litostatica totale (KPa)	Pressione verticale e effettiva (KPa)	Correzione per la pressione litostatica efficace (CN)	(N1)60cs	Coefficiente riduttivo (rd)	Resistenza alla liquefazione (CRR)	Sforzo di taglio normalizzato (CSR)	Coefficiente di sicurezza a Fs	Suscettibilità di liquefazione
1	6.20	96.300	94.339	1.030	12.372	0.953	0.312	0.099	3.16	Terreno non suscettibile di liquefazione
2	6.40	99.600	95.677	1.022	12.320	0.951	0.311	0.100	3.10	Terreno non suscettibile di liquefazione
3	6.60	102.900	97.016	1.015	12.269	0.950	0.310	0.102	3.03	Terreno non suscettibile di liquefazione
4	6.80	106.200	98.355	1.008	12.220	0.948	0.309	0.104	2.97	Terreno non suscettibile di liquefazione
5	7.00	109.500	99.693	1.002	12.171	0.946	0.308	0.105	2.92	Terreno non suscettibile di liquefazione
6	7.20	112.800	101.032	0.995	12.123	0.945	0.307	0.107	2.87	Terreno non suscettibile di liquefazione
7	7.40	116.100	102.371	0.988	12.076	0.943	0.306	0.108	2.82	Terreno non suscettibile di liquefazione
8	7.60	119.400	103.709	0.982	12.030	0.942	0.305	0.110	2.77	Terreno non suscettibile di liquefazione
9	7.80	122.700	105.048	0.976	11.985	0.940	0.304	0.111	2.73	Terreno non suscettibile di liquefazione
10	8.00	126.000	106.387	0.970	11.941	0.939	0.303	0.113	2.69	Terreno non suscettibile di liquefazione
11	8.20	129.300	107.725	0.963	11.897	0.937	0.302	0.114	2.65	Terreno non suscettibile di liquefazione
12	8.40	132.600	109.064	0.958	11.855	0.936	0.301	0.115	2.61	Terreno non suscettibile di liquefazione
13	8.60	135.900	110.403	0.952	11.813	0.934	0.300	0.117	2.57	Terreno non suscettibile di liquefazione
14	8.80	139.200	111.741	0.946	11.772	0.933	0.299	0.118	2.54	Terreno non suscettibile di liquefazione
15	9.00	142.500	113.080	0.940	11.732	0.931	0.298	0.119	2.51	Terreno non suscettibile di liquefazione

**Dott. Geol. Fabio Lombardi**

Via Augusto de Martino, 10, Napoli

Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

16	9.20	145.800	114.419	0.935	11.692	0.935	0.297	0.121	2.46	Terreno non suscettibile di liquefazione
17	9.40	149.100	115.757	0.929	11.653	0.930	0.297	0.121	2.44	Terreno non suscettibile di liquefazione
18	9.60	152.400	117.096	0.924	11.615	0.924	0.296	0.122	2.42	Terreno non suscettibile di liquefazione
19	9.80	155.700	118.435	0.919	11.577	0.919	0.295	0.123	2.41	Terreno non suscettibile di liquefazione
20	10.00	159.000	119.773	0.914	11.540	0.914	0.294	0.123	2.39	Terreno non suscettibile di liquefazione
21	10.20	162.300	121.112	0.909	11.504	0.909	0.293	0.123	2.38	Terreno non suscettibile di liquefazione
22	10.40	165.600	122.451	0.904	11.468	0.904	0.293	0.124	2.36	Terreno non suscettibile di liquefazione
23	10.60	168.900	123.789	0.899	11.433	0.898	0.292	0.124	2.35	Terreno non suscettibile di liquefazione
24	10.80	172.200	125.128	0.894	11.398	0.893	0.291	0.125	2.34	Terreno non suscettibile di liquefazione
25	11.00	175.500	126.467	0.889	11.364	0.888	0.291	0.125	2.32	Terreno non suscettibile di liquefazione
26	11.20	178.800	127.805	0.885	11.331	0.883	0.290	0.125	2.31	Terreno non suscettibile di liquefazione
27	11.40	182.100	129.144	0.880	11.298	0.878	0.289	0.125	2.30	Terreno non suscettibile di liquefazione
28	11.60	185.400	130.483	0.875	11.265	0.872	0.288	0.126	2.29	Terreno non suscettibile di liquefazione
29	11.80	188.700	131.821	0.871	11.233	0.867	0.288	0.126	2.29	Terreno non suscettibile di liquefazione
30	12.00	192.000	133.160	0.867	11.202	0.862	0.287	0.126	2.28	Terreno non suscettibile di liquefazione
31	12.20	195.300	134.499	0.862	11.170	0.857	0.286	0.126	2.27	Terreno non suscettibile di liquefazione
32	12.40	198.600	135.837	0.858	11.140	0.852	0.286	0.126	2.26	Terreno non suscettibile di liquefazione
33	12.60	201.900	137.176	0.854	11.110	0.846	0.285	0.126	2.26	Terreno non suscettibile di liquefazione
34	12.80	205.200	138.515	0.850	11.080	0.841	0.285	0.126	2.25	Terreno non suscettibile di liquefazione
35	13.00	208.500	139.854	0.846	11.051	0.836	0.284	0.126	2.25	Terreno non suscettibile di liquefazione
36	13.20	211.800	141.192	0.842	11.022	0.831	0.283	0.126	2.24	Terreno non suscettibile di liquefazione

**Dott. Geol. Fabio Lombardi**

Via Augusto de Martino, 10, Napoli

Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

37	13.40	215.100	142.531	0.838	10.993	0.826	0.283	0.126	2.24	Terreno non suscettibile di liquefazione
38	13.60	218.400	143.870	0.834	10.965	0.820	0.282	0.126	2.23	Terreno non suscettibile di liquefazione
39	13.80	221.700	145.208	0.830	10.938	0.815	0.282	0.126	2.23	Terreno non suscettibile di liquefazione
40	14.00	225.000	146.547	0.826	10.910	0.810	0.281	0.126	2.23	Terreno non suscettibile di liquefazione
41	14.20	228.300	147.886	0.822	10.884	0.805	0.280	0.126	2.23	Terreno non suscettibile di liquefazione
42	14.40	231.600	149.224	0.819	10.857	0.800	0.280	0.126	2.22	Terreno non suscettibile di liquefazione
43	14.60	234.900	150.563	0.815	10.831	0.794	0.279	0.126	2.22	Terreno non suscettibile di liquefazione
44	14.80	238.200	151.902	0.811	10.805	0.789	0.279	0.125	2.22	Terreno non suscettibile di liquefazione
45	15.00	241.500	153.240	0.808	10.779	0.784	0.278	0.125	2.22	Terreno non suscettibile di liquefazione

Correzione per ER (CE) 1
 Correzione diametro foro (CB) 1
 Correzione per la magnitudo (MSF) 2.32

IPL (Iwasaki)=0 Zcrit=20 m Rischio=Molto basso



Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli
 Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

9.2.3 Grafici del Fattore di Sicurezza

➤ Seed & Idriss

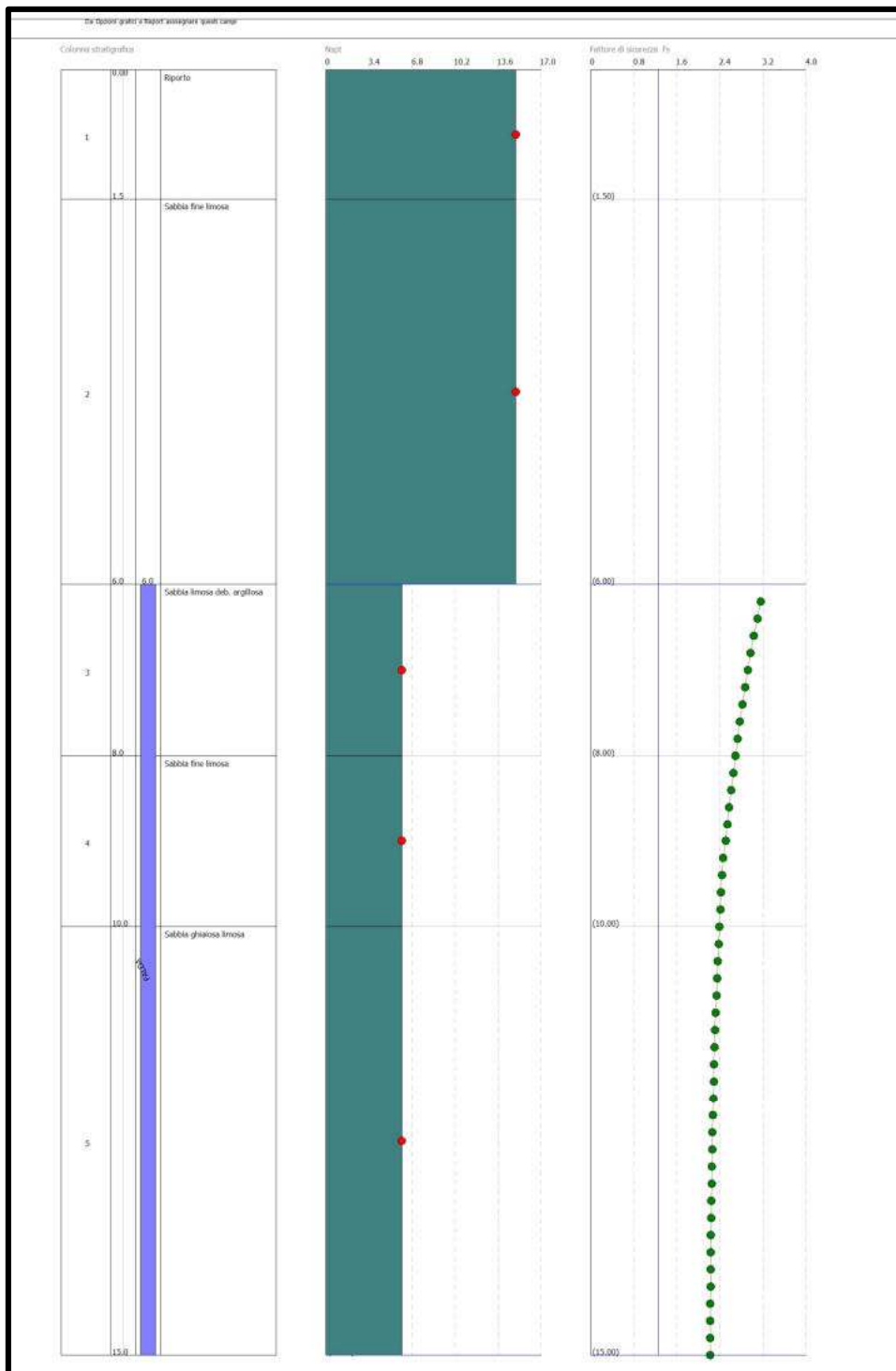


Figura 9.4 – Fattore di Sicurezza per l'autore "Seed & Idriss"



Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli

Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

➤ Iwasaki

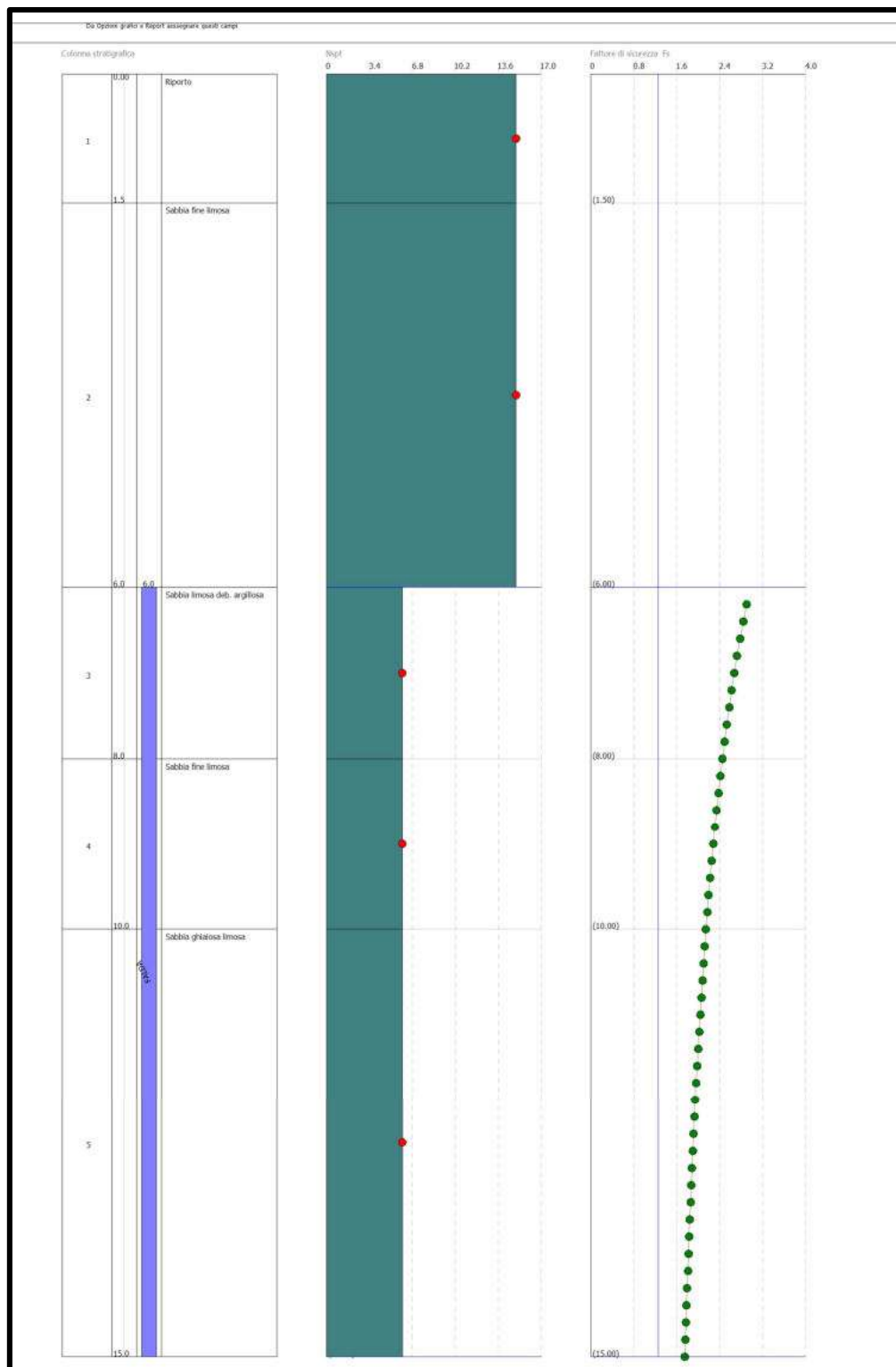


Figura 9.5 – Fattore di Sicurezza per l'autore "Iwasaki"



Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli

Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

➤ NTC 18

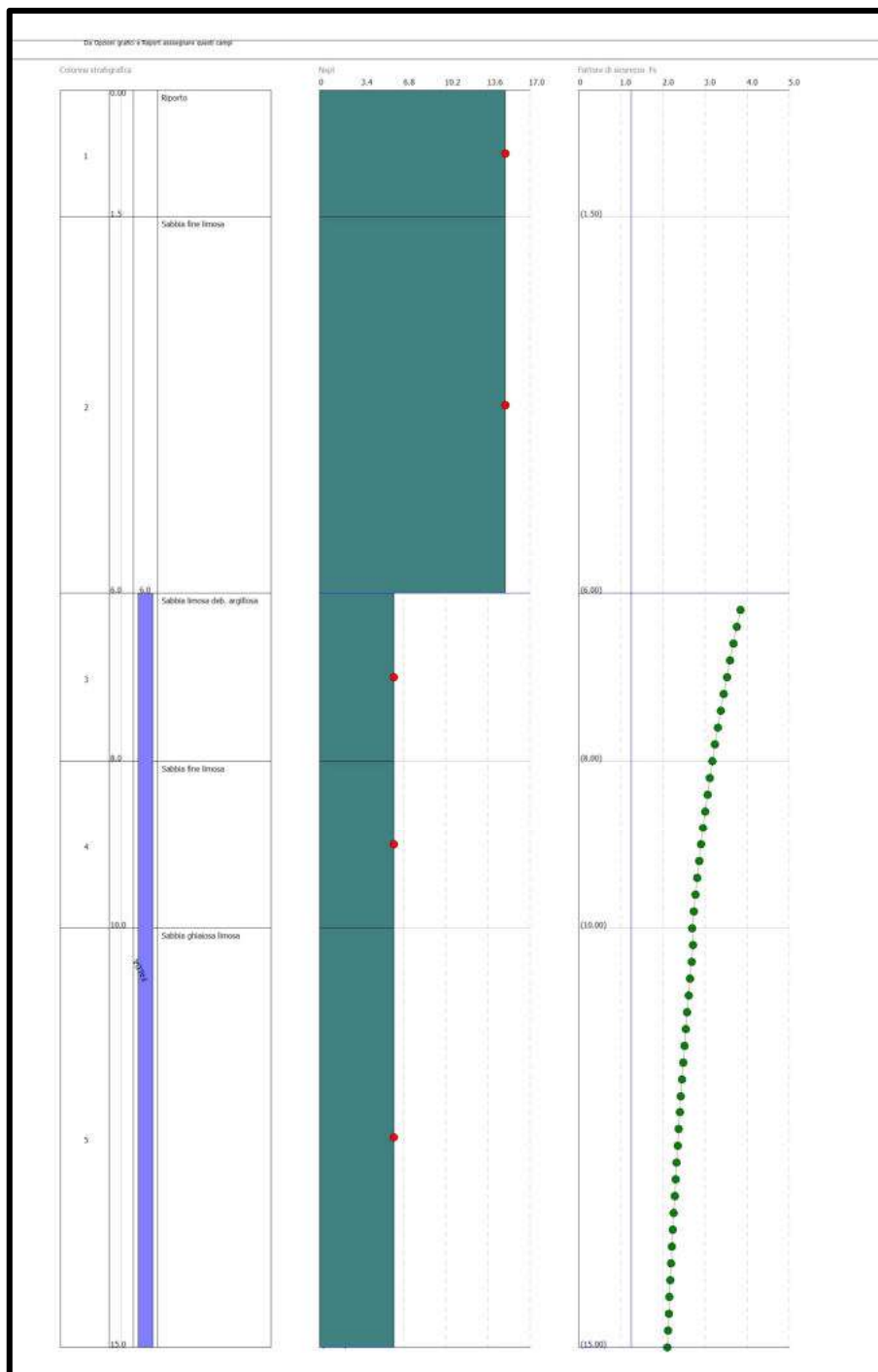


Figura 9.5 – Fattore di Sicurezza per le “Ntc 2018”

Per nessuno degli autori considerato il fattore di sicurezza è inferiore ad 1.00 o comunque a 1.25; in conclusione, si può affermare che, in base agli studi effettuati, i litotipi oggetti di studio non sono soggetti a liquefazione. Rimane però la costante, per tutti gli autori, l’abbassamento del Fattore di Sicurezza con la profondità (fino al top delle lave compatte).



Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli
Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

CONCLUSIONI

Il Comune di Scafati con determina dirigenziale n. 107 del 23/06/2022 reg. gen. N. 921 del 01/07/2022 (adottata dal Responsabile del Settore VIII, Tutela Ambiente e Territorio, Gare e Contratti) dichiara l'efficacia dell'aggiudicazione del servizio di geologia per i "Lavori di adeguamento sismico della scuola elementare e materna Tenente Iorio" (affidamento del servizio di redazione della relazione geologica ed attività annesse, CUP G84I900038001- CIG 8738800DE1).

La campagna d'indagini ha previsto la realizzazione di:

- n. 1 sondaggio geognostico a carotaggio continuo, realizzato fino alla profondità di 30 metri;
- n. 3 prove SPT;
- n. 2 prove penetrometriche pesanti di tipo DPSH;
- n. 2 prelievi di campioni;
- n. 1 rilievo sismico di tipo DOWN-HOLE;
- n. 2 prova sismica passiva a stazione singola (metodo HVSR – Horizontal to Vertical Spectral Ratio).

L'area oggetto di indagine è ubicata all'interno del territorio comunale di Scafati (SA), in prossimità della strada statale "Via Martiri D'Ungheria", ad Ovest della stazione ferroviaria della Circumvesuviana di Scafati. La Scuola Infantile/Primaria è la Tenente Iorio – IV Circolo Didattico.

L'area si trova ad una quota topografica di circa 14 m.s.l.m. e la morfologia è principalmente sub-pianeggiante; su un chilometro lineare preso in considerazione, risulta una pendenza media del 2.7%. La morfologia del territorio comunale di Scafati è dominata dall'incontro dei depositi legati all'attività vulcanica del complesso del monte Somma-Vesuvio con i depositi della facies fluvio-palustre riferiti al tratto medio-basso del fiume Sarno.

Il territorio comunale di Scafati ricade all'interno dei fogli e 466 "Sorrento" della recente Carta Geologica d'Italia (scala 1:50.000), ubicato a Sud del complesso Somma-Vesuvio ed all'interno della piana del F. Sarno. Il territorio ricade per lo più in "Piroclastici di Pompei":



Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli
Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

- “*Depositi da caduta e di flusso dell'eruzione del 79 d.C.*”.

Dall'osservazione delle curve isopiezometriche della Carta Idrogeologica dei Complessi della Idrogeologici della Regione Campania, si evince che il livello di medio di falda nell'area di studio, risulta variabile da 7/8 metri sul livello del mare, e che l'area ricade all'interno del “Complesso delle Piroclastiti da Caduta”. Si ricorda che la soggiacenza della falda è sempre soggetta ad oscillazioni stagionali e variazioni annuali del livello medio, ed infatti **il livello di falda rinvenuto all'interno dei sondaggi geognostici effettuati oscilla intorno ai 6.00 metri circa.**

Dall'esame delle cartografie di riferimento del P.A.I. (Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PSAI), dei territori dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale (L. n. 183 del 18/05/89; L. n. 253 del 7/08/90; L. n.493 del 4/12/93; L. n. 226 del 13/07/99; L. n. 365 del 11/12/00 agg.2020) del comune di Scafati, l'area in esame non risulta essere in zone di criticità da Rischio Frana (Tav. 466033, scala 1: 5.000).

Per il rischio idraulico si segnala la vicinanza di una zona a rischio elevato a Sud dell'edificio scolastico oggetto di relazione. Diversamente, studiando la mappa di pericolosità idraulica, l'area di interesse ricade in **Fascia C**: Fascia di inondazione per piena d'intensità eccezionale (E' quella interessata dalla piena relativa a T = 300 anni o dalla piena storica nettamente superiore alla piena di progetto).

Sono state eseguite indagini per la caratterizzazione litologica del sottosuolo. In particolare, l'attività si è articolata in:

- Esecuzione di n. 1 sondaggi a carotaggio continuo spinto fino ad una profondità di 30 metri dal p.c., al fine di ottenere una stratigrafia di dettaglio del sottosuolo;
- Esecuzione di n. 3 prove SPT (Standard Penetration Test), al fine di caratterizzare dal punto di vista geotecnico-geomeccanico i materiali geologici dell'area in esame;
- Esecuzione di n. 2 prove penetrometriche dinamiche continue (DPSH), realizzate con un penetrometro superpesante PAGANI TG63-200 kN, cingolato, con l'obiettivo di



Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli

Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

caratterizzare punto di vista geotecnico-geomeccanico i materiali geologici presenti nell'area di studio.

Nella seguente tabella sono riportati i dettagli delle prove geognostiche eseguite con le relative coordinate espresse nel sistema Geodetico UTM - WGS 84.

ID Indagine	Profondità prova dal p.c. (m)	Coordinate (N)	Coordinate (E)	Quota (m s.l.m.)
S1_DH	30.00	40.750635	14.516160	9
SPT_1	3.50	40.750635	14.516160	5.5
SPT_2	7.70	40.750635	14.516160	1.30
SPT_3	15.00	40.750635	14.516160	-6
DPSH 1	14.60	40.750615	14.516182	9
DPSH 2	14.60	40.750850	14.516569	9

I **campioni** analizzati sono 2 (C1_S1 e C2_S1), e le prove eseguite risultano essere riassunte nella tabella seguente

	C1 S1, Profondità 3.00 – 3.50	C1 S2, Profondità 7.00 – 7.70
Apertura e descrizione	X	X
Analisi fisiche generali	X	X
Prova granulometrica	X	X
Prova di compressione edometrica	X	X
Prova di taglio diretto	X	X
Prova di compressione ad espansione laterale libera		X



Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli
Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

I risultati delle stratigrafie e dei campioni individuano unità geologico-geotecniche distinte (nelle litologie più compatte si è evitato di effettuare prove SPT e DPSH poiché soggette a rifiuto); il materiale molto compatto, dalle ottime caratteristiche geotecniche, consiste nelle lave compatte profonde:

- **Lava compatta profonda:** questo livello si rinviene per un tratto di 15 metri circa nel sondaggio S1_DH. Il Valore di RQD misurato in campo è pari a 100%.

Al di sopra delle lave individuamo:

- 1) **Riporto** = Sabbia eterometrica sciolta, con spessore variabile da 1.00 a 1.50 m.

Peso unità di volume (T/m³)	1.40
Peso unità di volume saturo (T/m³)	1.87
Granulometria	<i>Sabbia eterometrica</i>
Angolo di attrito ϕ' (°)	27.60°
Modulo di Young (kg/cm²)	38.10
Modulo di Poisson	0.34
Qc Resistenza di punta (kg/cm²)	8.90
Modulo Edometrico (kg/cm²)	42.30

Tabella 9 – Modello Geotecnico - Riporto

- 2) **Sabbia Fine Limosa** = Sabbia fine coesiva, con spessore di circa 1 metro.

Peso unità di volume (T/m³)	1.38
Peso unità di volume saturo (T/m³)	1.87
Granulometria	<i>Sabbia fine con limo</i>
Angolo di attrito ϕ' (°)	27.20°
Coesione non drenata (Kg/cm²)	0.35
Modulo di Young (kg/cm²)	29.50
Modulo di Poisson	0.35
Qc Resistenza di punta (kg/cm²)	6.15
Modulo Edometrico (kg/cm²)	37.10

Tabella 10 – Modello Geotecnico – Sabbia fine limosa



Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli

Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

- 3) **Ghiaia con sabbia limosa ed argillosa** = Ghiaia con Sabbia fine coesiva, con spessore di circa 3.00 metro.

Peso unità di volume (T/m³)	1.54
Peso unità di volume saturo (T/m³)	1.91
Granulometria	<i>Ghiaia con sabbia limosa ed argilla</i>
Angolo di attrito ϕ' (°)	31.30°
Coesione non drenata (Kg/cm²)	0.34
Coesione C'(Kg/cm²)	0.30
Modulo di Young (kg/cm²)	79.50
Modulo di Poisson	0.35
Qc Resistenza di punta (kg/cm²)	17.50
Modulo Edometrico (kg/cm²)	64.10

Tabella 11 – Modello Geotecnico – Ghiaia con sabbia limosa

- 4) **Limo con sabbia argilloso** = limo con Sabbia fine, con spessore di circa 4.00/5.00 metri.

Peso unità di volume (T/m³)	1.61
Peso unità di volume saturo (T/m³)	1.93
Granulometria	<i>Limo con sabbia argilloso</i>
Angolo di attrito ϕ' (°)	27.60°
Coesione non drenata (Kg/cm²)	0.33
Coesione C'(Kg/cm²)	4.10
Modulo di Young (kg/cm²)	27.50
Modulo di Poisson	0.35
Qc Resistenza di punta (kg/cm²)	6.00
Modulo Edometrico (kg/cm²)	35.50

Tabella 12 – Modello Geotecnico – Limo con sabbia argilloso



Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli
Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

- 5) **Sabbia Ghiaiosa Limosa** = Sabbia con ghiaia coesiva, con spessore di circa 6.00 metri.

Peso unità di volume (T/m³)	1.53
Peso unità di volume saturo (T/m³)	1.95
Granulometria	<i>Sabbia ghiaiosa con limo</i>
Angolo di attrito ϕ' (°)	31.00°
Coesione non drenata (Kg/cm²)	1.30
Modulo di Young (kg/cm²)	120.00
Modulo di Poisson	0.33
Qc Resistenza di punta (kg/cm²)	27.00
Modulo Edometrico (kg/cm²)	86.00

Tabella 13 – Modello Geotecnico – Limo con sabbia argilloso

È stato effettuato n. 1 rilievo sismico di tipo Down-Hole a doppio Geofono. Prova geofisica è finalizzato alla ricostruzione del profilo di velocità Vs per la determinazione del parametro equivalente V_{seq} e la definizione della categoria sismica dei suoli di fondazione ai sensi delle NTC 2018;

$V_{s30eq} = 447$ m/s

Categoria di suolo: **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”.

È stata effettuata n.2 indagini **HVSR** in prossimità del sondaggio allestito a Down-Hole al fine di determinare le frequenze di risonanza caratteristiche del sito con un tempo di acquisizione pari a 30 minuti; è stato rinvenuto un picco a **5.00 ± 0.07 Hz** (molto probabilmente il top della formazione lavica) per entrambe le prove; probabilmente la quota della lava non varia nei due estremi dell'edificio scolastico.



Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli
Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

Il territorio comunale di Scafati (SA), dove è ubicata l'area oggetto di studio, ricade in **Zona 2** della zonazione sismica della regione Campania, delibera di Giunta Regionale n°5447 del 07/11/2002 (Media Sismicità).

Per le attività in oggetto la classe d'uso dev'essere pari alla **Classe III** (costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi non strategiche) e **Vita Nominale 50 anni**.

Nel caso in esame l'area risulta caratterizzata da gradienti di pendenza $<15^\circ$, per cui ricade nella **Categoria T1** a cui va attribuito un coefficiente di amplificazione topografica S_t pari a 1,0 come riportato nella tabella 3.2 V delle N.T.C. 2018.

Per quanto riguarda la Risposta Sismica Locale effettuata:

- il valore della PGA di sito, è pari a 0.0571 g per lo Stato Limite di Operatività (valore minimo di riferimento per la continuità di funzionamento dell'impiantistica critica) e a 0.2277 g per lo Stato Limite di Collasso (valore limite per la resistenza della struttura portante).

Per nessuno degli autori considerato il fattore di sicurezza è inferiore ad 1.00 o comunque a 1.25; in conclusione, si può affermare che, in base agli studi effettuati, **i litotipi oggetti di studio non sono soggetti a liquefazione**. Rimane però la costante, per tutti gli autori, l'abbassamento del Fattore di Sicurezza con la profondità (fino al top delle lave compatte).



Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli
Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

BIBLIOGRAFIA

- Google Earth Pro per desktop;
- INGV – Carta della pericolosità Sismica;
- Carta Geologica Progetto CARG– Foglio 466 “Sorrento” in scala 1: 50.000;
- Consultazione del Regolamento Urbanistico del comune di Scafati (SA);
- NTC 2018 Norme Tecniche per le costruzioni;
- Consultazione delle carte tematiche allegate al “P.S.A.I.” dell’Autorità di Bacino distrettuale Appennino Meridionale;
- Consultazione del portale geologico nazionale ISPRA al fine di individuare indagini pregresse eseguite in zone limitrofe;
- Piano Stralcio per l’Assetto Idrogeologico (PSAI) dei territori dell’Autorità di Bacino Distrettuale dell’Appennino Meridionale ((L. n. 183 del 18/05/89; L. n. 253 del 7/08/90; L. n. 493 del 4/12/93; L.n. 226 del 13/07/99; L.n. 365 del 11/12/00 agg.2015), e relativa Cartografia tematica;
- P.A.I - Piano stralcio di assetto idrogeologico;
- Progetto IFFI – Inventario dei fenomeni franosi in Italia.



Dott. Geol. Fabio Lombardi

Via Augusto de Martino, 10, Napoli
Tel. 3341694600 - P.IVA 09158561218 / geol.lombardi@gmail.com

ALLEGATI

- **Allegato 1:** *Report indagini Geognostiche e geofisiche (Trivel Sondaggi S.r.l.);*
- **Allegato 2:** *Studi liquefazione terreno.*



- ✦ Sondaggi geognostici
- ✦ Esplorazione del sottosuolo con mezzi meccanici
- ✦ Prove penetrometriche statiche e dinamiche
- ✦ Micropali - Iniezioni – Tiranti



Decreto di autorizzazione
Ministero Infrastrutture n° 1271
del 08.02.2011 di cui all'art. 59 del
D.P.R. n. 380/2001 - Circolare n.
7619/STC dell'8 Settembre 2010



COMMITTENTE:
COMUNE DI SCAFATI (SA)

OGGETTO:
Indagini geognostiche presso Scuola Tenente Iorio

LOCALITA' : Via Martiri d'Ungheria, Scafati (SA)

ALLEGATI: Colonne stratigrafiche
Certificati prove penetrometriche
Risultati prove di laboratorio
Risultati indagine geofisica

COMMESSA N.: 017-23
DATA: Gennaio 2023



1.0 PREMESSA

2.0 SONDAGGI GEOGNOSTICI

3.0 PRELIEVO CAMPIONI INDISTURBATI

4.0 PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE S. P. T

5.0 PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE DPSH

6.0 CONDIZIONAMENTO PER PROVA SISMICA DOWN – HOLE

7.0 UBICAZIONE INDAGINI

ALLEGATI

COLONNE E CERTIFICATI STRATIGRAFICI

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

CERTIFICATI PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE TIPO D.P.S.H.

RISULTATI INDAGINE GEOFISICA

RISULTATI PROVE DI LABORATORIO

1.0 **PREMESSA**

A seguito dell'incarico ricevuto dal **COMUNE DI SCAFATI (SA)** l'Impresa **TRIVEL SONDAGGI S.r.L.** ha eseguito n° 1 sondaggi geognostici a carotaggio continuo con prelievo di campioni indisturbati ed esecuzione di prove penetrometriche dinamiche in foro, tipo S.P.T., ed esecuzione di n° 2 prove penetrometriche dinamiche, tipo DPSH, relativi alla **SCUOLA TENENTE IORIO** nel Comune di **SCAFATI** in **VIA MARTIRI D'UNGHERIA**.

2.0 **SONDAGGI GEOGNOSTICI**

Per l'esecuzione dei sondaggi geognostici è stata utilizzata un'attrezzatura di perforazione costituita da sonda a rotazione CMV MK 400 F, avente le seguenti caratteristiche:

- attrezzatura a testa di rotazione idraulica
- velocità di rotazione di 300 giri/min
- coppia massima > 400 Kgm
- azionamento oleodinamico
- carro cingolato
- morsa idraulica
- pompa per acqua Bellin MG500L
- argano idraulico
- carotiere semplice
- carotiere doppio tipo T6
- tubazione metallica di rivestimento diametro 127mm.
- campionatore Shelby a pareti sottili
- attrezzatura per Standard Penetration Test

Le carote estratte nel corso della perforazione sono state catalogate in apposite cassette con coperchio apribile, munite di setti separatori, fotografate ed analizzate da un geologo.

I certificati relativi alla stesura delle colonne stratigrafiche sono forniti in appendice e contengono le seguenti informazioni:

- indicazione sul cantiere, committente, numero progressivo, lunghezza del sondaggio, l'inclinazione e la scala grafica;
- profondità dal p.c. dei litotipi e loro descrizione litologica;
- percentuale di carotaggio;
- diametro del foro, metodo di perforazione e metodo di stabilizzazione;
- eventuale condizionamento dei perfori
- livello di rinvenimento dell'eventuale falda;
- quota e metodologia di prelievo di campioni indisturbati.
- Coordinate dei punti d' indagine espressi nel sistema di riferimento UTM -WGS 84 – riferite al loro fuso di appartenenza (FUSO 33).

3.0 PRELIEVO CAMPIONI INDISTURBATI

Durante l'esecuzione dei sondaggi geognostici sono stati prelevati dei campioni indisturbati, a profondità prestabilite e compatibilmente con la natura dei terreni attraversati, utilizzando un campionatore con fustella a pareti sottili (*Shelby*). La fustella è costituita da un tubo in acciaio inox con la base tagliente ed angolo di scarpa compreso tra 4° e 15°, tale da rendere ininfluente il disturbo per effetto delle operazioni di prelievo. All'atto dell'estrazione la fustella, contenente il campione di terreno prelevato, è stata sigillata con paraffina fusa, al fine di conservare l'umidità naturale e riposta in luogo idoneo per la conservazione, fino alla spedizione in laboratorio. Su ogni campione è stata affissa un'etichetta contenente i dati relativi al Committente dei lavori, al cantiere, alla data del prelievo, alla metodologia di campionamento, alla quota di inizio e fine campionatura.

<i>SONDAGGIO</i>	<i>C.I.</i>	<i>PROFONDITA' DAL P.C.</i>	<i>CAMPIONATORE</i>
SOND-006-23 (S1)	N° 1	3,00-3,50 m	SHELBY
SOND-006-23 (S1)	N° 2	7,00-7,70 m	SHELBY

TAB. 1 : CAMPIONI INDISTURBATI PRELEVATI DURANTE LE INDAGINI

4.0 PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE S. P. T.

Nel corso dell'indagine geognostica sono state eseguite prove S.P.T. (*Standard Penetration Test*) seguendo le metodologie previste dalle seguenti norme:

- **A.G.I. - Associazione Geotecnica Italiana (Giugno 1977)**
- **A.S.T.M. - D1586-67(74) ; D1586-84**

Al raggiungimento della quota stabilità si è provveduto alla misurazione del fondo foro, con opportuno scandaglio, per assicurarsi dell'avvenuta pulizia del foro e, successivamente, sono state eseguite le prove con la seguente procedura:

- a. impiego di attrezzatura con dispositivo di sganciamento automatico di un maglio dal peso di 63,5kg e da un'altezza di caduta di 76 cm;
- b. all'estremità della batteria di aste collegata al dispositivo di sganciamento del maglio è stato applicato un campionatore *Raymond* munito di valvola sommitale a sfera; si è provveduto, quindi, alla conta dei numeri di colpi, provocati dalla caduta del maglio, necessari per infiggere tre tratti di 15 cm. del campionatore *Raymond*, apribile longitudinalmente ed avente le seguenti caratteristiche:
 - Diametro esterno = 51 mm.
 - Diametro interno = 35 mm.
 - Lunghezza = 457 mm.
 - Lunghezza scarpa = 76 mm.
 - Angolo scarpa = 60°

SIGLA SONDAGGIO	SIGLA SPT	PROFONDITA' DAL P.C.	S.P.T.	N° S.P.T.	TIPO DI PUNTA
S1	1	3,50-3,95 m	9-10-8	18	APERTA
	2	7,70-8,15 m	1-2-3	5	APERTA
	3	15,00-15,10 m	50/10cm	Rif.	APERTA

TAB. 2 : PROVE S.P.T. ESEGUITE DURANTE LE INDAGINI

L'esecuzione delle prove ha seguito le seguenti fasi:

1. controllo della quota di prova con opportuno scandaglio;
2. posa in opera a fondo foro del campionatore Raymond collegato alla batteria di aste;
3. infissione dei tre tratti di 15 cm. contando separatamente il numero di colpi occorrenti;
4. estrazione del campionatore con recupero del suo contenuto e sua sigillatura in sacchetti di cellophane.

5.0 PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE DPSH

Durante la campagna d'indagine geognostica sono state eseguite n° X prove penetrometriche dinamiche, tipo D.P.S.H. (*Dinamic Probing Super Heavy*), spinte fino alla profondità massima di XXX m dal P.C. Per l'esecuzione della prova è stato utilizzato un penetrometro dinamico Pagani TG-63-200 le cui caratteristiche sono riportate nell'allegato.

<i>SIGLA PROVA DPSH</i>	<i>PROFONDITA' DAL P.C.</i>
DPSH-027-23 (P1)	14,60 m
DPSH-028-23 (P2)	14,60 m

TAB. 3 : PROVE DPSH ESEGUITE DURANTE LE INDAGINI

6.0 CONDIZIONAMENTO DEI PERFORI PER PROVA DOWN-HOLE

Il perforo di sondaggio S1-DH è stato condizionato con tubazione in PVC rigido $\Phi = \text{mm.90}$, per dar seguito a prove sismiche di tipo down-hole con la seguente procedura operativa.

Al raggiungimento della quota stabilita si è provveduto alla misurazione del fondo foro con opportuno scandaglio e, successivamente, si è installata la tubazione in PVC, protetta dalle tubazioni provvisorie di rivestimento di 127 mm; il riempimento di cemento, tra le pareti del foro e l'estradosso del tubo, ha caratterizzato il tratto che va dal fondo foro fino al boccaforo.

7.0 UBICAZIONE INDAGINI

Le coordinate relative ai punti indagine sono state rilevate in campagna con GPS, modello TRIMBLE sc, con errore max di circa 2,00 m.



FIG. 1 : UBICAZIONE DELLE INDAGINI

Tutti i risultati delle indagini e prove su citate sono riportati negli allegati grafici che compongono il presente fascicolo, che si rilascia al committente.

Crispano (Na), Gennaio 2023





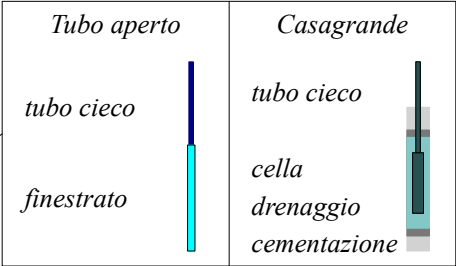
Certificato n° 00032 del 24/01/2023	Verbale di accettazione n° 0015 del 24/01/2023	Commessa: 017-23
Committente: COMUNE DI SCAFATI		Sondaggio: SOND-006-23
Riferimento: SCUOLA TENENTE IORIO		Data: 20-24/01/2023
Coordinate: 40.750635° 14.516160°		Quota: 14 m s.l.m.
Perforazione: SONDAGGIO A CAROTAGGIO CONTINUO - RIVESTIMENTO DOWNHOLE		

LEGENDA STRATIGRAFIA

Ø mm	R v	A metri batt.	LITOLOGIA	Prel. % 0 --- 100	prof. m	DESCRIZIONE	Campioni	Standard Penetration Test			Pz	
								m	S.P.T.	N		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

- 1) Diametro del foro / Tipo di carotiere
- 2) Rivestimento
- 3) Profondità dell'acqua
- 4) Scala metrica con limiti delle battute (>)
- 5) Simbolo litologico
- 6) Percentuale di prelievo (1-10, 11-20, ..., 91-100 %)
- 7) Profondità della base dello strato (m)
- 8) Descrizione della litologia dello strato
- 9) Campioni (numero, tipo, profondità testa e scarpa)
- 10) Profondità di inizio della prova S.P.T.
- 11) Prova S.P.T.
- 12) Valore di N_{spt}
- 13) Piezometri

She = Shelby
Den = Denison
Ost = Osterberg
Maz = Mazier
Crp = Craps
nk3 = NK3
Ind = Indisturbato
Dis = Disturbato
SDi = Semi disturbato
SPT = SPT
Amb = Ambientale





Certificato n° 00032 del 24/01/2023	Verbale di accettazione n° 0015 del 24/01/2023	Commessa: 017-23
Committente: COMUNE DI SCAFATI		Sondaggio: SOND-006-23
Riferimento: SCUOLA TENENTE IORIO		Data: 20-24/01/2023
Coordinate: 40.750635° 14.516160°		Quota: 14 m s.l.m.
Perforazione: SONDAGGIO A CAROTAGGIO CONTINUO - RIVESTIMENTO DOWNHOLE		

SCALA 1:100 **STRATIGRAFIA - SOND-006-23** Pagina 1/2

Ø mm	R v	A	metri batt.	LITOLOGIA	Prel. % 0 --- 100	prof. m	DESCRIZIONE	Campioni	Standard Penetration Test			Pz
									m	S.P.T.	N	
			1			1.5	Riporto e terreno di riporto					
			2			2.5	Sabbia fine limosa					
			3			3.5	Sabbia fine limosa debolmente ghiaiosa	1) She < 3,00 3,50	3,5	9-10-8	18	
			4			4.0	Sabbia grossolana argillosa ghiaiosa					
			5			5.0	Limo sabbioso fine					
			6			6.0	Sabbia limosa debolmente argillosa					
			7			7.7	Sabbia fine limosa	2) She < 7,00 7,70	7,7	1-2-3	5	
			8			8.0	Sabbia fine limosa					
			9			10.0	Sabbia ghiaiosa limosa					
			10			10.0	Sabbia ghiaiosa limosa					
			11			15.0	Lava compatta		15,0	50/10cm	Rif	
			12			15.0	Lava compatta					
			13			15.0	Lava compatta					
			14			15.0	Lava compatta					
			15			15.0	Lava compatta					
			16			15.0	Lava compatta					
			17			15.0	Lava compatta					
			18			15.0	Lava compatta					
			19			15.0	Lava compatta					
			20			15.0	Lava compatta					



Il Direttore
DOTT. GEOL. ROSARIO GUIDA



Certificato n° 00032 del 24/01/2023	Verbale di accettazione n° 0015 del 24/01/2023	Commessa: 017-23
Committente: COMUNE DI SCAFATI		Sondaggio: SOND-006-23
Riferimento: SCUOLA TENENTE IORIO		Data: 20-24/01/2023
Coordinate: 40.750635° 14.516160°		Quota: 14 m s.l.m.
Perforazione: SONDAGGIO A CAROTAGGIO CONTINUO - RIVESTIMENTO DOWNHOLE		

SCALA 1 :100	<u>STRATIGRAFIA - SOND-006-23</u>	Pagina 2/2
--------------	--	------------

ø mm	R v	A metri batt.	LITOLOGIA	Prel. % 0 --- 100	prof. m	DESCRIZIONE	Campioni	Standard Penetration Test		
								m	S.P.T.	N
		21				Lava compatta				
		22								
		23								
		24								
		25								
		26								
		27								
		28								
		29								
		30								
101					30.0					

SONDAGGIO ATTREZZATO PER PROVA GEOFISICA IN FORO DOWN-HOLE



Il Direttore
DOTT. GEOL. ROSARIO GUIDA

Certificato n° 00032 del 24/01/2023	Verbale di accettazione n° 0015 del 24/01/2023	Commessa: 017-23
Committente: COMUNE DI SCAFATI		Sondaggio: SOND-006-23
Riferimento: SCUOLA TENENTE IORIO		Data: 20-24/01/2023
Fotografie - Pagina 1/3		Pagina 1



Cassetta n° 1 - profondità da m 0,00 a m 5,00



Cassetta n° 2 - profondità da m 5,00 a m 10,00



Cassetta n° 3 - profondità da m 10,00 a m 15,00



Cassetta n° 4 - profondità da m 15,00 a m 20,00



Cassetta n° 5 - profondità da m 20,00 a m 25,00



Cassetta n° 6 - profondità da m 25,00 a m 30,00

Certificato n° 00032 del 24/01/2023	Verbale di accettazione n° 0015 del 24/01/2023	Commessa: 017-23
Committente: COMUNE DI SCAFATI		Sondaggio: SOND-006-23
Riferimento: SCUOLA TENENTE IORIO		Data: 20-24/01/2023
Fotografie - Pagina 2/3		Pagina 2



Ubicazione sondaggio S1-DH



Esecuzione prova SPT



Rivestimento per prova Down-Hole



Campione Indisturbato



PROVA PENETROMETRICA

Committente:	COMUNE DI SCAFATI
Riferimento:	SCUOLA TENENTE IORIO
Località:	SCAFATI (SA)
Commessa:	017-23

Modello Penetrometro:	PAGANI TG 63-200 DPSH
Normativa:	DIN 4094
Peso massa battente (kg):	63,500
Peso accessori (kg):	0,630
Peso di ogni asta (kg):	6,310
Lunghezza aste (cm):	100
Area della punta (cm²):	20,43
Angolo di apertura della punta (°):	90
Altezza di caduta (cm):	75
Intervallo di penetrazione (cm):	20
Coefficiente di sicurezza:	3,00
Coefficiente di correlazione:	1,47


 Il Direttore
 DOTT. GEOL. ROSARIO GUIDA



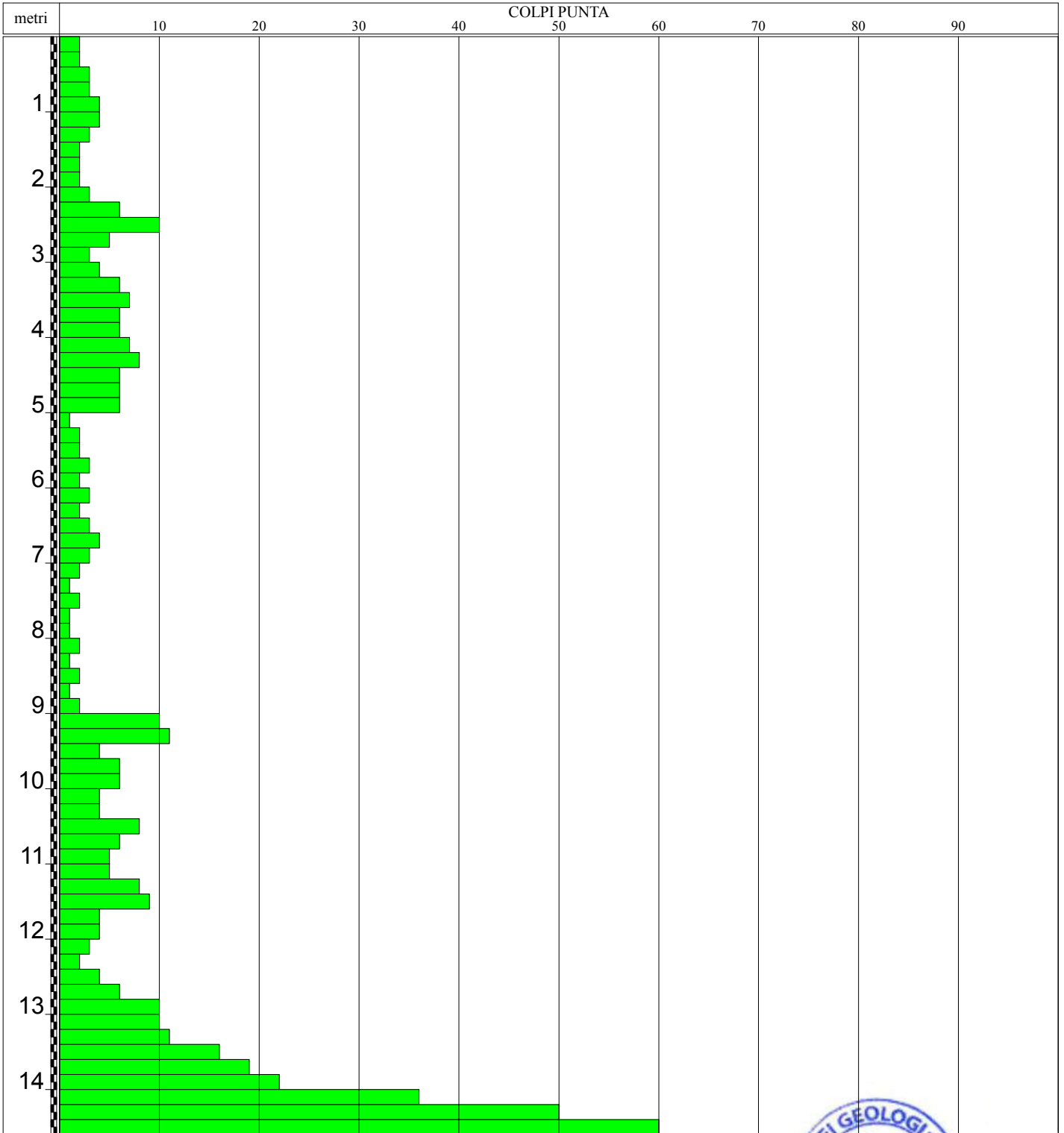
Certificato n° 00033 del 24/01/2023	Verbale di accettazione n° 0015 del 24/01/2023	Commessa: 017-23
-------------------------------------	--	------------------

Committente: COMUNE DI SCAFATI	Prova n°: DPSH-027-23 (P1)
Riferimento: SCUOLA TENENTE IORIO	Data prova: 20/01/2023
Località: SCAFATI (SA)	Quota:
Attrezzatura: PAGANI TG 63-200 DPSH	Coord.:

SCALA 1 :75

PROVA PENETROMETRICA - DPSH-027-23 (P1)

Pagina 1/2




 Il Direttore
 DOTT. GEOL. ROSARIO GUIDA



Certificato n° 00033 del 24/01/2023	Verbale di accettazione n° 0015 del 24/01/2023	Commessa: 017-23
Committente: COMUNE DI SCAFATI		Prova n°: DPSH-027-23 (P1)
Riferimento: SCUOLA TENENTE IORIO		Data prova: 20/01/2023
Località: SCAFATI (SA)		Quota:
Attrezzatura: PAGANI TG 63-200 DPSH		Coord.:

PROVA PENETROMETRICA - DPSH-027-23 (P1)

Pagina 2/2

Profondità m	Colpi punta	Profondità m	Colpi punta
0,20	2	8,20	2
0,40	2	8,40	1
0,60	3	8,60	2
0,80	3	8,80	1
1,00	4	9,00	2
1,20	4	9,20	10
1,40	3	9,40	11
1,60	2	9,60	4
1,80	2	9,80	6
2,00	2	10,00	6
2,20	3	10,20	4
2,40	6	10,40	4
2,60	10	10,60	8
2,80	5	10,80	6
3,00	3	11,00	5
3,20	4	11,20	5
3,40	6	11,40	8
3,60	7	11,60	9
3,80	6	11,80	4
4,00	6	12,00	4
4,20	7	12,20	3
4,40	8	12,40	2
4,60	6	12,60	4
4,80	6	12,80	6
5,00	6	13,00	10
5,20	1	13,20	10
5,40	2	13,40	11
5,60	2	13,60	16
5,80	3	13,80	19
6,00	2	14,00	22
6,20	3	14,20	36
6,40	2	14,40	50
6,60	3	14,60	60
6,80	4		
7,00	3		
7,20	2		
7,40	1		
7,60	2		
7,80	1		
8,00	1		



Il Direttore
DOTT. GEOL. ROSARIO GUIDA



Certificato n° 00034 del 24/01/2023

Verbale di accettazione n° 0015 del 24/01/2023

Commessa: 017-23

Committente: COMUNE DI SCAFATI

Prova n°: DPSH-028-23 (P2)

Riferimento: SCUOLA TENENTE IORIO

Data prova: 20/01/2023

Località: SCAFATI (SA)

Quota:

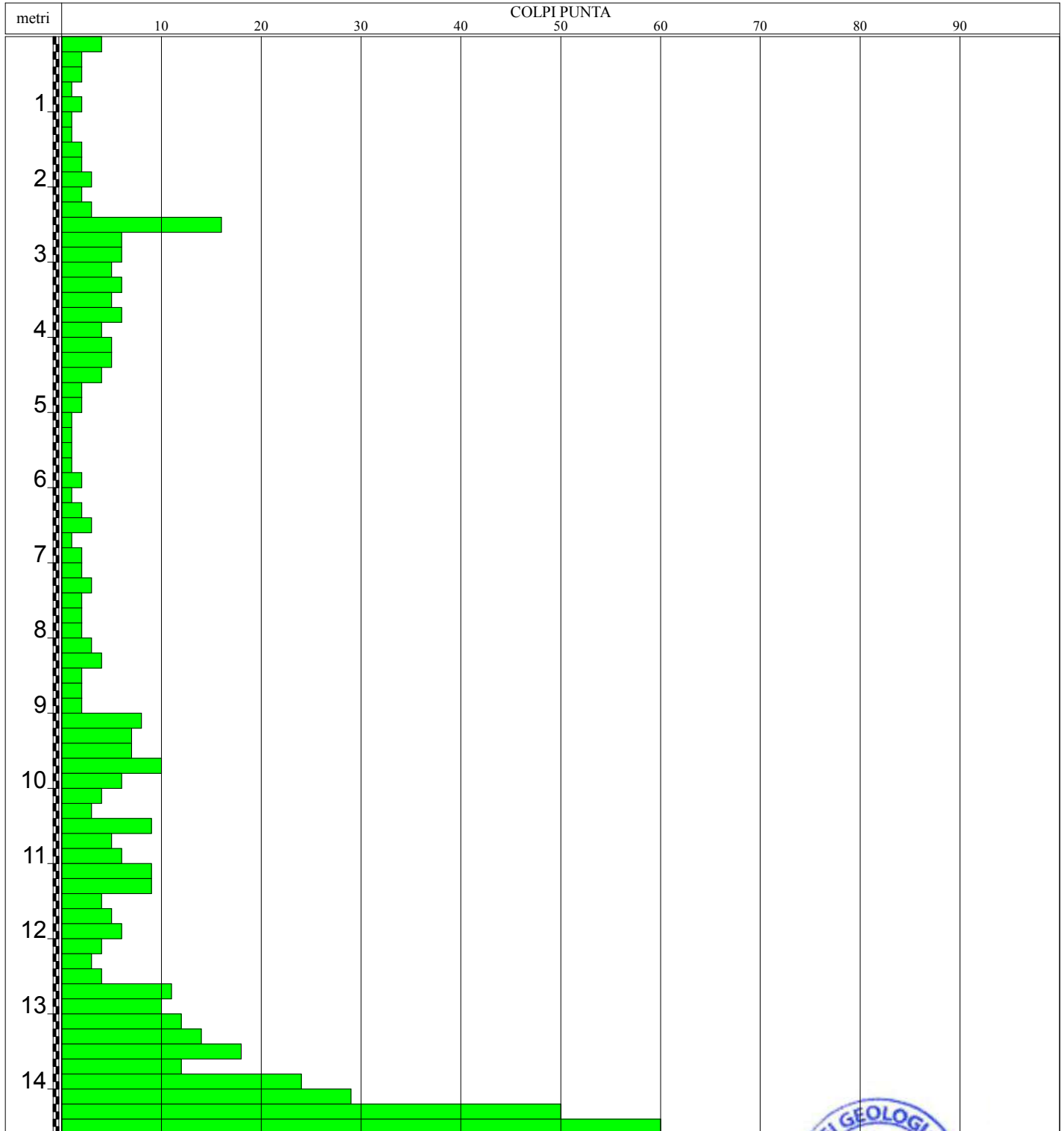
Attrezzatura: PAGANI TG 63-200 DPSH

Coord.:

SCALA 1 :75

PROVA PENETROMETRICA - DPSH-028-23 (P2)

Pagina 1/2



Il Direttore
DOTT. GEOL. ROSARIO GUIDA



Certificato n° 00034 del 24/01/2023

Verbale di accettazione n° 0015 del 24/01/2023

Commessa: 017-23

Committente: COMUNE DI SCAFATI

Prova n°: DPSH-028-23 (P2)

Riferimento: SCUOLA TENENTE IORIO

Data prova: 20/01/2023

Località: SCAFATI (SA)

Quota:

Attrezzatura: PAGANI TG 63-200 DPSH

Coord.:

PROVA PENETROMETRICA - DPSH-028-23 (P2)

Pagina 2/2

Profondità m	Colpi punta	Profondità m	Colpi punta
0,20	4	8,20	3
0,40	2	8,40	4
0,60	2	8,60	2
0,80	1	8,80	2
1,00	2	9,00	2
1,20	1	9,20	8
1,40	1	9,40	7
1,60	2	9,60	7
1,80	2	9,80	10
2,00	3	10,00	6
2,20	2	10,20	4
2,40	3	10,40	3
2,60	16	10,60	9
2,80	6	10,80	5
3,00	6	11,00	6
3,20	5	11,20	9
3,40	6	11,40	9
3,60	5	11,60	4
3,80	6	11,80	5
4,00	4	12,00	6
4,20	5	12,20	4
4,40	5	12,40	3
4,60	4	12,60	4
4,80	2	12,80	11
5,00	2	13,00	10
5,20	1	13,20	12
5,40	1	13,40	14
5,60	1	13,60	18
5,80	1	13,80	12
6,00	2	14,00	24
6,20	1	14,20	29
6,40	2	14,40	50
6,60	3	14,60	60
6,80	1		
7,00	2		
7,20	2		
7,40	3		
7,60	2		
7,80	2		
8,00	2		

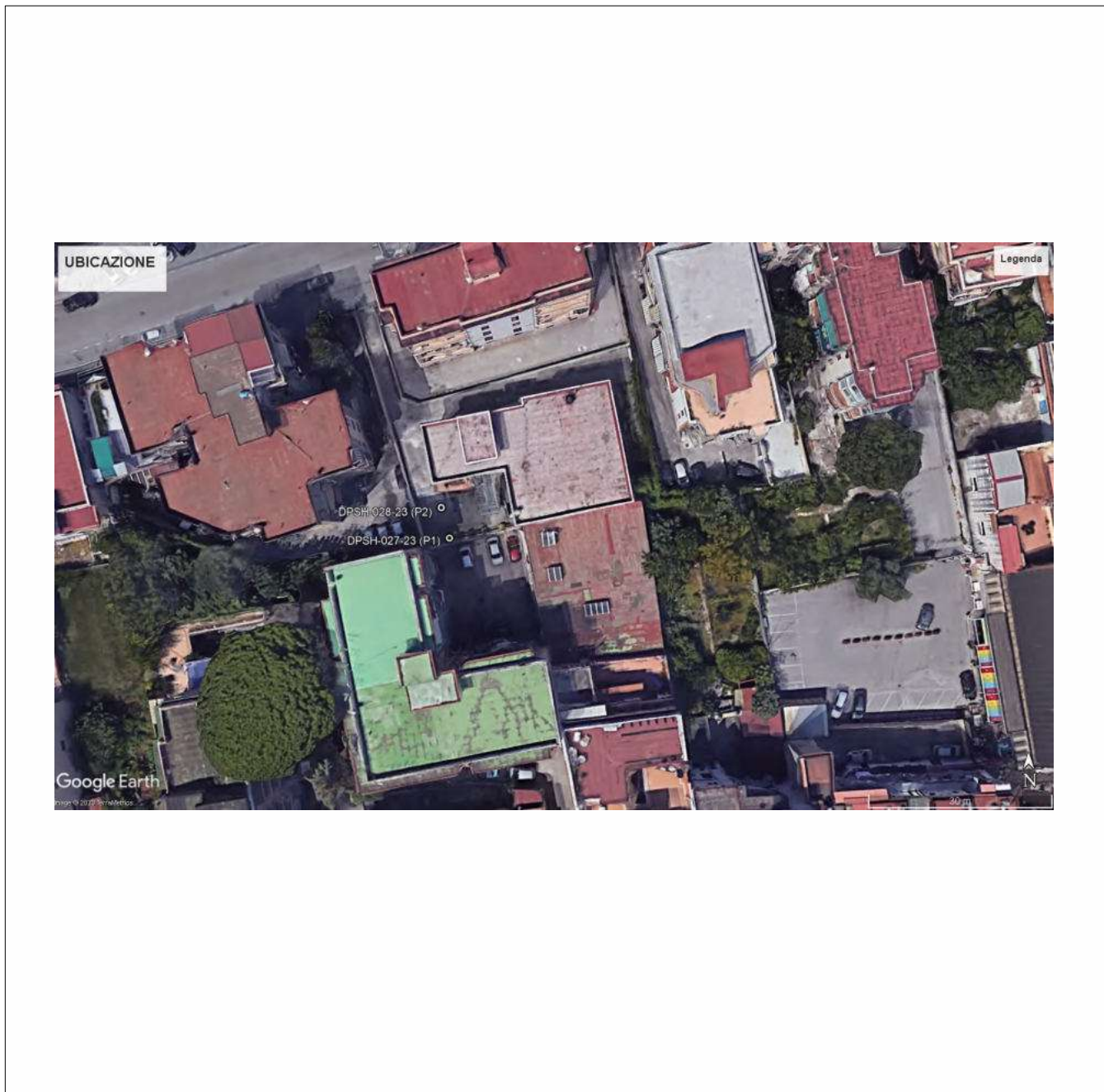


Il Direttore
DOTT. GEOL. ROSARIO GUIDA

Certificato n° 00034 del 24/01/2023	Verbale di accettazione n° 0015 del 24/01/2023	Commessa: 017-23
Committente: COMUNE DI SCAFATI		Prova n°: DPSH-028-23 (P2)
Riferimento: SCUOLA TENENTE IORIO		Data prova: 20/01/2023
Località: SCAFATI (SA)		Quota:
Attrezzatura: PAGANI TG 63-200 DPSH		Coord.:

Allegato

PROVA PENETROMETRICA - DPSH-028-23 (P2)



MISURE DOWN HOLE

Introduzione

Nel metodo sismico down hole (DH) viene misurato il tempo necessario per le onde P e S di spostarsi tra una sorgente sismica, posta in superficie, e i ricevitori, posti all'interno di un foro di sondaggio (figura 1, 2).

Le componenti indispensabili per una misura DH accurata consistono:

- 1) una sorgente meccanica in grado di generare onde elastiche ricche di energia e direzionali;
- 2) uno o più geofoni tridimensionali, con appropriata risposta in frequenza (4,5-14 Hz), direzionali e dotati di un sistema di ancoraggio alle pareti del tubo-foro;
- 3) un sismografo multi-canale, in grado di registrare le forme d'onda in modo digitale e di registrarle su memoria di massa;
- 4) un trasduttore (*trigger*) alloggiato nella sorgente necessario per l'identificazione dell'istante di partenza della sollecitazione dinamica mediante massa battente.



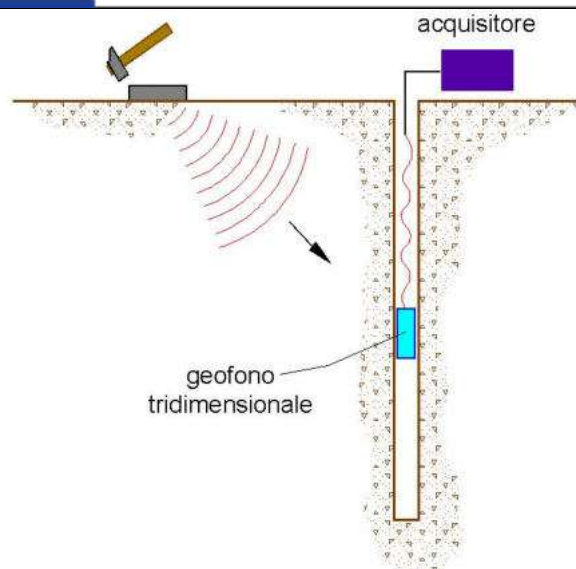


Figura 1 – Schema down hole ad un solo ricevitore

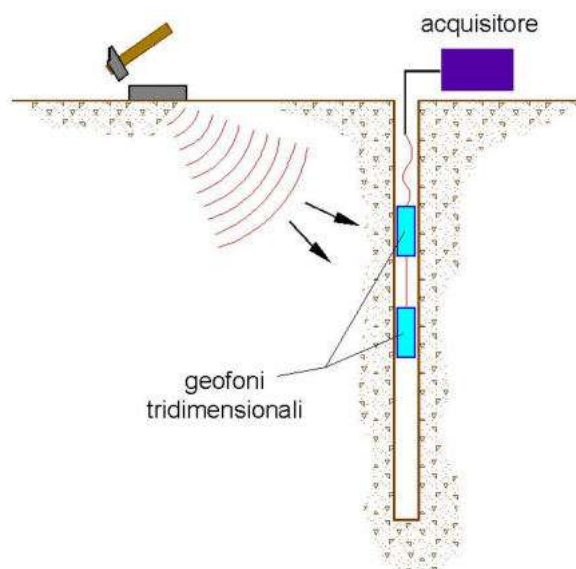


Figura 2 – Schema down hole a due ricevitori

Durante la perforazione, per ridurre l'effetto di disturbo nel terreno, i fori vengono sostenuti mediante fanghi bentonici e il loro diametro viene mantenuto piuttosto piccolo (mediamente $\varnothing \approx 15$ cm).

I fori vengono poi rivestiti mediante tubazioni, generalmente in PVC, e riempiti con una malta a ritiro controllato, generalmente composta di acqua, cemento e bentonite rispettivamente in proporzione di 100, 30 e 5 parti in peso.

Prime di ogni cosa, è però importante assicurarsi che il foro sia libero da strozzature e che il tubo di rivestimento non presenti lesioni.

Procedura sperimentale

La sorgente consiste in una piastra di alluminio che, dopo avere opportunamente predisposto il piano di appoggio, viene adagiata in superficie ad una distanza di 1,5 – 2,5 m dal foro e orientata in direzione ortogonale ad un raggio uscente dall'asse foro. Alla sorgente è agganciato il trasduttore di velocità utilizzato come *trigger*.

Se si dispone di due ricevitori, questi vengono collegati in modo da impedirne la rotazione relativa e da fissarne la distanza. Il primo dei due ricevitori viene raccordato ad una batteria di aste che ne permette l'orientamento dalla superficie e lo spostamento.

Una volta raggiunta la profondità di prova, i geofoni vengono orientati in modo che un trasduttore di ogni sensore sia diretto parallelamente all'asse della sorgente (orientamento assoluto).

A questo punto i ricevitori vengono assicurati alle pareti del tubo di rivestimento, la sorgente viene colpita in senso verticale (per generare onde di compressione P) o lateralmente (per generare onde di taglio SH) e, contemporaneamente, parte la registrazione del segnale di *trigger* e dei ricevitori.

Eseguite le registrazioni la profondità dei ricevitori viene modificata e la procedura sperimentale ripetuta.

Interpretazione in down hole con il metodo diretto

Per poter interpretare il down hole con il metodo diretto, inizialmente, bisogna correggere i tempi di tragitto (t) misurati lungo i percorsi sorgente-ricevitore per tenere conto dell'inclinazione del percorso delle onde. Se d è la distanza della sorgente dall'asse del foro (figura 3), r la distanza fra la sorgente e la tripletta di sensori, z la profondità di misura è possibile ottenere i tempi corretti (t_{CORR}) mediante la seguente formula di conversione:

$$1.0) t_{\text{corr}} = \frac{z}{r} t$$

Calcolati i tempi corretti sia per le onde P che per le onde S si realizza il grafico $t_{\text{corr}} - z$ in modo che la velocità media delle onde sismiche in strati omogenei di terreno è rappresentata dall'inclinazione dei segmenti di retta lungo i quali si allineano i dati sperimentali (figura 4).

Ottenuti graficamente i sismostrati si ottengono la densità media, funzione della velocità e della profondità, e i seguenti parametri:

1) coefficiente di Poisson medio:

$$2.0) \nu_{\text{medio}} = 0.5 \frac{\left(\frac{V_p}{V_s}\right)^2 - 2}{\left(\frac{V_p}{V_s}\right)^2 - 1}$$

2) modulo di deformazione a taglio medio:

$$3.0) G_{\text{medio}} = \rho V_s^2$$

3) modulo di compressibilità edometrica medio:

$$4.0) E_{\text{dmedio}} = \rho V_p^2$$

4) modulo di Young medio:

$$5.0) E_{\text{medio}} = 2\rho V_s^2 (1 + \nu)$$

5) modulo di compressibilità volumetrica medio:

$$6.0) E_{\text{vmedio}} = \rho \left(V_p^2 - \frac{4}{3} V_s^2 \right)$$

Interpretazione in down hole con il metodo intervallo

Con il metodo intervallo i tempi di tragitto dell'onda sismica si misurano fra due ricevitori consecutivi (figura 5) posti a differente profondità, consentendo così di migliorare la qualità delle misure (*velocità d'intervallo*).

Quando si dispone di un solo ricevitore, cioè nell'ipotesi in cui le coppie non corrispondano ad un unico impulso, i valori di velocità determinati vengono definiti di *pseudo-intervallo*, consentendo solo un'apparente migliore definizione del profilo di velocità.

Ottenute le misure è possibile calcolare i tempi corretti con la 1.0) e la velocità intervallo delle onde P e S, con relativo grafico (figura 6), con la formula seguente:

$$7.0) V_{p,s} = \frac{z_2 - z_1}{t_{2corr} - t_{1corr}}$$

Ottenute le velocità intervallo si calcolano la densità, il coefficiente di Poisson, il modulo di deformazione a taglio, il modulo di compressibilità edometrica, il modulo di Young, il modulo di compressibilità volumetrica per ogni intervallo con le formule riportate sopra.

Il metodo intervallo presenta però dei limiti:

- a) non tiene conto della velocità degli strati sovrastanti;
- b) non è applicabile nel caso in cui $t_{2corr} < t_{1corr}$.

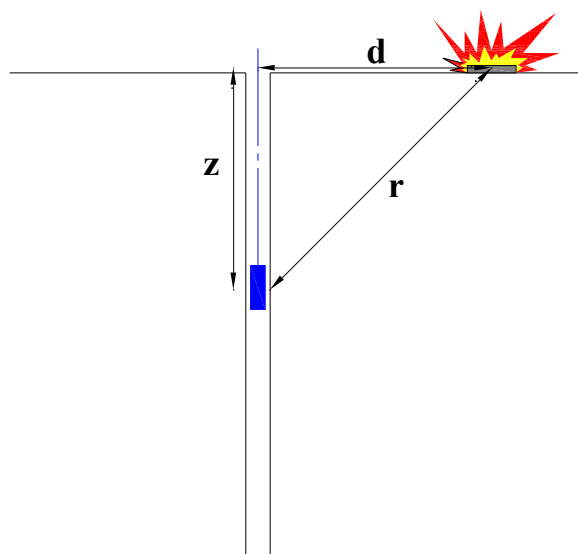


Figura 3 – Schema di down hole con metodo diretto

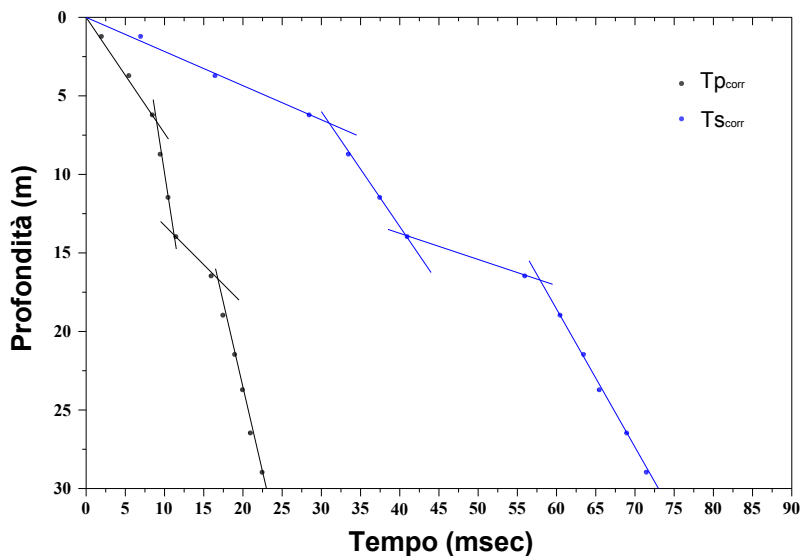


Figura 4 – Dromocrone

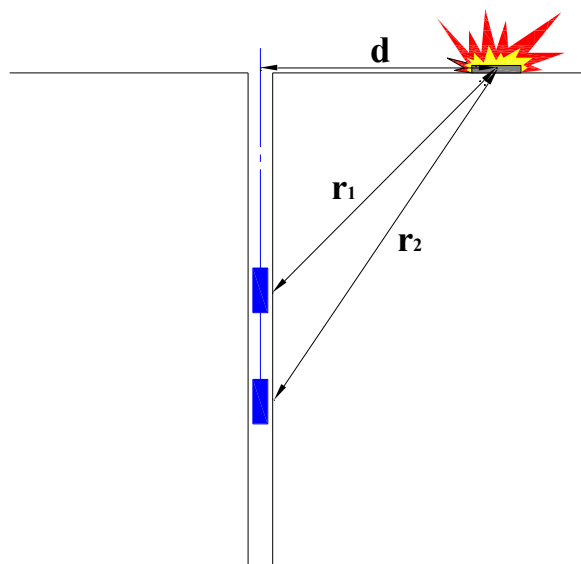


Figura 5 – Schema di down hole con metodo intervallo

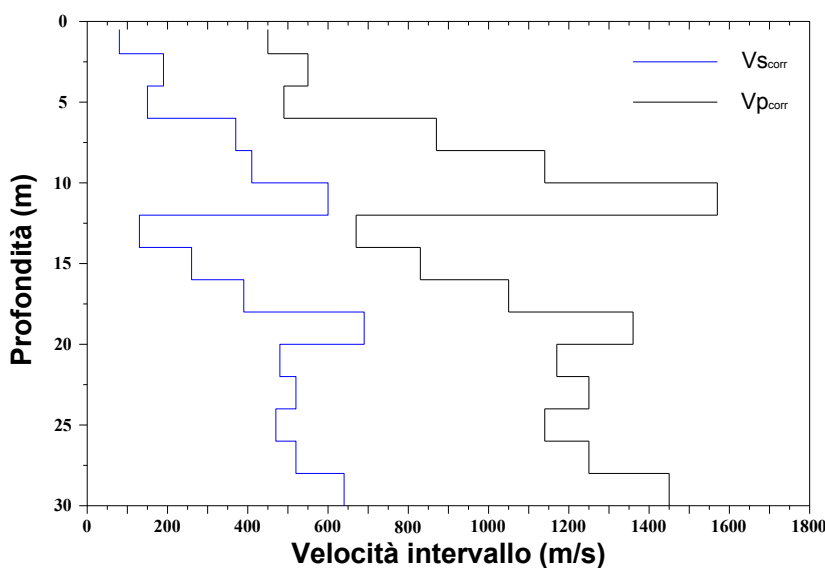


Figura 6 – Profilo delle velocità sismiche con metodo intervallo

Ambedue le procedure d'interpretazione sopra descritte sono comunque suscettibili di una critica fondamentale, cioè si basano sull'ipotesi che i percorsi delle onde siano rettilinei e coincidenti con quelli che collegano la sorgente ai ricevitori. Di solito ciò non è esatto, dato che, prima di giungere ai ricevitori, le onde subiscono fenomeni di rifrazione che ne modificano il percorso.

Interpretazione delle misure

Dati iniziali

Offset scoppio [m]	Numero di ricezioni	Posizione primo geofono [m]	Interdistanza [m]
2,5	31	1	1

Dati misure down hole

Registrazioni Nr.	Z [m]	Tp [msec]	Ts [msec]
1	1	10,6	16,1
2	2	11,1	17
3	3	11,7	18,4
4	4	12,3	20,9
5	5	12,8	21,9
6	6	13,4	22,9
7	7	14,1	24,2
8	8	14,8	25,2
9	9	15,6	26
10	10	16,9	28
11	11	18	30,1
12	12	19,2	31
13	13	20,3	32
14	14	21,3	32,8
15	15	22,6	34
16	16	23,6	34,3
17	17	24,5	35,3
18	18	24,6	35,4
19	19	24,8	35,8
20	20	25	36,2
21	21	25,3	36,6
22	22	25,6	37
23	23	26,1	37,3
24	24	26,7	37,8
25	25	27,1	38,3
26	26	27,4	38,7

27	27	27,7	40
28	28	28	41,4
29	29	28,7	42,4
30	30	29	43,6
31	31	29,6	44,1

Risultati

SR [m]	Tpcorr [msec]	Tscorr [msec]
2,6926	3,9367	5,9794
3,2016	6,9341	10,6198
3,9051	8,9882	14,1353
4,7170	10,4304	17,7232
5,5902	11,4487	19,5880
6,5000	12,3692	21,1385
7,4330	13,2786	22,7902
8,3815	14,1263	24,0529
9,3408	15,0309	25,0515
10,3078	16,3954	27,1640
11,2805	17,5524	29,3515
12,2577	18,7964	30,3484
13,2382	19,9347	31,4242
14,2215	20,9683	32,2892
15,2069	22,2925	33,5374
16,1941	23,3171	33,8888
17,1828	24,2393	34,9244
18,1728	24,3661	35,0634
19,1638	24,5881	35,4941
20,1556	24,8070	35,9205
21,1483	25,1226	36,3434
22,1416	25,4363	36,7634
23,1355	25,9472	37,0816
24,1299	26,5563	37,5966
25,1247	26,9655	38,1099
26,1199	27,2742	38,5223
27,1155	27,5820	39,8296
28,1114	27,8891	41,2360
29,1076	28,5940	42,2433
30,1040	28,8998	43,4494
31,1006	29,5042	43,9573

Metodo diretto

Profondità di riferimento: 30 m
 VS,30: 690 m/s
 VSeq 447 m/s
 H= 15m

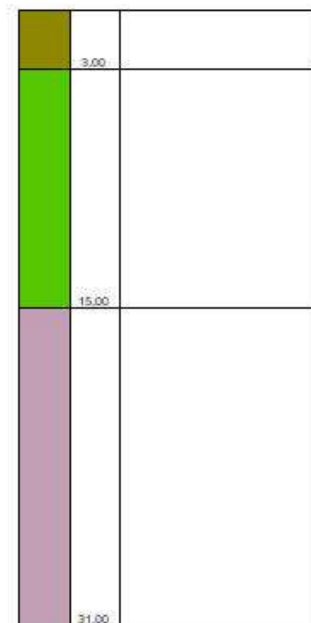
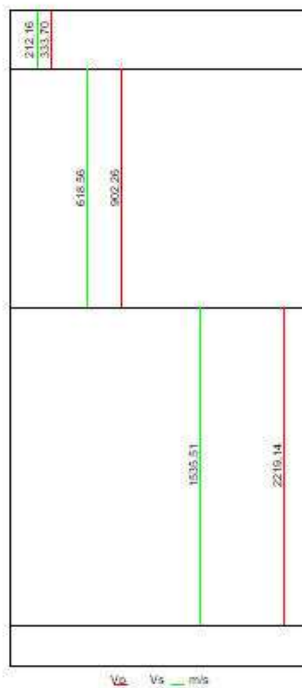
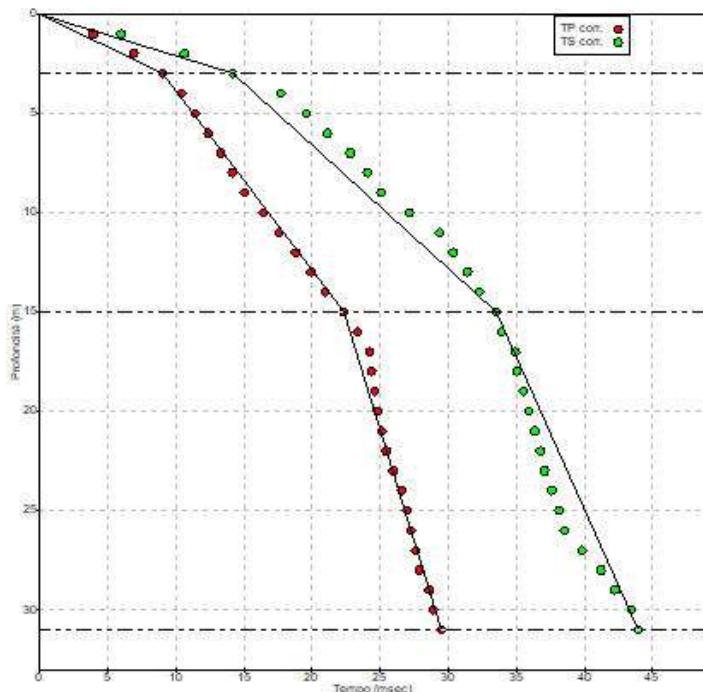
Sismostrati con metodo diretto

Descrizione [-]	Profondità [m]
	3
	15
	31

Valori medi

Vp medio [m/s]	Vs medio [m/s]	g medio [kN/mc]	ni medio	G medio [MPa]	Ed medio [MPa]	E medio [MPa]	Ev medio [MPa]
333,7	212,16	19,16	0,16	87,93	217,52	204,12	100,28
902,26	618,56	21,76	0,06	849,03	1806,43	1794,16	674,4
2219,14	1535,51	25	0,04	6010	12552,77	12509,39	4539,43

Dromocrone



Area P.I.P. Lotto n. 37 snc - 80020 Crispano (NA) - ☎ +39 081 834 56 97
 C.F.: 06068550638 - P.iva: 01493781213 - Codice Univoco: 000000
 Pec per acquisti: acquisti@aziendemail.it - ✉ info@trivelsondaggi.it
 Pec: trivelsondaggi@legalmail.it - 🌐 www.trivelsondaggi.it



Trivel Sondaggi S.r.l.



Sondaggi Geognostici • Esplorazione del Sottosuolo con Mezzi Meccanici • Prove Penetrometriche Statiche e Dinamiche • Micropali - Iniezioni - Tiranti •

Indice

1.Cenni teorici	1
2.Dati di input	9
3.Elaborazione delle misure	10
4.Elaborazione col metodo diretto	11
5.Elaborazione col metodo intervallo	12
Indice	13

Area P.I.P. Lotto n. 37 snc - 80020 Crispano (NA) - ☎ +39 081 834 56 97
C.F.: 06068550638 - P.iva: 01493781213 - Codice Univoco: 000000
Pec per acquisti: acquisti@aziendemail.it - ✉ info@trivelsondaggi.it
Pec: trivelsondaggi@legalmail.it - 🌐 www.trivelsondaggi.it



Sondaggi Geognostici • Esplorazione del Sottosuolo con Mezzi Meccanici • Prove Penetrometriche Statiche e Dinamiche • Micropali - Iniezioni - Tiranti •

SCAFATI, SCAFATI HVSR 1

Strumento: TEB-0504/01-19

Formato dati: 32 bit

Fondo scala [mV]: 89

Inizio registrazione: 30/01/2023 14:43:47 Fine registrazione: 30/01/2023 15:13:47

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN; Y+ Y-; X+ X-; Z+ Z-

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h30'00".

Analisi effettuata sull'intera traccia.

Freq. campionamento: 512 Hz

Lunghezza finestre: 20 s

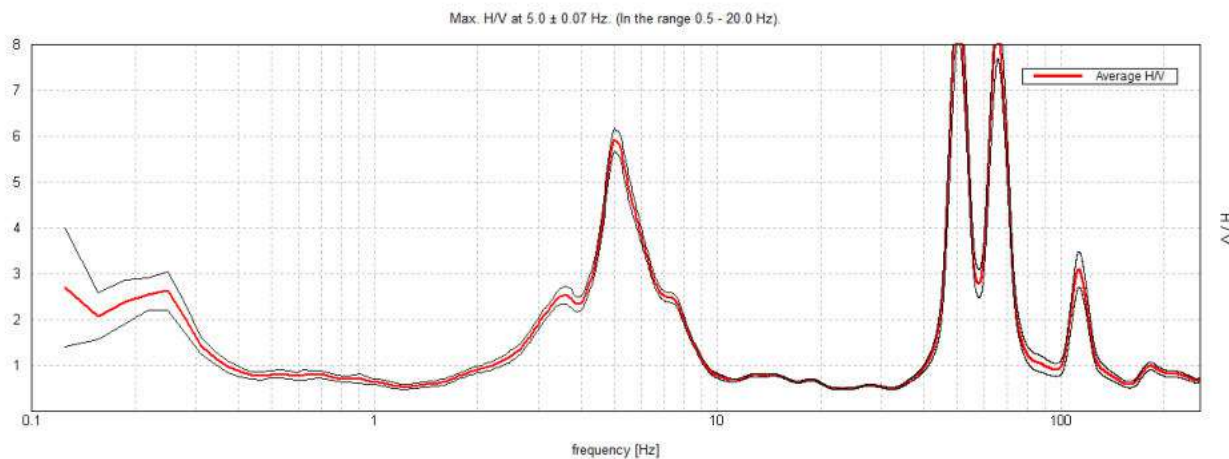
Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

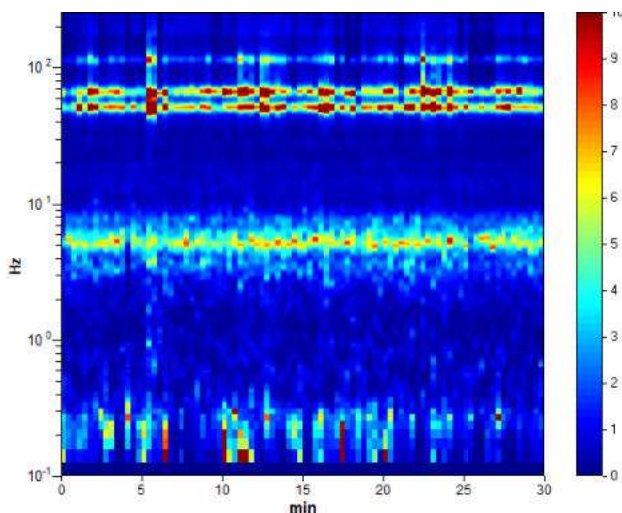


Area P.I.P. Lotto n. 37 snc - 80020 Crispano (NA) - ☎ +39 081 834 56 97
C.F.: 06068550638 - P.iva: 01493781213 - Codice Univoco: 0000000
Pec per acquisti: acquisti@aziendemail.it - ✉ info@trivelsondaggi.it
Pec: trivelsondaggi@legalmail.it - 🌐 www.trivelsondaggi.it

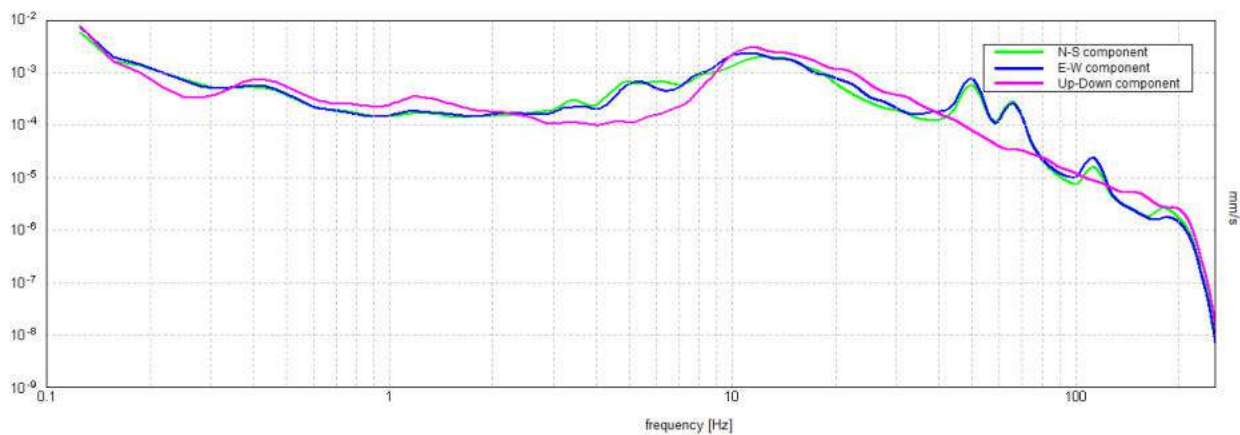
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



SERIE TEMPORALE H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di *Grilla* prima di interpretare la tabella seguente].

Picco H/V a 5.0 ± 0.07 Hz (nell'intervallo 0.5 - 20.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$5.00 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$9000.0 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5$ Hz $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5$ Hz	Superato 0 volte su 241	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	4.281 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	6.5 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$5.93 > 2$	OK	
$f_{picco}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.01363 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.06815 < 0.25$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.2459 < 1.58$	OK	

L_w	lunghezza della finestra
n_w	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
f	frequenza attuale
f_0	frequenza del picco H/V
σ_f	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	ampiezza della curva H/V alla frequenza f_0
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza f
f^-	frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 - 0.5	0.5 - 1.0	1.0 - 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20



Trivel Sondaggi S.r.l.



Sondaggi Geognostici • Esplorazione del Sottosuolo con Mezzi Meccanici • Prove Penetrometriche Statiche e Dinamiche • Micropali - Iniezioni - Tiranti •

SCAFATI, SCAFATI HVSR 2

Strumento: TEB-0504/01-19

Formato dati: 32 bit

Fondo scala [mV]: 89

Inizio registrazione: 30/01/2023 15:17:05 Fine registrazione: 30/01/2023 15:47:05

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN; Y+ Y-; X+ X-; Z+ Z-

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h30'00".

Analisi effettuata sull'intera traccia.

Freq. campionamento: 512 Hz

Lunghezza finestre: 20 s

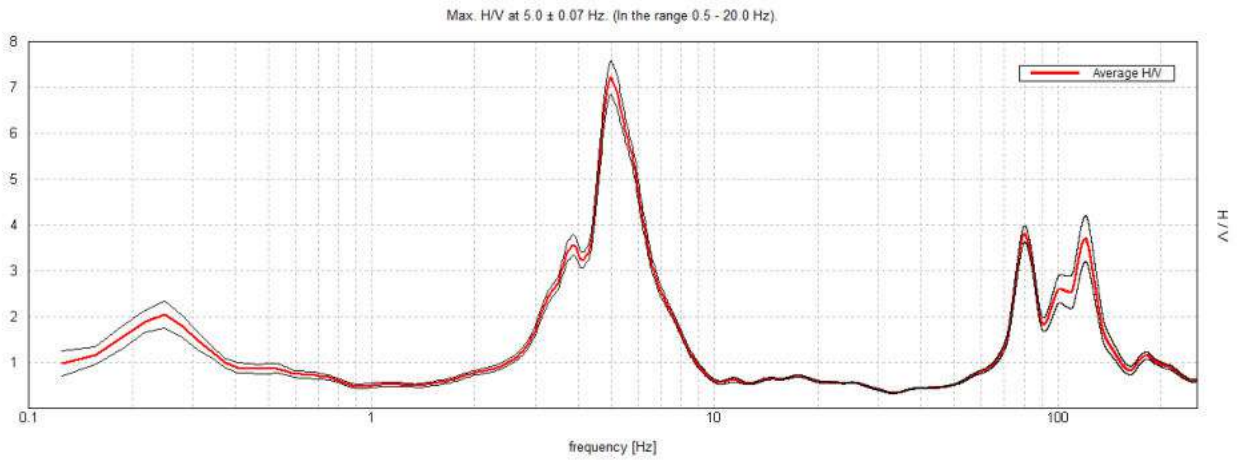
Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

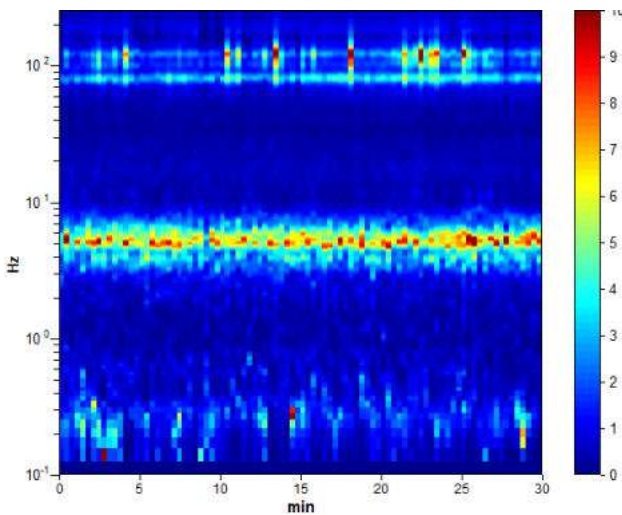


📍 Area P.I.P. Lotto n. 37 snc - 80020 Crispano (NA) - ☎ +39 081 834 56 97
C.F.: 06068550638 - P.iva: 01493781213 - Codice Univoco: 0000000
Pec per acquisti: acquisti@aziendemail.it - ✉ info@trivelsondaggi.it
Pec: trivelsondaggi@legalmail.it - 🌐 www.trivelsondaggi.it

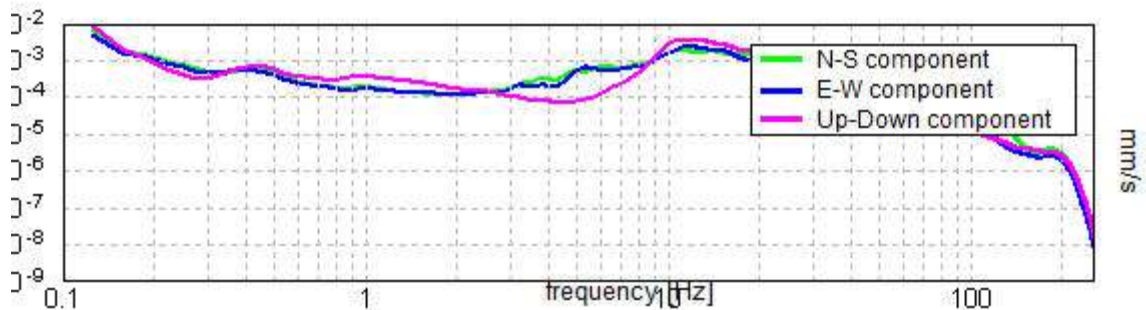
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



SERIE TEMPORALE H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di *Grilla* prima di interpretare la tabella seguente].

Picco H/V a 5.0 ± 0.07 Hz (nell'intervallo 0.5 - 20.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$5.00 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$9000.0 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 241	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	4.344 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	6.406 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$7.21 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.01321 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.06605 < 0.25$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.3642 < 1.58$	OK	

L_w	lunghezza della finestra
n_w	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
f	frequenza attuale
f_0	frequenza del picco H/V
σ_f	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	ampiezza della curva H/V alla frequenza f_0
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza f
f^-	frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 - 0.5	0.5 - 1.0	1.0 - 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20



ISOGEA S.r.l.

Laboratorio Geotecnico

 AZIENDA CON
 SISTEMA DI GESTIONE QUALITA'
 UNI EN ISO 9001:2015

 Certificazione Ufficiale - Settore "A" - Prove di Laboratorio sulle Terre
 AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
 Decreto 0007474 del 27/07/2012 Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC/2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 7324 Pagina 1/9

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 018/23 del 25/01/23

DATA DI EMISSIONE: 09/02/2023

Inizio analisi: 27/01/23

Apertura campione: 27/01/2023

Fine analisi: 30/01/23

COMMITTENTE: Trivel Sondaggi s.r.l. p/c del Comune di Scafati

RIFERIMENTO: Adeguamento sismico della scuola elementare e materna Plesso " Tenente Iorio" - Scafati (Sa)

SONDAGGIO: S1

CAMPIONE: C1

PROFONDITA': m 3,00 - 3,50

CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma ASTM D2216-98

Wn = contenuto d'acqua allo stato naturale = 50,8 %

Struttura del materiale:

 Omogeneo

 Stratificato

 Caotico

Temperatura di essiccazione: 110 °C

Dimensione massima delle particelle: 0,84 mm

Deposito piroclastico di colore marrone - grigiastro, sciolto ed molto umido, costituito da abbondanti pomici eterometriche (dmax = 2,00 cm), in matrice sabbiosa - limosa -argillosa
 Definizione granulometrica: Ghiaia con sabbia limosa e argillosa



ISOGEA S.r.l.

Laboratorio Geotecnico

 AZIENDA CON
 SISTEMA DI GESTIONE QUALITA'
 UNI EN ISO 9001:2015

 Certificazione Ufficiale - Settore "A" - Prove di Laboratorio sulle Terre
 AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
 Decreto 0007474 del 27/07/2012 Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC/2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 7324 Pagina 2/9

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 018/23 del 25/01/23

DATA DI EMISSIONE: 09/02/2023

Apertura campione: 27/01/2023

Inizio analisi: 27/01/23

Fine analisi: 27/01/23

COMMITTENTE: Trivel Sondaggi s.r.l. p/c del Comune di Scafati

RIFERIMENTO: Adeguamento sismico della scuola elementare e materna Plesso " Tenente Iorio" - Scafati (Sa)

SONDAGGIO: S1

CAMPIONE: C1

PROFONDITA': m 3,00 - 3,50

PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma BS 1377-90

Determinazione eseguita mediante fustella tarata

Peso di volume allo stato naturale = 15,4 kN/m³

Deposito piroclastico di colore marrone - grigiastro, sciolto ed molto umido, costituito da abbondanti pomici eterometriche ($d_{max} = 2,00$ cm), in matrice sabbiosa - limosa -argillosa
 Definizione granulometrica: Ghiaia con sabbia limosa e argillosa



ISOGEA S.r.l.

Laboratorio Geotecnico

 AZIENDA CON
 SISTEMA DI GESTIONE QUALITA'
 UNI EN ISO 9001:2015

 Certificazione Ufficiale - Settore "A" - Prove di Laboratorio sulle Terre
 AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
 Decreto 0007474 del 27/07/2012 Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC/2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 7324 Pagina 3/9

DATA DI EMISSIONE: 09/02/2023

Inizio analisi: 31/01/23

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 018/23 del 25/01/23

Apertura campione: 27/01/2023

Fine analisi: 01/02/23

COMMITTENTE: Trivel Sondaggi s.r.l. p/c del Comune di Scafati

RIFERIMENTO: Adeguamento sismico della scuola elementare e materna Plesso " Tenente Iorio" - Scafati (Sa)

SONDAGGIO: S1

CAMPIONE: C1

PROFONDITA': m 3,00 - 3,50

PESO SPECIFICO DEI GRANULI

Modalità di prova: Norma ASTM D854-92

 $\gamma_s = \text{Peso specifico dei granuli (media delle due misure) (kN/m}^3) = 26,4 \text{ kN/m}^3$
 $\gamma_{sc} = \text{Peso specifico dei granuli corretto a } 20^\circ \text{ (kN/m}^3) = 26,4 \text{ kN/m}^3$
Metodo: A B

Capacità del picnometro: 50 ml

Temperatura di prova: 15,8 °C

Dimensione massima delle particelle: 0,84 mm

Disaerazione eseguita per bollitura

Deposito piroclastico di colore marrone - grigiastro, sciolto ed molto umido, costituito da abbondanti pomici eterometriche ($d_{max} = 2,00 \text{ cm}$), in matrice sabbiosa - limosa -argillosa
 Definizione granulometrica: Ghiaia con sabbia limosa e argillosa



AZIENDA CON
SISTEMA DI GESTIONE QUALITA'
UNI EN ISO 9001:2015

Certificazione Ufficiale - Settore "A" - Prove di Laboratorio sulle Terre
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
Decreto 0007474 del 27/07/2012 Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC/2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 7324 Pagina 6/9

DATA DI EMISSIONE: 09/02/2023 Inizio analisi: 27/01/23

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 018/23 del 25/01/23

Apertura campione: 27/01/2023 Fine analisi: 09/02/23

COMMITTENTE: Trivel Sondaggi s.r.l. p/c del Comune di Scafati

RIFERIMENTO: Adeguamento sismico della scuola elementare e materna Plesso " Tenente Iorio" - Scafati (Sa)

SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C1 PROFONDITA': m 3,00 - 3,50

PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D2435-03

Caratteristiche del campione

Peso di volume (kN/m ³)	15,41
Umidità (%)	50,8
Peso specifico (kN/m ³)	26,40
Altezza provino (cm)	2,00
Diametro provino (cm)	5,05
Sezione provino (cm ²)	20,03
Volume provino (cm ³)	40,06
Volume dei vuoti (cm ³)	24,56
Indice dei vuoti	1,58
Porosità (%)	61,30
Saturazione (%)	86,3

DIAGRAMMA PRESSIONE - INDICE DEI VUOTI

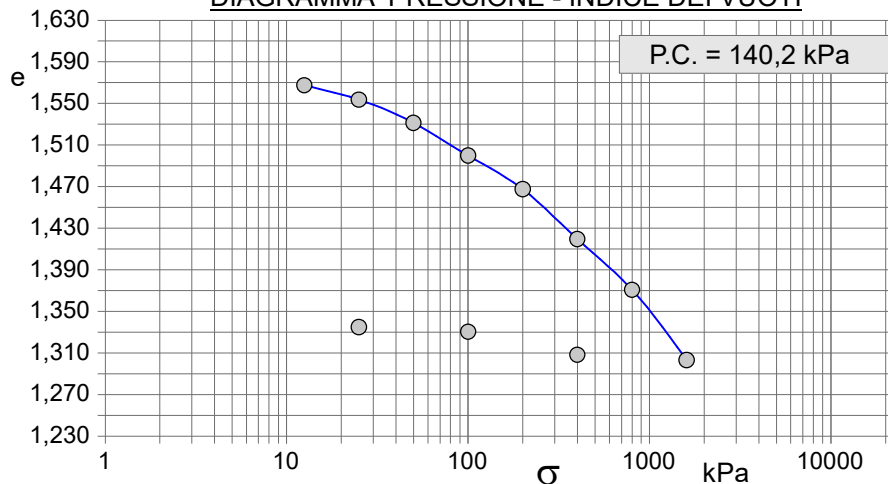
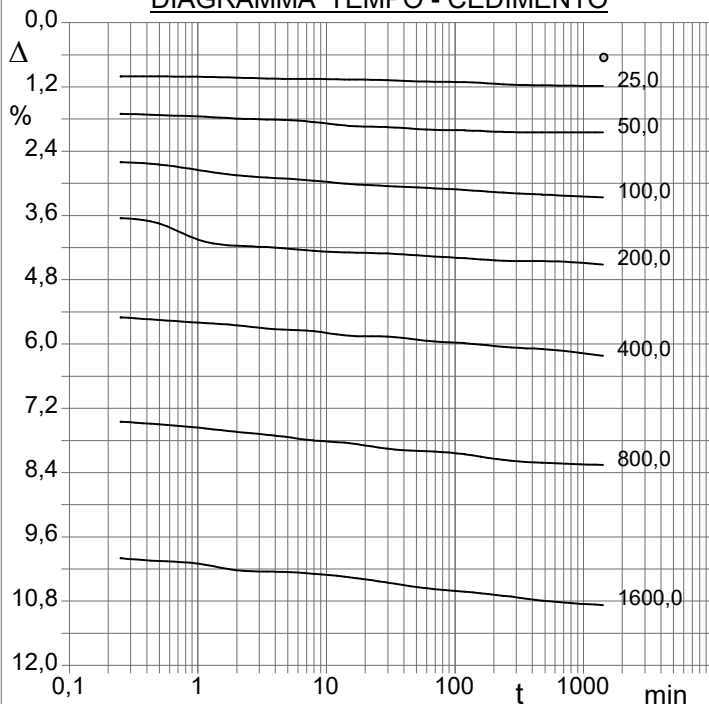


DIAGRAMMA TEMPO - CEDIMENTO



Pressione kPa	Cedim. mm/100	Indice Vuoti	Cc
12,5	13,0	1,567	
25,0	23,7	1,554	0,046
50,0	41,0	1,531	0,074
100,0	65,3	1,500	0,104
200,0	90,3	1,468	0,107
400,0	124,5	1,420	0,160
800,0	165,2	1,371	0,162
1600,0	217,5	1,303	0,224
400,0	213,5	1,308	
100,0	196,5	1,330	
25,0	193,0	1,335	

Deposito piroclastico di colore marrone - grigiastro, sciolto ed molto umido, costituito da abbondanti pomici eterometriche (dmax = 2,00 cm), in matrice sabbiosa - limosa -argillosa
Definizione granulometrica: Ghiaia con sabbia limosa e argillosa



AZIENDA CON
SISTEMA DI GESTIONE QUALITA'
UNI EN ISO 9001:2015

Certificazione Ufficiale - Settore "A" - Prove di Laboratorio sulle Terre
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
Decreto 0007474 del 27/07/2012 Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC/2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 7324	Pagina 7/9	DATA DI EMISSIONE: 09/02/2023	Inizio analisi: 27/01/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 018/23 del 25/01/23		Apertura campione: 27/01/2023	Fine analisi: 09/02/23

COMMITTENTE: Trivel Sondaggi s.r.l. p/c del Comune di Scafati			
RIFERIMENTO: Adeguamento sismico della scuola elementare e materna Plesso " Tenente Iorio" - Scafati (Sa)			
SONDAGGIO: S1	CAMPIONE: C1	PROFONDITA': m 3,00 - 3,50	

PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D2435-03

LETTURE INTERMEDIE - TABELLE RIASSUNTIVE

Pressione 25,0 kPa		Pressione 50,0 kPa		Pressione 100,0 kPa		Pressione 200,0 kPa	
Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100
0,00	13,0	0,00	23,7	0,00	41,0	0,00	65,3
0,25	20,0	0,25	34,0	0,25	52,0	0,25	73,0
0,50	20,1	0,50	34,5	0,50	53,0	0,50	75,0
1,00	20,2	1,00	35,0	1,00	55,0	1,00	81,0
2,00	20,5	2,00	35,8	2,00	57,0	2,00	83,3
4,00	20,9	4,00	36,2	4,00	58,0	4,00	84,0
8,00	21,0	8,00	37,1	8,00	59,0	8,00	85,2
15,00	21,2	15,00	38,5	15,00	60,2	15,00	85,8
30,00	21,5	30,00	39,0	30,00	61,0	30,00	86,2
60,00	22,0	60,00	39,9	60,00	61,7	60,00	87,1
120,00	22,2	120,00	40,2	120,00	62,5	120,00	88,0
240,00	23,0	240,00	40,8	240,00	63,5	240,00	88,9
480,00	23,4	480,00	40,9	480,00	64,2	480,00	89,0
1440,00	23,7	1440,00	41,0	1440,00	65,3	1440,00	90,3

Pressione 400,0 kPa		Pressione 800,0 kPa		Pressione 1600,0 kPa		Pressione -- kPa	
Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100
0,00	90,3	0,00	124,5	0,00	165,2		
0,25	110,0	0,25	149,0	0,25	200,0		
0,50	111,0	0,50	150,0	0,50	201,0		
1,00	112,0	1,00	151,2	1,00	202,0		
2,00	113,0	2,00	152,8	2,00	204,5		
4,00	114,5	4,00	154,2	4,00	205,0		
8,00	115,2	8,00	156,0	8,00	205,8		
15,00	116,9	15,00	157,0	15,00	207,1		
30,00	117,2	30,00	159,1	30,00	209,1		
60,00	118,8	60,00	160,0	60,00	211,2		
120,00	119,7	120,00	161,2	120,00	212,5		
240,00	121,1	240,00	163,3	240,00	214,0		
480,00	121,9	480,00	164,3	480,00	215,8		
1440,00	124,5	1440,00	165,2	1440,00	217,5		



AZIENDA CON
SISTEMA DI GESTIONE QUALITA'
UNI EN ISO 9001:2015

Certificazione Ufficiale - Settore "A" - Prove di Laboratorio sulle Terre
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
Decreto 0007474 del 27/07/2012 Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC/2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 7324 Pagina 8/9
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 018/23 del 25/01/23

DATA DI EMISSIONE: 09/02/2023 Inizio analisi: 30/01/23
Apertura campione: 27/01/2023 Fine analisi: 30/01/23

COMMITTENTE: Trivel Sondaggi s.r.l. p/c del Comune di Scafati

RIFERIMENTO: Adeguamento sismico della scuola elementare e materna Plesso " Tenente Iorio" - Scafati (Sa)

SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C1 PROFONDITA': m 3,00 - 3,50

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D3080-03

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Tempo di consolidazione (ore):	24	24	24
Pressione verticale (kPa):	100,0	200,0	300,0
Umidità iniziale e umidità finale (%):	50,8 75,4	50,8 64,2	50,8 81,2
Peso di volume (kN/m³):	15,7	15,6	15,3
Tipo di prova: Consolidata - lenta	Velocità di deformazione: 0,020 mm / min		

DIAGRAMMA
Tensione
Deformazione orizzontale

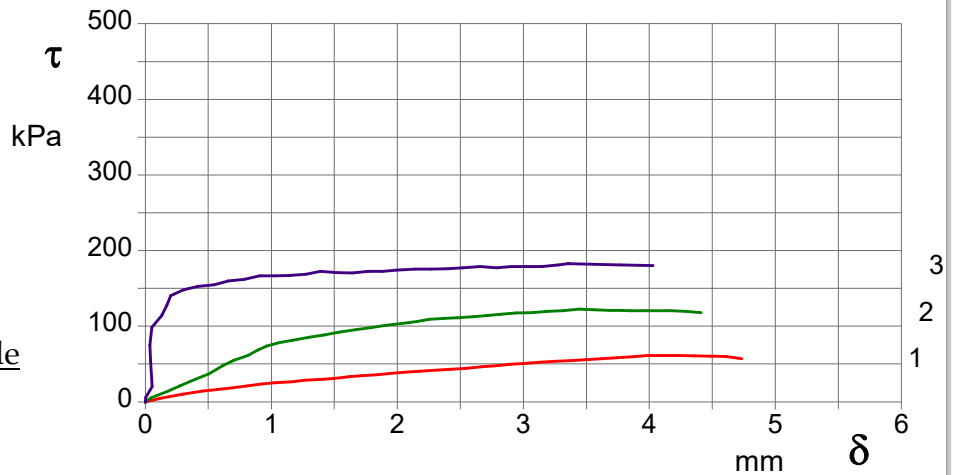
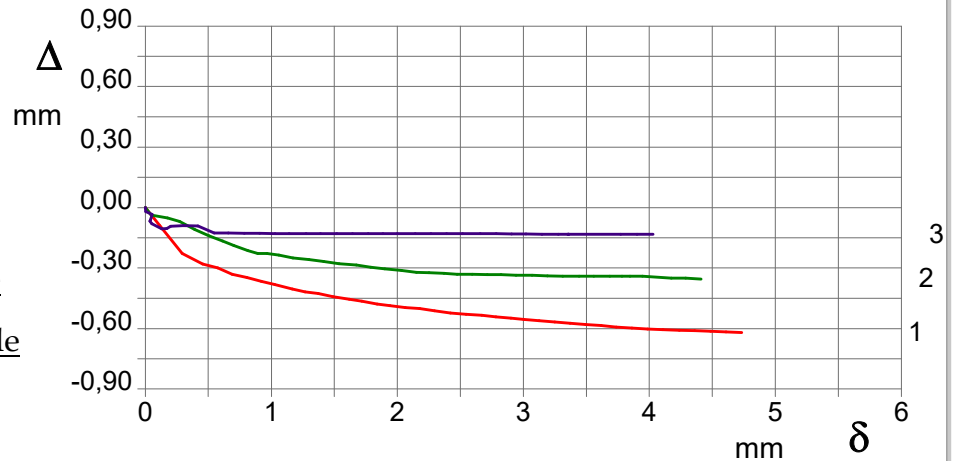


DIAGRAMMA
Deformazione verticale
Deformazione orizzontale



Deposito piroclastico di colore marrone - grigiastro, sciolto ed molto umido, costituito da abbondanti pomici eterometriche (dmax = 2,00 cm), in matrice sabbiosa - limosa -argillosa
Definizione granulometrica: Ghiaia con sabbia limosa e argillosa



ISOGEA S.r.l.

Laboratorio Geotecnico

 AZIENDA CON
 SISTEMA DI GESTIONE QUALITA'
 UNI EN ISO 9001:2015

 Certificazione Ufficiale - Settore "A" - Prove di Laboratorio sulle Terre
 AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
 Decreto 0007474 del 27/07/2012 Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC/2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 7325	Pagina 1/9	DATA DI EMISSIONE: 09/02/2023	Inizio analisi: 27/01/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 018/23 del 25/01/23		Apertura campione: 27/01/2023	Fine analisi: 30/01/23

COMMITTENTE: Trivel Sondaggi s.r.l. p/c del Comune di Scafati		
RIFERIMENTO: Adeguamento sismico della scuola elementare e materna Plesso " Tenente Iorio" - Scafati (Sa)		
SONDAGGIO: S1	CAMPIONE: C2	PROFONDITA': m 7,00 - 7,70

CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma ASTM D2216

Wn = contenuto d'acqua allo stato naturale = 57,6 %

Struttura del materiale:

Omogeneo
 Stratificato
 Caotico

Temperatura di essiccazione: 110 °C

Dimensione massima delle particelle: 0,84 mm

Deposito cineritico di colore marrone scuro, mediamente consistente e molto umido, in cui si rinvencono rarissime pomici minute, in abbondante matrice limosa - sabbiosa - argillosa.
 Definizione granulometrica: Limo con sabbia argilloso



ISOGEA S.r.l.

Laboratorio Geotecnico

 AZIENDA CON
 SISTEMA DI GESTIONE QUALITA'
 UNI EN ISO 9001:2015

 Certificazione Ufficiale - Settore "A" - Prove di Laboratorio sulle Terre
 AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
 Decreto 0007474 del 27/07/2012 Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC/2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 7325 Pagina 2/9

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 018/23 del 25/01/23

DATA DI EMISSIONE: 09/02/2023

Inizio analisi: 27/01/23

Apertura campione: 27/01/2023

Fine analisi: 27/01/23

COMMITTENTE: Trivel Sondaggi s.r.l. p/c del Comune di Scafati

RIFERIMENTO: Adeguamento sismico della scuola elementare e materna Plesso " Tenente Iorio" - Scafati (Sa)

SONDAGGIO: S1

CAMPIONE: C2

PROFONDITA': m 7,00 - 7,70

PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma BS 1377

Determinazione eseguita mediante fustella tarata

Peso di volume allo stato naturale = 16,1 kN/m³

Deposito cineritico di colore marrone scuro, mediamente consistente e molto umido, in cui si rinvencono rarissime pomici minute, in abbondante matrice limosa - sabbiosa - argillosa.
 Definizione granulometrica: Limo con sabbia argilloso



ISOGEA S.r.l.

Laboratorio Geotecnico

 AZIENDA CON
 SISTEMA DI GESTIONE QUALITA'
 UNI EN ISO 9001:2015

 Certificazione Ufficiale - Settore "A" - Prove di Laboratorio sulle Terre
 AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
 Decreto 0007474 del 27/07/2012 Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC/2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 7325 Pagina 3/9

DATA DI EMISSIONE: 09/02/2023

Inizio analisi: 31/01/23

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 018/23 del 25/01/23

Apertura campione: 27/01/2023

Fine analisi: 01/02/23

COMMITTENTE: Trivel Sondaggi s.r.l. p/c del Comune di Scafati

RIFERIMENTO: Adeguamento sismico della scuola elementare e materna Plesso " Tenente Iorio" - Scafati (Sa)

SONDAGGIO: S1

CAMPIONE: C2

PROFONDITA': m 7,00 - 7,70

PESO SPECIFICO DEI GRANULI

Modalità di prova: Norma ASTM D854

 $\gamma_s = \text{Peso specifico dei granuli (media delle due misure) (kN/m}^3) = 25,5 \text{ kN/m}^3$
 $\gamma_{sc} = \text{Peso specifico dei granuli corretto a } 20^\circ \text{ (kN/m}^3) = 25,5 \text{ kN/m}^3$
Metodo: A B

Capacità del picnometro: 50 ml

Temperatura di prova: 21,0 °C

Dimensione massima delle particelle: 0,84 mm

Disaerazione eseguita per bollitura

Deposito cineritico di colore marrone scuro, mediamente consistente e molto umido, in cui si rinvencono rarissime pomici minute, in abbondante matrice limosa - sabbiosa - argillosa.

Definizione granulometrica: Limo con sabbia argilloso



AZIENDA CON
SISTEMA DI GESTIONE QUALITA'
UNI EN ISO 9001:2015

Certificazione Ufficiale - Settore "A" - Prove di Laboratorio sulle Terre
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
Decreto 0007474 del 27/07/2012 Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC/2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 7325	Pagina 4/9	DATA DI EMISSIONE: 09/02/2023	Inizio analisi: 31/01/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 018/23 del 25/01/23		Apertura campione: 27/01/2023	Fine analisi: 01/02/23

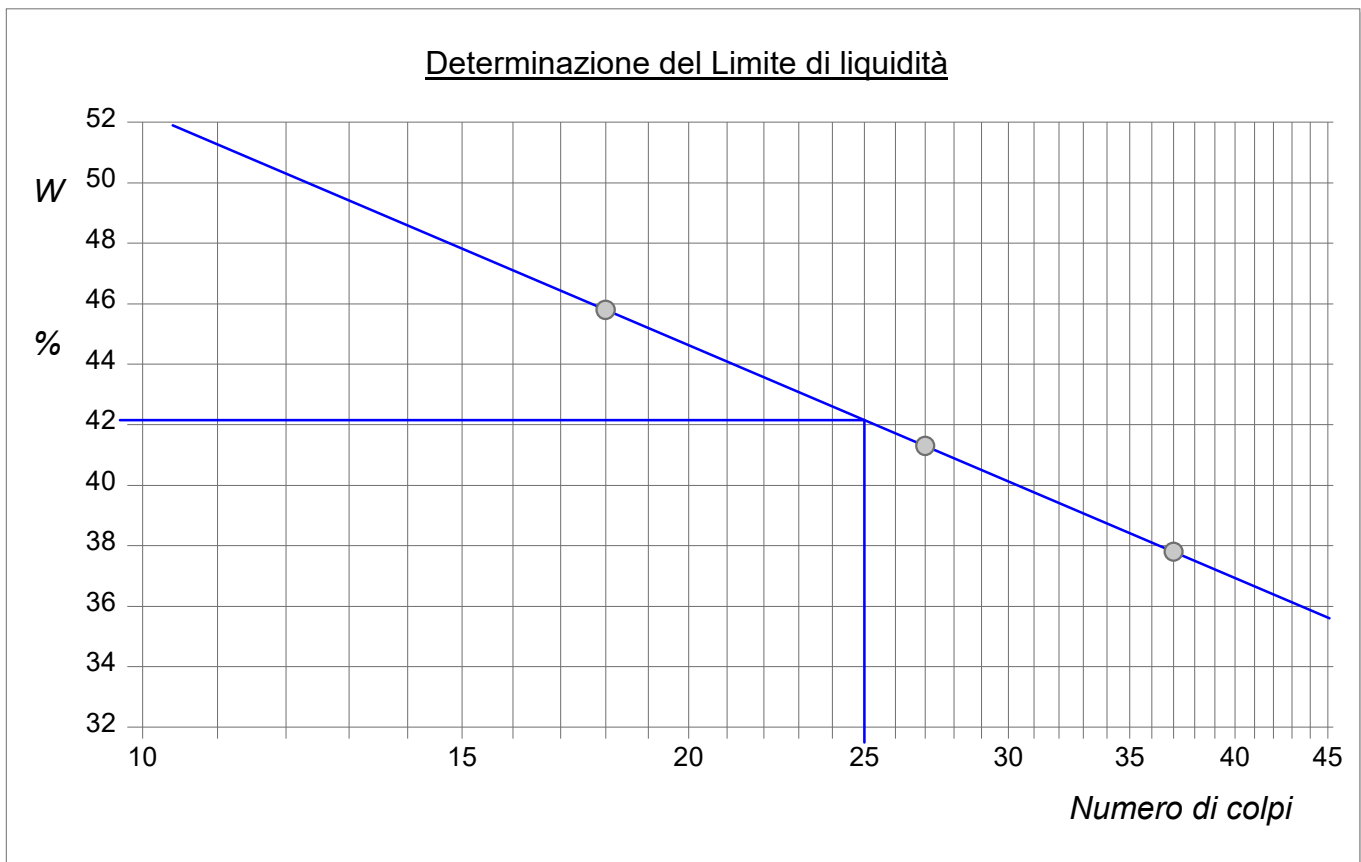
COMMITTENTE: Trivel Sondaggi s.r.l. p/c del Comune di Scafati		
RIFERIMENTO: Adeguamento sismico della scuola elementare e materna Plesso " Tenente Iorio" - Scafati (Sa)		
SONDAGGIO: S1	CAMPIONE: C2	PROFONDITA': m 7,00 - 7,70

LIMITI DI CONSISTENZA LIQUIDO E PLASTICO

Modalità di prova: Norma ASTM D4318

Limite di liquidità	42,2 %
Limite di plasticità	26,9 %
Indice di plasticità	15,3 %

LIMITE DI LIQUIDITA'					LIMITE DI PLASTICITA'		
Numero di colpi	18	27	37		Umidità (%)	26,9	26,9
Umidità (%)	45,8	41,3	37,8		Umidità media	26,9	



Deposito cineritico di colore marrone scuro, mediamente consistente e molto umido, in cui si rinvencono rarissime pomici minute, in abbondante matrice limosa - sabbiosa - argillosa.
Definizione granulometrica: Limo con sabbia argilloso



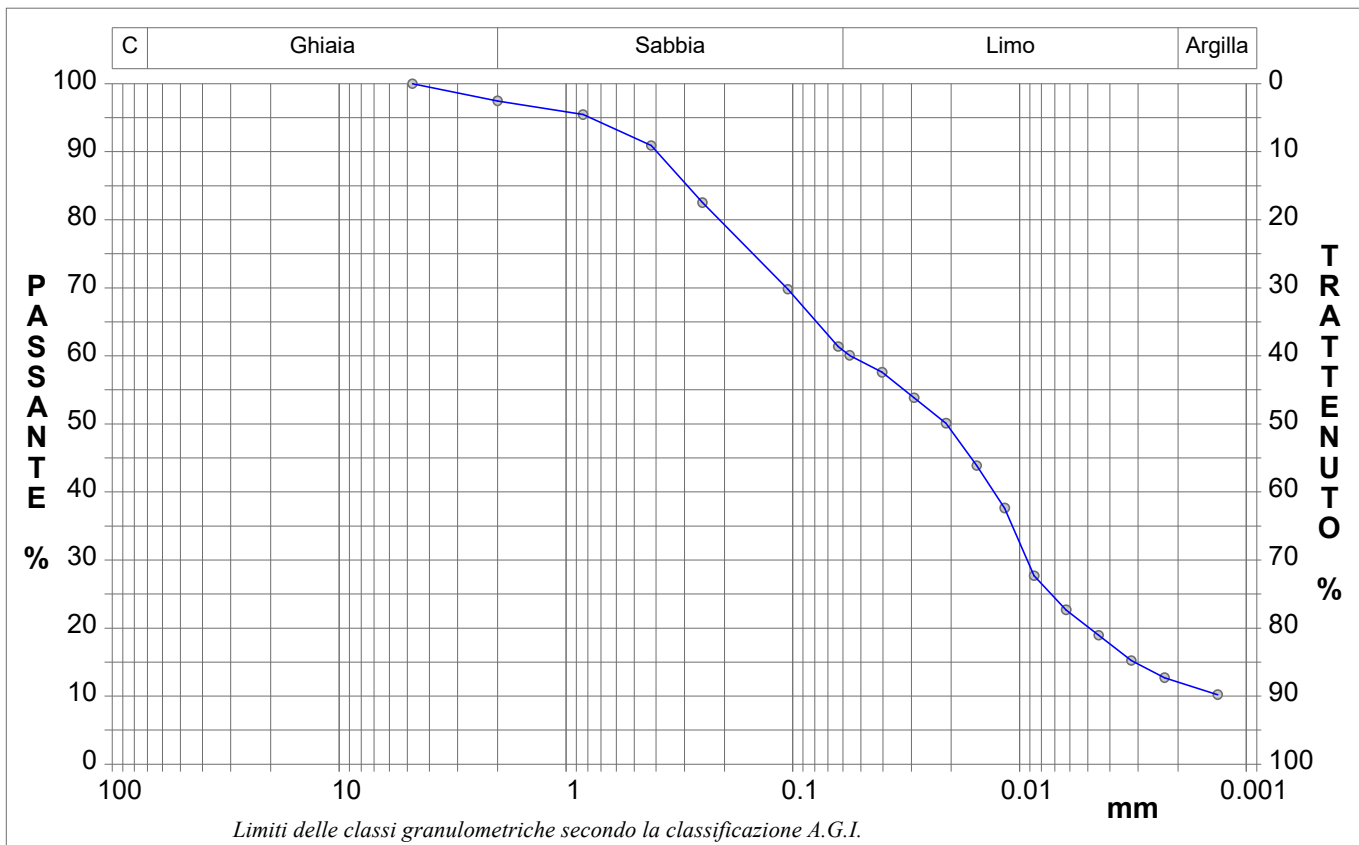
CERTIFICATO DI PROVA N°: 7325	Pagina 5/9	DATA DI EMISSIONE: 09/02/2023	Inizio analisi: 30/01/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 018/23 del 25/01/23		Apertura campione: 27/01/2023	Fine analisi: 02/02/23

COMMITTENTE: Trivel Sondaggi s.r.l. p/c del Comune di Scafati		
RIFERIMENTO: Adeguamento sismico della scuola elementare e materna Plesso " Tenente Iorio" - Scafati (Sa)		
SONDAGGIO: S1	CAMPIONE: C2	PROFONDITA': m 7,00 - 7,70

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D2217 - D422

Ghiaia	2,5 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	97,5 %	D10	---	mm		
Sabbia	36,7 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	90,9 %	D30	0,00924	mm		
Limo	48,7 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	64,2 %	D50	0,02096	mm		
Argilla	12,1 %			D60	0,05552	mm		
Coefficiente di uniformità		---	Coefficiente di curvatura		---	D90	0,39648	mm



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
4,7500	100,00	0,1050	69,78	0,0211	50,11	0,0045	18,95		
2,0000	97,47	0,0630	61,37	0,0154	43,88	0,0032	15,21		
0,8410	95,45	0,0562	60,08	0,0116	37,65	0,0023	12,72		
0,4200	90,94	0,0403	57,59	0,0086	27,67	0,0013	10,22		
0,2500	82,51	0,0292	53,85	0,0062	22,69				

Deposito cineritico di colore marrone scuro, mediamente consistente e molto umido, in cui si rinvencono rarissime pomici minute, in abbondante matrice limosa - sabbiosa - argillosa.
Definizione granulometrica: Limo con sabbia argilloso



AZIENDA CON
SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ
UNI EN ISO 9001:2015

Certificazione Ufficiale - Settore "A" - Prove di Laboratorio sulle Terre
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
Decreto 0007474 del 27/07/2012 Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC/2010

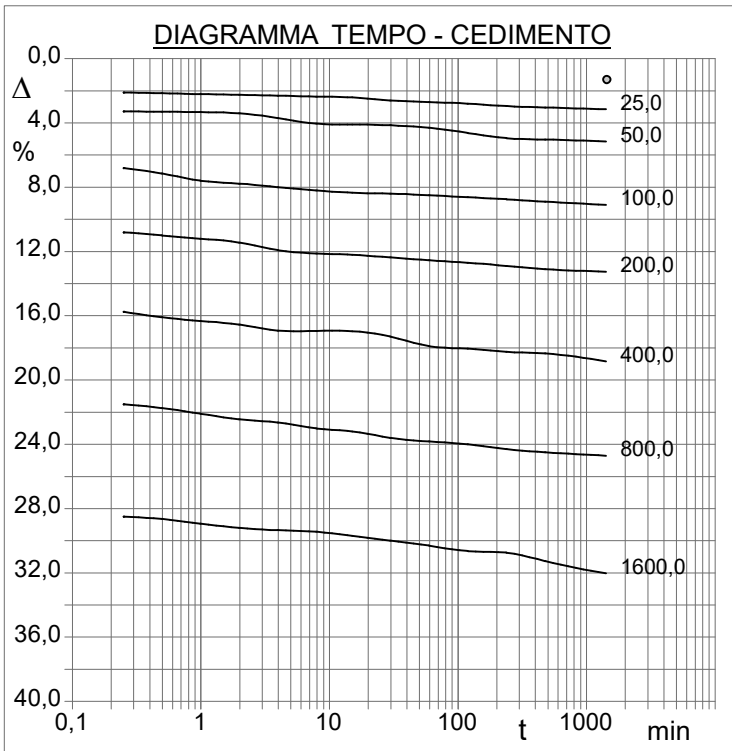
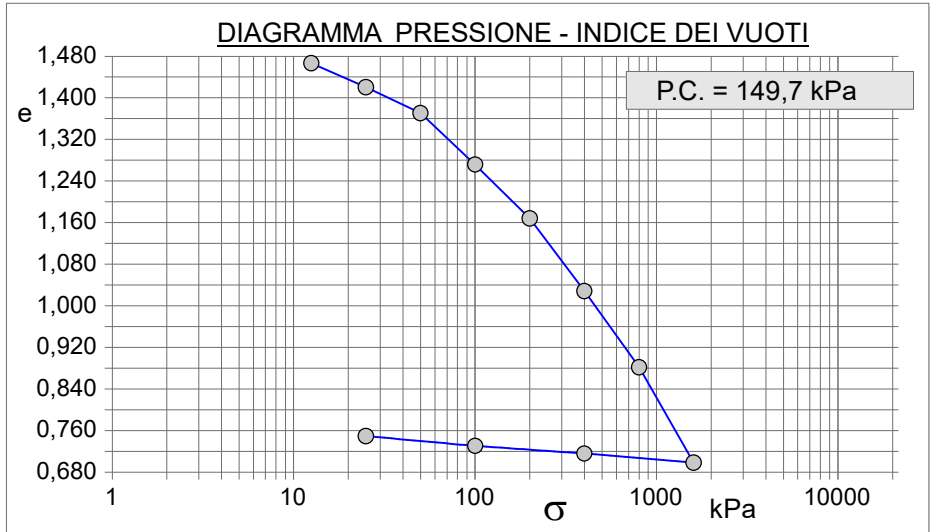
CERTIFICATO DI PROVA N°: 7325	Pagina 6/9	DATA DI EMISSIONE: 09/02/2023	Inizio analisi: 27/01/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 018/23 del 25/01/23		Apertura campione: 27/01/2023	Fine analisi: 09/02/23

COMMITTENTE: Trivel Sondaggi s.r.l. p/c del Comune di Scafati		
RIFERIMENTO: Adeguamento sismico della scuola elementare e materna Plesso " Tenente Iorio" - Scafati (Sa)		
SONDAGGIO: S1	CAMPIONE: C2	PROFONDITA': m 7,00 - 7,70

PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D2435

Caratteristiche del campione	
Peso di volume (kN/m ³)	16,08
Umidità (%)	57,6
Peso specifico (kN/m ³)	25,50
Altezza provino (cm)	2,00
Diametro provino (cm)	5,05
Sezione provino (cm ²)	20,03
Volume provino (cm ³)	40,06
Volume dei vuoti (cm ³)	24,03
Indice dei vuoti	1,50
Porosità (%)	59,99
Saturazione (%)	99,9



Pressione kPa	Cedim. mm/100	Indice Vuoti	Cc
12,5	26,0	1,467	
25,0	63,0	1,421	0,154
50,0	103,0	1,371	0,166
100,0	182,0	1,272	0,328
200,0	265,0	1,168	0,345
400,0	377,0	1,028	0,465
800,0	494,2	0,882	0,487
1600,0	641,0	0,698	0,609
400,0	627,0	0,716	
100,0	615,0	0,731	
25,0	600,0	0,750	

Deposito cineritico di colore marrone scuro, mediamente consistente e molto umido, in cui si rinvencono rarissime pomici minute, in abbondante matrice limosa - sabbiosa - argillosa.
Definizione granulometrica: Limo con sabbia argilloso



AZIENDA CON
SISTEMA DI GESTIONE QUALITA'
UNI EN ISO 9001:2015

Certificazione Ufficiale - Settore "A" - Prove di Laboratorio sulle Terre
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
Decreto 0007474 del 27/07/2012 Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC/2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 7325	Pagina 7/9	DATA DI EMISSIONE: 09/02/2023	Inizio analisi: 27/01/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 018/23 del 25/01/23		Apertura campione: 27/01/2023	Fine analisi: 09/02/23

COMMITTENTE: Trivel Sondaggi s.r.l. p/c del Comune di Scafati			
RIFERIMENTO: Adeguamento sismico della scuola elementare e materna Plesso " Tenente Iorio" - Scafati (Sa)			
SONDAGGIO: S1	CAMPIONE: C2	PROFONDITA': m 7,00 - 7,70	

PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D2435

LETTURE INTERMEDIE - TABELLE RIASSUNTIVE

Pressione 25,0 kPa		Pressione 50,0 kPa		Pressione 100,0 kPa		Pressione 200,0 kPa	
Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100
0,00	26,0	0,00	63,0	0,00	103,0	0,00	182,0
0,25	42,0	0,25	65,5	0,25	136,0	0,25	216,0
0,50	43,0	0,50	66,0	0,50	143,0	0,50	220,0
1,00	44,1	1,00	66,5	1,00	152,0	1,00	224,1
2,00	45,0	2,00	68,1	2,00	155,5	2,00	229,0
4,00	46,0	4,00	74,0	4,00	160,0	4,00	238,5
8,00	47,2	8,00	81,0	8,00	164,0	8,00	242,5
15,00	48,1	15,00	81,8	15,00	166,9	15,00	244,0
30,00	52,0	30,00	83,0	30,00	168,0	30,00	247,5
60,00	54,0	60,00	86,0	60,00	170,0	60,00	251,0
120,00	56,0	120,00	92,5	120,00	172,5	120,00	254,0
240,00	59,0	240,00	99,0	240,00	175,0	240,00	258,0
480,00	60,8	480,00	100,7	480,00	178,0	480,00	262,0
1440,00	63,0	1440,00	103,0	1440,00	182,0	1440,00	265,0

Pressione 400,0 kPa		Pressione 800,0 kPa		Pressione 1600,0 kPa		Pressione -- kPa	
Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100
0,00	265,0	0,00	377,0	0,00	494,2		
0,25	315,0	0,25	430,0	0,25	570,0		
0,50	322,0	0,50	435,0	0,50	573,0		
1,00	326,5	1,00	442,0	1,00	579,0		
2,00	331,2	2,00	449,0	2,00	584,0		
4,00	338,5	4,00	452,9	4,00	587,0		
8,00	338,8	8,00	460,2	8,00	589,0		
15,00	339,2	15,00	464,0	15,00	594,0		
30,00	346,0	30,00	472,0	30,00	600,0		
60,00	358,0	60,00	476,5	60,00	606,2		
120,00	361,0	120,00	480,1	120,00	613,0		
240,00	365,0	240,00	486,0	240,00	615,0		
480,00	367,0	480,00	490,0	480,00	625,5		
1440,00	377,0	1440,00	494,2	1440,00	641,0		



ISOGEA S.r.l.

Laboratorio Geotecnico

AZIENDA CON
SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ
UNI EN ISO 9001:2015

Certificazione Ufficiale - Settore "A" - Prove di Laboratorio sulle Terre
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
Decreto 0007474 del 27/07/2012 Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC/2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: **7325** Pagina 8/9

DATA DI EMISSIONE: 09/02/2023

Inizio analisi: 31/01/23

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 018/23 del 25/01/23

Apertura campione: 27/01/2023

Fine analisi: 01/02/23

COMMITTENTE: Trivel Sondaggi s.r.l. p/c del Comune di Scafati

RIFERIMENTO: Adeguamento sismico della scuola elementare e materna Plesso " Tenente Iorio" - Scafati (Sa)

SONDAGGIO: S1

CAMPIONE: C2

PROFONDITA': m 7,00 - 7,70

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D3080

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Tempo di consolidazione (ore):	24	24	24
Pressione verticale (kPa):	100,0	200,0	300,0
Umidità iniziale e umidità finale (%):	57,6 57,1	57,6 54,6	57,6 59,3
Peso di volume (kN/m³):	16,7	16,8	16,5
Tipo di prova: Consolidata - lenta	Velocità di deformazione: 0,006 mm / min		

DIAGRAMMA
Tensione
Deformazione orizzontale

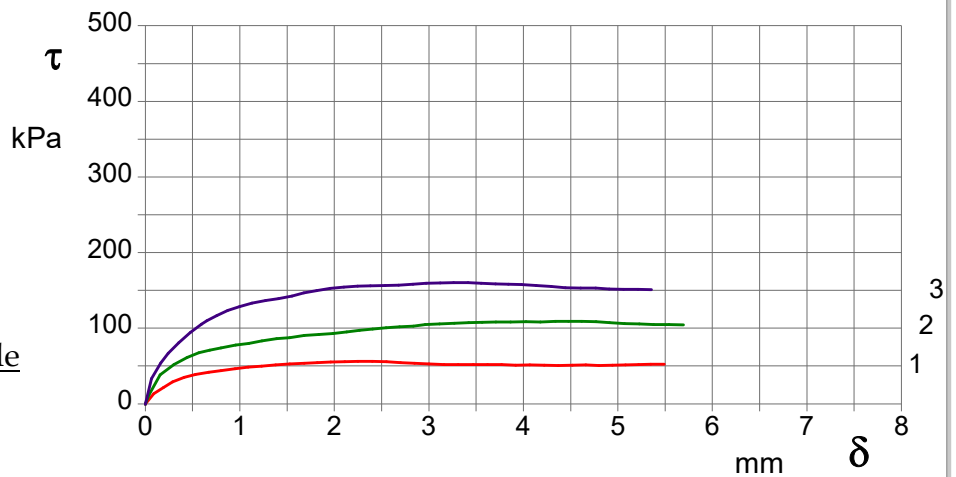
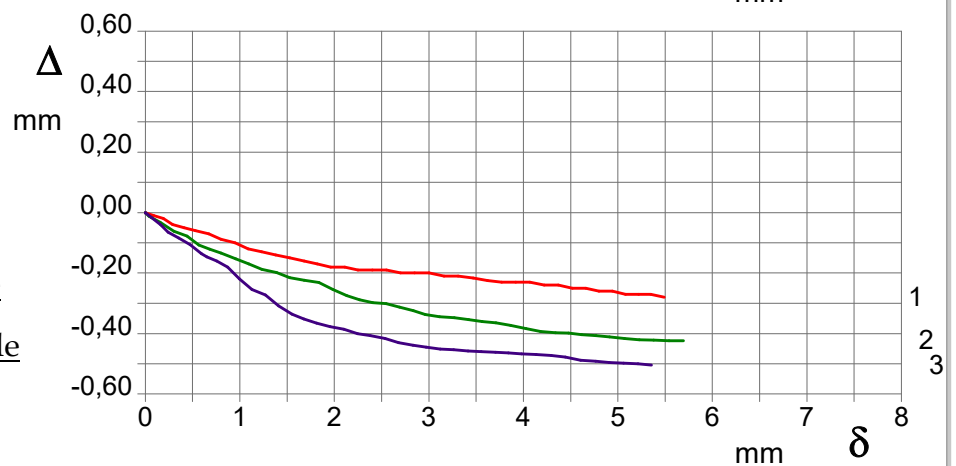


DIAGRAMMA
Deformazione verticale
Deformazione orizzontale



Deposito cineritico di colore marrone scuro, mediamente consistente e molto umido, in cui si rinvencono rarissime pomici minute, in abbondante matrice limosa - sabbiosa - argillosa.
Definizione granulometrica: Limo con sabbia argilloso



ISOGEA S.r.l.

Laboratorio Geotecnico

**AZIENDA CON
SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ
UNI EN ISO 9001:2015**

**Certificazione Ufficiale - Settore "A" - Prove di Laboratorio sulle Terre
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
Decreto 0007474 del 27/07/2012 Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC/2010**

CERTIFICATO DI PROVA N°: 7325 Pagina 9/9
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 018/23 del 25/01/23

DATA DI EMISSIONE: 09/02/2023 Inizio analisi: 31/01/23
Apertura campione: 27/01/2023 Fine analisi: 01/02/23

COMMITTENTE: Trivel Sondaggi s.r.l. p/c del Comune di Scafati

RIFERIMENTO: Adeguamento sismico della scuola elementare e materna Plesso " Tenente Iorio" - Scafati (Sa)

SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C2 PROFONDITA': m 7,00 - 7,70

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D3080

Provino 1			Provino 2			Provino 3		
Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm	Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm	Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm
0,090	13,4	-0,01	0,038	11,7	-0,01	0,063	33,4	-0,02
0,190	21,3	-0,02	0,158	38,3	-0,03	0,164	54,2	-0,04
0,290	29,1	-0,04	0,301	52,0	-0,06	0,241	66,6	-0,06
0,410	34,9	-0,05	0,440	61,3	-0,08	0,351	80,5	-0,08
0,530	38,7	-0,06	0,568	67,3	-0,11	0,474	94,3	-0,11
0,670	41,6	-0,07	0,682	71,1	-0,12	0,594	105,2	-0,14
0,800	44,0	-0,09	0,802	74,1	-0,13	0,652	109,7	-0,15
0,950	46,5	-0,10	0,955	77,8	-0,15	0,755	116,8	-0,16
1,090	48,6	-0,12	1,094	79,8	-0,17	0,872	123,3	-0,18
1,230	49,9	-0,13	1,234	83,1	-0,19	0,998	128,6	-0,22
1,380	51,3	-0,14	1,390	86,3	-0,20	1,127	132,9	-0,25
1,530	52,6	-0,15	1,530	87,4	-0,22	1,270	136,4	-0,27
1,680	53,6	-0,16	1,680	90,3	-0,22	1,410	139,1	-0,31
1,820	54,5	-0,17	1,837	91,5	-0,23	1,552	142,4	-0,34
1,960	55,2	-0,18	1,986	92,9	-0,25	1,677	146,5	-0,35
2,110	55,5	-0,18	2,129	95,3	-0,27	1,813	149,8	-0,37
2,250	55,8	-0,19	2,265	97,1	-0,29	1,956	152,5	-0,38
2,400	55,8	-0,19	2,406	98,7	-0,30	2,101	154,5	-0,39
2,550	55,5	-0,19	2,549	100,4	-0,30	2,245	155,4	-0,40
2,700	54,5	-0,20	2,689	101,8	-0,31	2,382	156,0	-0,41
2,850	53,6	-0,20	2,835	102,8	-0,32	2,537	156,5	-0,42
3,000	52,8	-0,20	2,961	104,5	-0,34	2,681	156,9	-0,43
3,160	51,9	-0,21	3,112	105,6	-0,34	2,831	158,1	-0,44
3,310	51,8	-0,21	3,270	106,6	-0,35	2,970	159,4	-0,44
3,470	51,6	-0,22	3,420	107,3	-0,35	3,119	159,9	-0,45
3,620	51,8	-0,22	3,563	107,6	-0,36	3,262	160,1	-0,45
3,770	51,9	-0,23	3,709	108,1	-0,36	3,413	160,3	-0,46
3,920	50,9	-0,23	3,866	108,1	-0,37	3,554	159,4	-0,46
4,070	51,3	-0,23	4,028	108,6	-0,38	3,704	158,7	-0,46
4,220	51,1	-0,24	4,179	108,3	-0,39	3,839	157,9	-0,46
4,370	50,6	-0,24	4,340	109,0	-0,40	3,980	157,8	-0,47
4,520	51,1	-0,25	4,477	109,2	-0,40	4,135	156,5	-0,47
4,660	51,3	-0,25	4,617	108,8	-0,40	4,294	155,0	-0,47
4,800	50,8	-0,26	4,768	108,5	-0,41	4,443	153,6	-0,48
4,940	51,1	-0,26	4,911	107,4	-0,41	4,606	152,9	-0,49
5,080	51,4	-0,27	5,071	106,1	-0,42	4,767	153,1	-0,49
5,220	51,9	-0,27	5,227	105,6	-0,42	4,908	151,6	-0,50
5,350	52,1	-0,27	5,379	104,5	-0,42	5,062	151,4	-0,50
5,490	52,5	-0,28	5,540	104,5	-0,42	5,211	151,4	-0,50
			5,693	104,4	-0,42	5,356	151,1	-0,50



ISOGEA S.r.l.

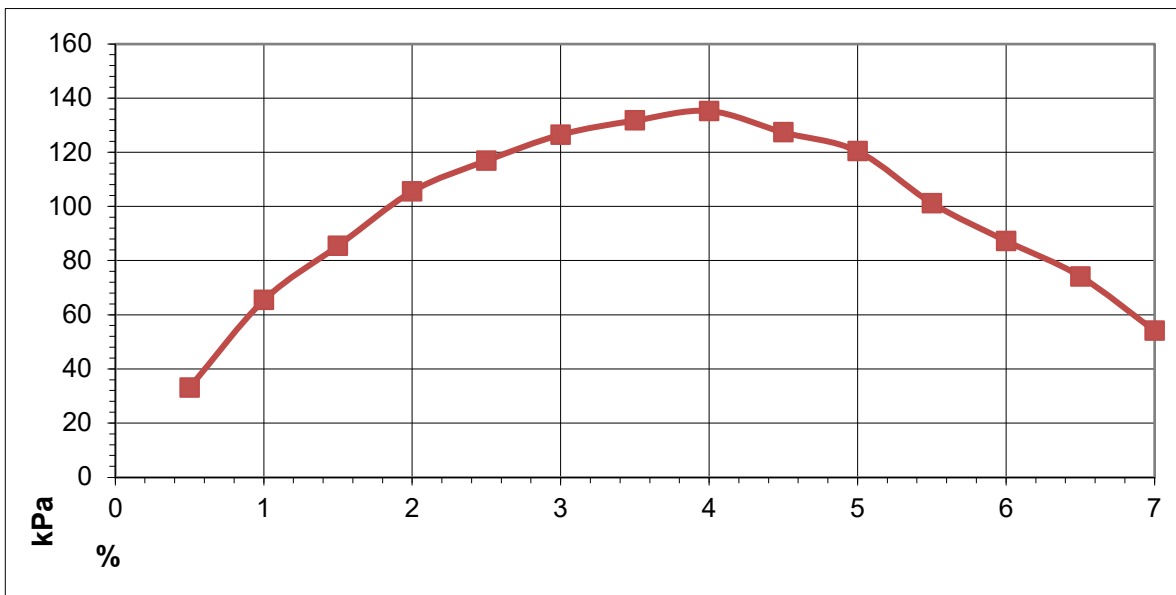
Laboratorio geotecnico

Certificazione Ufficiale - Settore «A» - Prove di laboratorio sulle terre
 AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
Decreto 0007474 del 27/07/2012
 Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC/2010

PROVA DI COMPRESSIONE AD ESPANSIONE LATERALE LIBERA

Verbale d'accettazione:	018/23	Certificato n.:	7325	Data di emissione:	09/02/2023	
Committente:	Trivel Sondaggi s.r.l. p/c del Comune di Scafati		Sondaggio:	S1	Campione:	C2
Cantiere:	Adeguamento sismico della scuola elementare e materna Plesso " Tenente Iorio" - Scafati (Sa)		Profondità:	7,00 - 7,70		
			(m)			
Stato del Campione:	Indisturbato					
Dimensione del campione	Lunghezza:	0,50 m	Diametro:	0,08 m		

Caratteristiche del provino		
Diametro	mm	38,1
Altezza	mm	76,2
Velocità di prova	mm/min	0,2
Umidità	%	57,6
Peso di volume	kN/m ³	16,08
Deformazione verticale a rottura	%	4,00
Pressione finale a rottura	kPa	135,3



Deposito cineritico di colore marrone scuro, mediamente consistente e molto umido, in cui si rinvencono rarissime pomici minute, in abbondante matrice limosa - sabbiosa - argillosa.

Il responsabile della sperimentazione

Dott. Salvatore Ricci

Il Direttore del Laboratorio

Dott. Roberto Lubrano

COMMITTENTE: Trivel Sondaggi s.r.l. p/c del Comune di Scafati			
RIFERIMENTO: Adeguamento sismico della scuola elementare e materna Plesso " Tenente Iorio" - Scafati (Sa)			
SONDAGGIO: S1	CAMPIONE: C1	PROFONDITA': m 3,00 - 3,50	

MODULO RIASSUNTIVO

CARATTERISTICHE FISICHE

Umidità naturale	50,8	%
Peso di volume	15,4	kN/m ³
Peso di volume secco	10,2	kN/m ³
Peso di volume saturo	16,2	kN/m ³
Peso specifico	26,4	kN/m ³
Indice dei vuoti	1,584	
Porosità	61,3	%
Grado di saturazione	86,3	%
Limite di liquidità	Non determinabile	
Limite di plasticità	Non plastico	
Indice di plasticità	Non determinabile	
Indice di consistenza	Passante al set. n° 40	
Limite di ritiro		%
CNR-UNI 10006/00		

ANALISI GRANULOMETRICA

Ghiaia	38,1	%
Sabbia	31,0	%
Limo	19,4	%
Argilla	11,5	%
D 10	0,001337	mm
D 50	1,006643	mm
D 60	1,792659	mm
D 90	11,217280	mm
Passante set. 10	61,9	%
Passante set. 42	38,9	%
Passante set. 200	31,7	%

PERMEABILITA'

Coefficiente k	cm/sec
----------------	--------

COMPRESSIONE

σ	kPa	σ Rim	kPa
c_u	kPa	c_u Rim	kPa

TAGLIO DIRETTO

Prova consolidata-lenta			
c'	0,3	kPa	ϕ' 31,3 °
c' Res		kPa	ϕ' Res °

COMPRESSIONE TRIASSIALE

C.D.	c_d	kPa	ϕ_d °
C.U.	c'_{cu}	kPa	ϕ'_{cu} °
	c_{cu}	kPa	ϕ_{cu} °
U.U.	c_u	kPa	ϕ_u °

PROVA EDOMETRICA

σ kPa	E kPa	C_v cm ² /sec	k cm/sec
12,5 ÷ 25,0	2336	0,010788	4,53E-07
25,0 ÷ 50,0	2890	0,007190	2,44E-07
50,0 ÷ 100,0	4115	0,003560	8,48E-08
100,0 ÷ 200,0	8000	0,005028	6,16E-08
200,0 ÷ 400,0	11696	0,003816	3,20E-08
400,0 ÷ 800,0	19656	0,004854	2,42E-08
800,0 ÷ 1600,0	30593	0,004014	1,29E-08

Deposito piroclastico di colore marrone - grigiastro, sciolto ed molto umido, costituito da abbondanti pomici eterometriche ($d_{max} = 2,00$ cm), in matrice sabbiosa - limosa -argillosa
 Definizione granulometrica: Ghiaia con sabbia limosa e argillosa

COMMITTENTE: Trivel Sondaggi s.r.l. p/c del Comune di Scafati		
RIFERIMENTO: Adeguamento sismico della scuola elementare e materna Plesso " Tenente Iorio" - Scafati (Sa)		
SONDAGGIO: S1	CAMPIONE: C2	PROFONDITA': m 7,00 - 7,70

MODULO RIASSUNTIVO

CARATTERISTICHE FISICHE

Umidità naturale	57,6	%
Peso di volume	16,1	kN/m ³
Peso di volume secco	10,2	kN/m ³
Peso di volume saturo	16,1	kN/m ³
Peso specifico	25,5	kN/m ³
Indice dei vuoti	1,499	
Porosità	60,0	%
Grado di saturazione	99,9	%
Limite di liquidità	42,2	%
Limite di plasticità	26,9	%
Indice di plasticità	15,3	%
Indice di consistenza	-1,01	
Passante al set. n° 40	NO	
Limite di ritiro		%
CNR-UNI 10006/00		

ANALISI GRANULOMETRICA

Ghiaia	2,5	%
Sabbia	36,7	%
Limo	48,7	%
Argilla	12,1	%
D 10		mm
D 50	0,020957	mm
D 60	0,055521	mm
D 90	0,396478	mm
Passante set. 10	97,5	%
Passante set. 42	90,9	%
Passante set. 200	64,2	%

PERMEABILITA'

Coefficiente k	cm/sec
----------------	--------

COMPRESSIONE

σ	kPa	σ Rim	kPa
c_u	kPa	c_u Rim	kPa

TAGLIO DIRETTO

Prova consolidata-lenta			
c'	4,1	kPa	ϕ' 27,6 °
c' Res		kPa	ϕ' Res °

COMPRESSIONE TRIASSIALE

C.D.	c_d	kPa	ϕ_d °
C.U.	c'_{cu}	kPa	ϕ'_{cu} °
	c_{cu}	kPa	ϕ_{cu} °
U.U.	c_u	kPa	ϕ_u °

PROVA EDOMETRICA

σ kPa	E kPa	C_v cm ² /sec	k cm/sec
12,5 ÷ 25,0	676	0,001423	2,06E-07
25,0 ÷ 50,0	1250	0,004622	3,63E-07
50,0 ÷ 100,0	1266	0,003996	3,10E-07
100,0 ÷ 200,0	2410	0,001039	4,23E-08
200,0 ÷ 400,0	3571	0,001143	3,14E-08
400,0 ÷ 800,0	6826	0,001562	2,24E-08
800,0 ÷ 1600,0	10899	0,004361	3,92E-08

Deposito cineritico di colore marrone scuro, mediamente consistente e molto umido, in cui si rinvencono rarissime pomici minute, in abbondante matrice limosa - sabbiosa - argillosa.
 Definizione granulometrica: Limo con sabbia argilloso

Seed e Idriss (1985)

Per poter determinare gli sforzi di taglio indotti dal sisma, gli autori propongono una semplice procedura basata sull' ipotesi di terreno omogeneo. Ipotizzando la propagazione verticale di onde sismiche di taglio, una colonna di terreno di altezza z (Figura 1) si muove rigidamente in direzione orizzontale e pertanto lo sforzo di taglio massimo alla profondità z è dato da:

$$\tau_{\max} = \frac{a_{\max}}{g} \cdot \gamma z$$

dove a_{\max} rappresenta l'accelerazione orizzontale massima attesa in superficie, g l'accelerazione di gravità e γ il peso di volume secco del terreno.

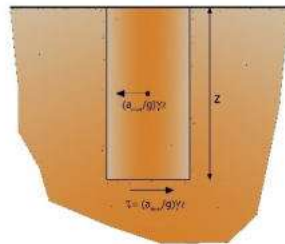


Figura 1- Sforzo di taglio indotto dal terremoto ad una determinata quota

Poiché nella realtà il terreno è deformabile, lo sforzo di taglio è minore che nell'ipotesi di corpo rigido e quindi bisogna introdurre un coefficiente riduttivo r_d . Normalizzando con la pressione verticale effettiva e riferendosi ad un valore medio τ_{av} anziché ad un valore massimo τ_{\max} si ottiene:

$$CSR = \frac{\tau_{av}}{\sigma_{v0}} = 0.65 \cdot \left(\frac{a_{\max}}{g} \right) \cdot \left(\frac{\sigma_{v0}}{\sigma_{v0}} \right) \cdot r_d$$

dove a_{\max} rappresenta l'accelerazione orizzontale massima attesa in superficie contenente gli effetti amplificativi di sito.

Per determinare il valore del coefficiente riduttivo r_d viene utilizzata la formula empirica proposta da **Liao e Whitman** (1986):

$$r_d = 1.0 - 0.00765z \text{ per } z \leq 9.15m$$
$$r_d = 1.174 - 0.0267z \text{ per } 9.15m < z \leq 23m$$

Dove z è la profondità dal piano campagna espressa in metri.

Per eventi sismici di magnitudo 7,5 viene considerato il grafico riportato in figura 2 di Seed e Idriss (1982).

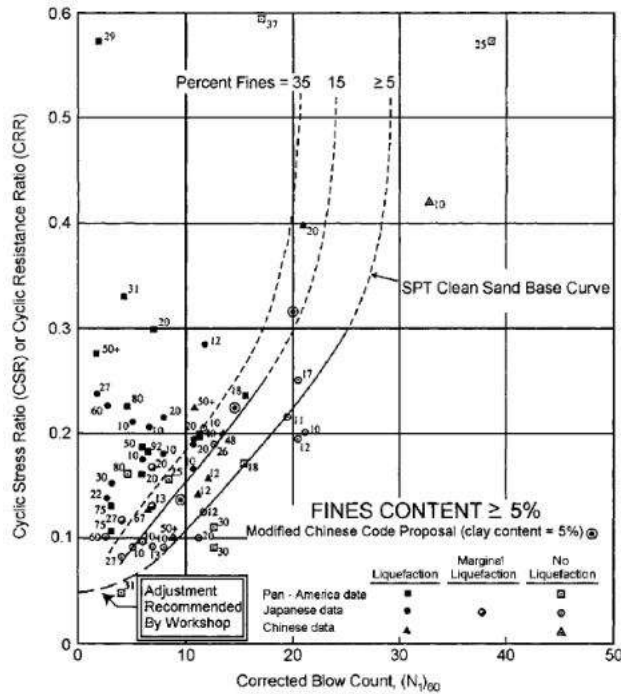


Figura 2 - SPT Clean Sand-Base Curve for Magnitude 7.5 Earthquakes (modificato da Seed et al., 1985)

Rauch (1998) propone una formula che meglio approssima la curva all'interno del grafico, secondo l'equazione:

$$CRR_{7.5} = \frac{1}{34 - (N_1)_{60}} + \frac{(N_1)_{60}}{135} + \frac{50}{[10 \cdot (N_1)_{60} + 45]^2} - \frac{1}{200}$$

Tale equazione è valida per $N_1(60) < 30$. Se invece $N_1(60) \geq 30$ non si verifica il fenomeno della liquefazione in quanto il terreno è troppo denso quindi verrà classificato come "terreno non liquefacibile".

Il Rapporto di Resistenza Ciclica CRR, viene calcolato sulla base dei valori di $(N_1)_{60}$ di ciascuno strato opportunamente corretti per il contenuto di fine (FC).

$$(N_1)_{60} = N_m C_N C_E C_B C_S$$

dove N_m è il numero medio dei colpi nella prova penetrometrica standard SPT (valore misurato), C_N è un fattore per normalizzare N_m e tiene conto delle tensioni geostatiche, C_E è un fattore correttivo dell'energia del grave ER (*Energy Ratio*); C_B è un fattore correttivo per il diametro del foro e C_S è un fattore correttivo dei campionatori.

Il coefficiente correttivo C_N si determina dalla relazione:

$$C_N = \left(\frac{Pa}{\sigma'_{vo}} \right)^n$$

dove σ'_{vo} è la pressione verticale effettiva, Pa la pressione atmosferica (~ 100 kPa) espressa nelle stesse unità di σ'_{vo} ed n un esponente il cui valore è posto pari a 0.5

In base al contenuto in fine (FC, % passante al setaccio 200), si ottiene il valore di resistenza equivalente $(N_1)_{60CS}$ mediante la seguente espressione:

$$(N_1)_{60CS} = \alpha + \beta(N_1)_{60}$$

Dove α e β sono coefficienti determinati dalle seguenti relazioni:

FC	α ,	β
$\leq 5\%$	$\alpha = 0.0$	$\beta = 1.0$
$5\% < FC \leq 35\%$	$\alpha = \exp[1.76 - (190/FC^2)]$	$\beta = 0.99 + (FC^{1.5}/1000)$
$FC \geq 35\%$	$\alpha = 5.0$	$\beta = 1.2$

Tabella 1 *Fattore d'Influenza del contenuto fine (FC)*

Per magnitudo diverse (maggiori o minori di 7.5) Seed e Idriss (1982) hanno introdotto il fattore correttivo **MSF** (*Magnitude Scaling Factor*) dato dalla formula:

$$MSF = \frac{10^{2.24}}{M_w^{2.56}}$$

Per il valore di M_w si fa riferimento ai valori riportati in Tabella 2 ricavati da diversi ricercatori, tra cui **Seed e Idriss** (1982).

Magnitudo	Seed and Idriss (1982)	Ambraseys (1988)	Andrus Stokoe (1997)	NCEER (Seed et al.) (1997; 2003)
5,5	1,43	2,86	2.8	2,21
6,0	1,32	2,20	2.1	1,77
6,5	1,19	1,69	1.6	1,44
7,0	1,08	1,30	1.25	1,19
7,5	1,00	1,00	1.00	1,00
8,0	0,94	0,67	0.8?	0,84

	p.c. (m)	tica totale (KPa)	ale effetti va (KPa)	pressi one litosta tica effica ce (CN)		vo (rd)	liquef azione (CRR)	norma lizzat o (CSR)	sicure zza Fs	liquef azione
1	6.20	96.30 0	94.33 9	1.030	12.37 2	0.953	0.312	0.099	3.16	Terre no non suscet tile di liquef azione
2	6.40	99.60 0	95.67 7	1.022	12.32 0	0.951	0.311	0.100	3.10	Terre no non suscet tile di liquef azione
3	6.60	102.9 00	97.01 6	1.015	12.26 9	0.950	0.310	0.102	3.03	Terre no non suscet tile di liquef azione
4	6.80	106.2 00	98.35 5	1.008	12.22 0	0.948	0.309	0.104	2.97	Terre no non suscet tile di liquef azione
5	7.00	109.5 00	99.69 3	1.002	12.17 1	0.946	0.308	0.105	2.92	Terre no non suscet tile di

										liquefazione
6	7.20	112.800	101.032	0.995	12.123	0.945	0.307	0.107	2.87	Terreno non suscettibile di liquefazione
7	7.40	116.100	102.371	0.988	12.076	0.943	0.306	0.108	2.82	Terreno non suscettibile di liquefazione
8	7.60	119.400	103.709	0.982	12.030	0.942	0.305	0.110	2.77	Terreno non suscettibile di liquefazione
9	7.80	122.700	105.048	0.976	11.985	0.940	0.304	0.111	2.73	Terreno non suscettibile di liquefazione
10	8.00	126.000	106.387	0.970	11.941	0.939	0.303	0.113	2.69	Terreno non suscettibile di liquefazione
11	8.20	129.300	107.725	0.963	11.897	0.937	0.302	0.114	2.65	Terreno non suscettibile di liquefazione

										tibile di liquef azione
12	8.40	132.6 00	109.0 64	0.958	11.85 5	0.936	0.301	0.115	2.61	Terre no non susct tibile di liquef azione
13	8.60	135.9 00	110.4 03	0.952	11.81 3	0.934	0.300	0.117	2.57	Terre no non susct tibile di liquef azione
14	8.80	139.2 00	111.7 41	0.946	11.77 2	0.933	0.299	0.118	2.54	Terre no non susct tibile di liquef azione
15	9.00	142.5 00	113.0 80	0.940	11.73 2	0.931	0.298	0.119	2.51	Terre no non susct tibile di liquef azione
16	9.20	145.8 00	114.4 19	0.935	11.69 2	0.935	0.297	0.121	2.46	Terre no non susct tibile di liquef azione
17	9.40	149.1 00	115.7 57	0.929	11.65 3	0.930	0.297	0.121	2.44	Terre no

										non suscet tibile di liquef azione
18	9.60	152.4 00	117.0 96	0.924	11.61 5	0.924	0.296	0.122	2.42	Terre no non suscet tibile di liquef azione
19	9.80	155.7 00	118.4 35	0.919	11.57 7	0.919	0.295	0.123	2.41	Terre no non suscet tibile di liquef azione
20	10.00	159.0 00	119.7 73	0.914	11.54 0	0.914	0.294	0.123	2.39	Terre no non suscet tibile di liquef azione
21	10.20	162.3 00	121.1 12	0.909	11.50 4	0.909	0.293	0.123	2.38	Terre no non suscet tibile di liquef azione
22	10.40	165.6 00	122.4 51	0.904	11.46 8	0.904	0.293	0.124	2.36	Terre no non suscet tibile di liquef azione

23	10.60	168.900	123.789	0.899	11.433	0.898	0.292	0.124	2.35	Terre non suscettibile di liquefazione
24	10.80	172.200	125.128	0.894	11.398	0.893	0.291	0.125	2.34	Terre non suscettibile di liquefazione
25	11.00	175.500	126.467	0.889	11.364	0.888	0.291	0.125	2.32	Terre non suscettibile di liquefazione
26	11.20	178.800	127.805	0.885	11.331	0.883	0.290	0.125	2.31	Terre non suscettibile di liquefazione
27	11.40	182.100	129.144	0.880	11.298	0.878	0.289	0.125	2.30	Terre non suscettibile di liquefazione
28	11.60	185.400	130.483	0.875	11.265	0.872	0.288	0.126	2.29	Terre non suscettibile di

										liquefazione
29	11.80	188.700	131.821	0.871	11.233	0.867	0.288	0.126	2.29	Terreno non suscettibile di liquefazione
30	12.00	192.000	133.160	0.867	11.202	0.862	0.287	0.126	2.28	Terreno non suscettibile di liquefazione
31	12.20	195.300	134.499	0.862	11.170	0.857	0.286	0.126	2.27	Terreno non suscettibile di liquefazione
32	12.40	198.600	135.837	0.858	11.140	0.852	0.286	0.126	2.26	Terreno non suscettibile di liquefazione
33	12.60	201.900	137.176	0.854	11.110	0.846	0.285	0.126	2.26	Terreno non suscettibile di liquefazione
34	12.80	205.200	138.515	0.850	11.080	0.841	0.285	0.126	2.25	Terreno non suscettibile di liquefazione

										tibile di liquef azione
35	13.00	208.5 00	139.8 54	0.846	11.05 1	0.836	0.284	0.126	2.25	Terre no non suscet tibile di liquef azione
36	13.20	211.8 00	141.1 92	0.842	11.02 2	0.831	0.283	0.126	2.24	Terre no non suscet tibile di liquef azione
37	13.40	215.1 00	142.5 31	0.838	10.99 3	0.826	0.283	0.126	2.24	Terre no non suscet tibile di liquef azione
38	13.60	218.4 00	143.8 70	0.834	10.96 5	0.820	0.282	0.126	2.23	Terre no non suscet tibile di liquef azione
39	13.80	221.7 00	145.2 08	0.830	10.93 8	0.815	0.282	0.126	2.23	Terre no non suscet tibile di liquef azione
40	14.00	225.0 00	146.5 47	0.826	10.91 0	0.810	0.281	0.126	2.23	Terre no

										non suscet tibile di liquef azione
41	14.20	228.3 00	147.8 86	0.822	10.88 4	0.805	0.280	0.126	2.23	Terre no non suscet tibile di liquef azione
42	14.40	231.6 00	149.2 24	0.819	10.85 7	0.800	0.280	0.126	2.22	Terre no non suscet tibile di liquef azione
43	14.60	234.9 00	150.5 63	0.815	10.83 1	0.794	0.279	0.126	2.22	Terre no non suscet tibile di liquef azione
44	14.80	238.2 00	151.9 02	0.811	10.80 5	0.789	0.279	0.125	2.22	Terre no non suscet tibile di liquef azione
45	15.00	241.5 00	153.2 40	0.808	10.77 9	0.784	0.278	0.125	2.22	Terre no non suscet tibile di liquef azione

Correzione per ER (CE)	1
Correzione diametro foro (CB)	1
Correzione per la magnitudo (MSF)	2.32

IPL (Iwasaki)=0 Zcrit=20 m Rischio=Molto basso

Boulanger e Idriss, 2014

Per tener conto della magnitudo del terremoto, il metodo proposto da Boulanger e Idriss, 2014 calcola il rapporto di sforzo ciclico con la seguente relazione:

$$CSR_{M,\sigma'_v} = 0,65 \frac{a_g}{g} \frac{\sigma_{vo}}{\sigma'_{vo}} r_d$$

dove viene introdotto un coefficiente correttivo r_d funzione della magnitudo M e di altre due variabili:

$$r_d = \exp[\alpha(z) + \beta(z) \cdot M]$$

Dove:

$$\alpha(z) = -1.012 - 1.126 \cdot \text{sen}\left(\frac{z}{11.73} + 5.133\right)$$

$$\beta(z) = 0.106 + 0.118 \cdot \text{sen}\left(\frac{z}{11.28} + 5.142\right)$$

La resistenza alla liquefazione si ricava dalla seguente espressione:

$$CRR_{M=7.5;\sigma'_v=1\text{atm}} = \exp\left\{\frac{(N_1)_{60cs}}{14.1} + \left[\frac{(N_1)_{60cs}}{126}\right]^2 - \left[\frac{(N_1)_{60cs}}{23.6}\right]^3 + \left[\frac{(N_1)_{60cs}}{25.4}\right]^4 - 2.8\right\}$$

dove

$$(N_1)_{60cs} = (N_1)_{60} + \Delta(N_1)_{60}$$

$$\Delta(N_1)_{60} = \exp\left[1.63 + \frac{9.7}{FC + 0.01} - \left(\frac{15.7}{FC + 0.01}\right)^2\right]$$

FC è il contenuto di fine espresso in %, determinato con analisi granulometrica sul materiale prelevato durante l'esecuzione della prova medesima e/o mediante stima indiretta da prove CPTe/CPTu limitrofe.

$$(N_1)_{60} = C_N \cdot C_E \cdot C_B \cdot C_R \cdot C_S \cdot N_{SPT} \leq 46$$

$$C_N = \left(\frac{p_a}{\sigma'_{v0}} \right) \leq 1.7$$

$$m = 0.784 - 0.0768 \sqrt{(N_1)_{60cs}} \quad (N_1)_{60cs} \leq 46$$

$(N_1)_{60cs}$ è definito al punto 2 e m è determinato per via iterativa, per prove eseguite secondo le raccomandazioni AGI(1977): $C_E = C_B = C_R = C_S \cong 1$; p_a è la pressione atmosferica.

L'espressione del FS secondo Boulanger e Idriss, 2014 è dato da:

$$FS = \frac{CRR_{M=7.5; \sigma'_v=1atm}}{CSR_{M; \sigma'_v}} \cdot MSF \cdot K_\sigma$$

Con le seguenti posizioni:

$$MSF = 1 + (MSF_{max} - 1) \cdot \left[8.64 \cdot \exp\left(\frac{-M}{4}\right) - 1.325 \right]$$

$$MSF_{max} = 1.09 + \left(\frac{(N_1)_{60cs}}{31.5} \right)^2 \leq 2.2$$

$$K_s = 1 - C_\sigma \cdot \ln\left(\frac{\sigma'_v}{p_a}\right) \leq 1.1$$

$$C_\sigma = \frac{1}{18.9 - 2.55 \cdot \sqrt{(N_1)_{60cs}}} \leq 0.3$$

DATI GENERALI

PROGETTO E LOCALIZZAZIONE

Titolo lavoro: Scuola Tenente IORIO

Codice identificativo

Scuola Tenente IORIO

Cliente: Comune di Scafati

Data

10/02/2023

Normativa: Norme Tecniche Costruzioni 2018, Decreto 17 Gen. 2018

Fattore sicurezza normativa 1.25

FALDA

Profondità falda idrica 6 m

DATI SISMICI

Accelerazione Bedrock 0.13

Fattore amplificazione 0.13

Tipo Suolo: B-Sabbie, ghiaie molto addensate, argille molto consistenti Vs30=360-800

Morfologia: T1-Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$

Coefficiente amplificazione stratigrafica (SS) 1.2

Coefficiente amplificazione topografica (ST) 1

Magnitudo momento sismico (Mw) 5.4

Distanza epicentro 20 Km

Peak ground acceleration (PGA) 0.156

PARAMETRI GEOTECNICI

Strato Nr	Descrizione	Quota iniziale (m)	Quota finale (m)	Peso unit� volumetrico (KN/mc)	Peso unit� volumetrico saturo (KN/mc)	Numero colpi medio (Nspt)	D50 granulometri (mm)	Resistenza qc (KPa)	Resistenza attrito laterale fs (KPa)	Velocit� onde di taglio Vs (m/s)
1	Ripporto	0	1.5	15.5	15.5	15	1	0	0	180
2	Sabbia fine limosa	1.5	6	15.5	15.5	15	1	0	0	330
3	Sabbia limosa deb. argillosa	6	8	16.1	16.5	6	0.02	0	0	620

4	Sabbia fine limosa	8	10	16.1	16.5	6	0.02	0	0	620
5	Sabbia ghiaiosa limosa	10	15	16.1	16.5	6	0.02	0	0	620

Strato Nr.	FC (%)	Validità
1-Riporto (0-1.5)	20	Valido
2-Sabbia fine limosa (1.5-6)	20	Valido
3-Sabbia limosa deb. argillosa (6-8)	40	Valido
4-Sabbia fine limosa (8-10)	40	Valido
5-Sabbia ghiaiosa limosa (10-15)	40	Valido

Nr.	Profondità dal p.c. (m)	Pressione litostatica totale (KPa)	Pressione verticale effetti verticali (KPa)	Correzione per la pressione litostatica efficace (CN)	Numero colpi corretto (N1,60)	Coefficiente ridotto (rd)	Resistenza alla liquefazione (CRR)	Sforzo di taglio normalizzato (CSR)	Coefficiente di sicurezza Fs	Suscettibilità di liquefazione
1	6.20	96.300	94.339	1.039	11.807	0.891	0.160	0.092	1.73	Terreno non suscettibile di liquefazione
2	6.40	99.600	95.677	1.031	11.761	0.885	0.159	0.093	1.70	Terreno non suscettibile di liquefazione

3	6.60	102.90 0	97.016	1.023	11.716	0.879	0.158	0.095	1.67	Terren o non suscett ibile di liquef azione
4	6.80	106.20 0	98.355	1.016	11.671	0.873	0.158	0.096	1.65	Terren o non suscett ibile di liquef azione
5	7.00	109.50 0	99.693	1.009	11.628	0.867	0.157	0.097	1.62	Terren o non suscett ibile di liquef azione
6	7.20	112.80 0	101.03 2	1.002	11.585	0.860	0.156	0.097	1.60	Terren o non suscett ibile di liquef azione
7	7.40	116.10 0	102.37 1	0.995	11.543	0.854	0.155	0.098	1.58	Terren o non suscett ibile di liquef azione
8	7.60	119.40 0	103.70 9	0.988	11.502	0.848	0.155	0.099	1.56	Terren o non suscett ibile di

										liquef azione
9	7.80	122.70 0	105.04 8	0.981	11.462	0.841	0.154	0.100	1.55	Terren o non susce ttibile di liquef azione
10	8.00	126.00 0	106.38 7	0.974	11.423	0.835	0.153	0.100	1.53	Terren o non susce ttibile di liquef azione
11	8.20	129.30 0	107.72 5	0.968	11.384	0.829	0.153	0.101	1.52	Terren o non susce ttibile di liquef azione
12	8.40	132.60 0	109.06 4	0.962	11.346	0.822	0.152	0.101	1.50	Terren o non susce ttibile di liquef azione
13	8.60	135.90 0	110.40 3	0.956	11.309	0.816	0.152	0.102	1.49	Terren o non susce ttibile di liquef azione
14	8.80	139.20 0	111.74 1	0.949	11.273	0.810	0.151	0.102	1.48	Terren o non susce tt

										ibile di liquef azione
15	9.00	142.50 0	113.08 0	0.943	11.237	0.803	0.150	0.103	1.47	Terren o non suscett ibile di liquef azione
16	9.20	145.80 0	114.41 9	0.938	11.202	0.797	0.150	0.103	1.46	Terren o non suscett ibile di liquef azione
17	9.40	149.10 0	115.75 7	0.932	11.167	0.791	0.149	0.103	1.45	Terren o non suscett ibile di liquef azione
18	9.60	152.40 0	117.09 6	0.926	11.133	0.784	0.149	0.104	1.44	Terren o non suscett ibile di liquef azione
19	9.80	155.70 0	118.43 5	0.921	11.100	0.778	0.148	0.104	1.43	Terren o non suscett ibile di liquef azione

20	10.00	159.00 0	119.77 3	0.915	11.067	0.772	0.148	0.104	1.42	Terren o non suscett ibile di liquef azione
21	10.20	162.30 0	121.11 2	0.910	11.035	0.766	0.147	0.104	1.42	Terren o non suscett ibile di liquef azione
22	10.40	165.60 0	122.45 1	0.905	11.003	0.759	0.147	0.104	1.41	Terren o non suscett ibile di liquef azione
23	10.60	168.90 0	123.78 9	0.899	10.972	0.753	0.146	0.104	1.40	Terren o non suscett ibile di liquef azione
24	10.80	172.20 0	125.12 8	0.892	10.930	0.747	0.146	0.104	1.40	Terren o non suscett ibile di liquef azione
25	11.00	175.50 0	126.46 7	0.887	10.899	0.741	0.145	0.104	1.39	Terren o non suscett ibile di

										liquef azione
26	11.20	178.80 0	127.80 5	0.882	10.869	0.734	0.145	0.104	1.39	Terren o non sussett ibile di liquef azione
27	11.40	182.10 0	129.14 4	0.877	10.839	0.728	0.144	0.104	1.39	Terren o non sussett ibile di liquef azione
28	11.60	185.40 0	130.48 3	0.872	10.810	0.722	0.144	0.104	1.38	Terren o non sussett ibile di liquef azione
29	11.80	188.70 0	131.82 1	0.868	10.781	0.716	0.143	0.104	1.38	Terren o non sussett ibile di liquef azione
30	12.00	192.00 0	133.16 0	0.863	10.753	0.710	0.143	0.104	1.38	Terren o non sussett ibile di liquef azione
31	12.20	195.30 0	134.49 9	0.858	10.725	0.704	0.142	0.104	1.37	Terren o non sussett

										ibile di liquef azione
32	12.40	198.60 0	135.83 7	0.854	10.698	0.698	0.142	0.103	1.37	Terren o non suscett ibile di liquef azione
33	12.60	201.90 0	137.17 6	0.849	10.671	0.692	0.142	0.103	1.37	Terren o non suscett ibile di liquef azione
34	12.80	205.20 0	138.51 5	0.845	10.644	0.686	0.141	0.103	1.37	Terren o non suscett ibile di liquef azione
35	13.00	208.50 0	139.85 4	0.840	10.618	0.680	0.141	0.103	1.37	Terren o non suscett ibile di liquef azione
36	13.20	211.80 0	141.19 2	0.836	10.592	0.674	0.140	0.103	1.37	Terren o non suscett ibile di liquef azione

37	13.40	215.10 0	142.53 1	0.832	10.566	0.668	0.140	0.102	1.37	Terren o non suscett ibile di liquef azione
38	13.60	218.40 0	143.87 0	0.828	10.541	0.663	0.140	0.102	1.37	Terren o non suscett ibile di liquef azione
39	13.80	221.70 0	145.20 8	0.823	10.516	0.657	0.139	0.102	1.37	Terren o non suscett ibile di liquef azione
40	14.00	225.00 0	146.54 7	0.819	10.492	0.651	0.139	0.101	1.37	Terren o non suscett ibile di liquef azione
41	14.20	228.30 0	147.88 6	0.815	10.468	0.645	0.138	0.101	1.37	Terren o non suscett ibile di liquef azione
42	14.40	231.60 0	149.22 4	0.811	10.444	0.640	0.138	0.101	1.37	Terren o non suscett ibile di

										liquefazione
43	14.60	234.90 0	150.56 3	0.807	10.421	0.634	0.138	0.100	1.37	Terreno non suscettibile di liquefazione
44	14.80	238.20 0	151.90 2	0.804	10.398	0.629	0.137	0.100	1.37	Terreno non suscettibile di liquefazione
45	15.00	241.50 0	153.24 0	0.800	10.375	0.623	0.137	0.100	1.38	Terreno non suscettibile di liquefazione

IPL (Iwasaki)=0 Zcrit=20 m Rischio=Molto basso

Iwasaki et alii (1978; 1984)

Questo metodo è stato sviluppato basandosi sull'osservazione che la severità dei danni prodotti dalla liquefazione sui manufatti è legata al volume di terreno liquefatto all'interno del deposito.

Il metodo si basa sulla stima di due quantità: **il fattore di resistenza (FS)** e **l'indice di liquefazione (I_L)**. L'indice di liquefazione I_L, indicativo dell'estensione che il fenomeno della liquefazione può avere all'interno del deposito, si ricava dall'espressione:

$$I_L = \int_0^{20} F W(z) dz \quad (2.0)$$

dove:

$$\begin{aligned} F(z) &= 1 - FS && \text{per } FS \leq 1 \\ F(z) &= 0 && \text{per } FS > 1 \\ W(z) &= 10 - 0,5z \end{aligned}$$

Il fattore di resistenza **FS** si determina dalla (1.0), lo strato di terreno è considerato liquefacibile se **FS ≤ 1**. Il Rapporto di Resistenza Ciclica per eventi sismici con magnitudo 7,5 si ricava dalla:

$$\frac{\tau_{av}}{\sigma'_{vo}} = CSR_{7,5} = 0,65 \frac{a_g}{g} \frac{\sigma'_{vo}}{\sigma'_{vo}} r_d \quad (2.1)$$

Per magnitudo diverse occorre dividere la quantità sopra indicata per il fattore correttivo **MSF** (*Magnitudo Scaling Factor*):

$$CSR = \frac{CSR_{7,5}}{MSF} \quad (2.2)$$

Per determinare il valore del coefficiente riduttivo **r_d** viene invece utilizzata la formula empirica proposta da **Iwasaki et alii** (1978):

$$r_d = 1 - 0,015z \quad (2.3)$$

mentre per il fattore correttivo **MSF** si fa riferimento ai valori riportati in Tabella 1 ricavati da diversi ricercatori, tra cui **Seed H. B. e Idriss I. M** (1982).

Tabella 1- *Fattore di scala della magnitudo derivato da diversi ricercatori*

Magnitudo	Seed H.B. & Idriss I.M. (1982)	Ambraseys N.N (1988).	NCEER (Seed R. B. et alii) (1997; 2003)
5,5	1,43	2,86	2,21
6,0	1,32	2,20	1,77
6,5	1,19	1,69	1,44
7,0	1,08	1,30	1,19
7,5	1,00	1,00	1,00
8,0	0,94	0,67	0,84
8,5	0,89	0,44	0,73

Per la valutazione del Rapporto di Resistenza Ciclica **CRR** vengono proposte le seguenti espressioni ottenute da numerose prove di resistenza ciclica non drenata:

- per terreni con $0,04 \text{ mm} \leq D_{50} \leq 0,6$

$$CRR = 0,0882 \sqrt{\frac{N_m}{\sigma'_{vo} + 0,7}} + 0,225 \log_{10} \left(\frac{0,35}{D_{50}} \right) \quad (2.4)$$

- per terreni con $0,6 \text{ mm} \leq D_{50} \leq 1,5$

$$CRR = 0,0882 \sqrt{\frac{N_m}{\sigma'_{vo} + 0,7}} - 0,05 \quad (2.5)$$

dove **D₅₀** è il diametro dei granuli al 50% (in mm) ed **N_m** è il numero medio dei colpi nella prova penetrometrica standard SPT.

La classificazione del rischio di liquefazione attraverso il metodo di **Iwasaki et alii** viene riportata in Tabella 2.

Tabella 2- *Classi di rischio*

I_L	Rischio di Liquefazione
I _L = 0	Molto basso
0 < I _L ≤ 5	Basso
5 < I _L ≤ 15	Alto
15 < I _L	Molto alto

DATI GENERALI

PROGETTO E LOCALIZZAZIONE

Titolo lavoro: Scuola Tenente IORIO

Codice identificativo Scuola Tenente IORIO

Cliente: Comune di Scafati

Data 10/02/2023

Normativa: Norme Tecniche Costruzioni 2018, Decreto 17 Gen. 2018

Fattore sicurezza normativa 1.25

FALDA

Profondità falda idrica 6 m

DATI SISMICI

Accelerazione Bedrock 0.13

Fattore amplificazione 0.13

Tipo Suolo: B-Sabbie, ghiaie molto addensate, argille molto consistenti Vs30=360-800

Morfologia: T1-Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$

Coefficiente amplificazione stratigrafica (SS) 1.2

Coefficiente amplificazione topografica (ST) 1

Magnitudo momento sismico (Mw) 5.4

Distanza epicentro 20 Km

Peak ground acceleration (PGA) 0.156

PARAMETRI GEOTECNICI

Strato Nr	Descrizione	Quota iniziale (m)	Quota finale (m)	Peso unit� volumetrico (KN/mc)	Peso unit� volumetrico saturo (KN/mc)	Numero colpi medio (Nspt)	D50 granulometri (mm)	Resistenza qc (KPa)	Resistenza attrito laterale fs (KPa)	Velocit� onde di taglio Vs (m/s)
1	Riporto	0	1.5	15.5	15.5	15	1	0	0	180
2	Sabbia fine limosa	1.5	6	15.5	15.5	15	1	0	0	330
3	Sabbia limosa deb. argillosa	6	8	16.1	16.5	6	0.02	0	0	620
4	Sabbia fine limosa	8	10	16.1	16.5	6	0.02	0	0	620
5	Sabbia ghiaiosa limosa	10	15	16.1	16.5	6	0.02	0	0	620

Nr.	Profondit� dal p.c. (m)	Pressione litostatica totale (KPa)	Pressione verticale effettiva (KPa)	Coefficiente ridotto (rd)	Resistenza alla liquefazione (CRR)	Sforzo di taglio normalizzato (CSR)	Coefficiente di sicurezza Fs	Suscettibilit� di liquefazione	Indice di liquefazione	Rischio
1	6.20	96.300	94.339	0.907	0.1175 83185	0.041	2.90	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
2	6.40	99.600	95.677	0.904	0.1168 99177	0.041	2.84	Terreno non suscettibile di	0.00	Molto basso

								liquef azione		
3	6.60	102.90 0	97.016	0.901	0.1162 23477	0.042	2.78	Terren o non suscett ibile di liquef azione	0.00	Molto basso
4	6.80	106.20 0	98.355	0.898	0.1155 5592	0.042	2.72	Terren o non suscett ibile di liquef azione	0.00	Molto basso
5	7.00	109.50 0	99.693	0.895	0.1148 96342	0.043	2.67	Terren o non suscett ibile di liquef azione	0.00	Molto basso
6	7.20	112.80 0	101.03 2	0.892	0.1142 4458	0.044	2.62	Terren o non suscett ibile di liquef azione	0.00	Molto basso
7	7.40	116.10 0	102.37 1	0.889	0.1136 00492	0.044	2.58	Terren o non suscett ibile di liquef azione	0.00	Molto basso
8	7.60	119.40 0	103.70 9	0.886	0.1129 63915	0.045	2.53	Terren o non suscett ibile di liquef azione	0.00	Molto basso
9	7.80	122.70 0	105.04 8	0.883	0.1123 34721	0.045	2.49	Terren o non	0.00	Molto basso

								suscettibile di liquefazione		
10	8.00	126.000	106.387	0.880	0.111712754	0.046	2.45	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
11	8.20	129.300	107.725	0.877	0.11109788	0.046	2.41	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
12	8.40	132.600	109.064	0.874	0.110489972	0.046	2.38	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
13	8.60	135.900	110.403	0.871	0.109888881	0.047	2.34	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
14	8.80	139.200	111.741	0.868	0.109294511	0.047	2.31	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
15	9.00	142.500	113.080	0.865	0.108706713	0.048	2.28	Terreno non suscettibile di	0.00	Molto basso

								liquef azione		
16	9.20	145.80 0	114.41 9	0.862	0.1081 25374	0.048	2.25	Terren o non suscett ibile di liquef azione	0.00	Molto basso
17	9.40	149.10 0	115.75 7	0.859	0.1075 50383	0.048	2.22	Terren o non suscett ibile di liquef azione	0.00	Molto basso
18	9.60	152.40 0	117.09 6	0.856	0.1069 81605	0.049	2.19	Terren o non suscett ibile di liquef azione	0.00	Molto basso
19	9.80	155.70 0	118.43 5	0.853	0.1064 1896	0.049	2.17	Terren o non suscett ibile di liquef azione	0.00	Molto basso
20	10.00	159.00 0	119.77 3	0.850	0.1058 62312	0.049	2.14	Terren o non suscett ibile di liquef azione	0.00	Molto basso
21	10.20	162.30 0	121.11 2	0.847	0.1053 11558	0.050	2.12	Terren o non suscett ibile di liquef azione	0.00	Molto basso
22	10.40	165.60 0	122.45 1	0.844	0.1047 66622	0.050	2.10	Terren o non	0.00	Molto basso

								suscettibile di liquefazione		
23	10.60	168.900	123.789	0.841	0.104227364	0.050	2.08	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
24	10.80	172.200	125.128	0.838	0.103693709	0.050	2.06	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
25	11.00	175.500	126.467	0.835	0.103165552	0.051	2.04	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
26	11.20	178.800	127.805	0.832	0.102642812	0.051	2.02	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
27	11.40	182.100	129.144	0.829	0.102125384	0.051	2.00	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
28	11.60	185.400	130.483	0.826	0.101613179	0.051	1.98	Terreno non suscettibile di	0.00	Molto basso

								liquef azione		
29	11.80	188.70 0	131.82 1	0.823	0.1011 06115	0.052	1.96	Terren o non suscett ibile di liquef azione	0.00	Molto basso
30	12.00	192.00 0	133.16 0	0.820	0.1006 04109	0.052	1.94	Terren o non suscett ibile di liquef azione	0.00	Molto basso
31	12.20	195.30 0	134.49 9	0.817	0.1001 07066	0.052	1.93	Terren o non suscett ibile di liquef azione	0.00	Molto basso
32	12.40	198.60 0	135.83 7	0.814	0.0996 1492	0.052	1.91	Terren o non suscett ibile di liquef azione	0.00	Molto basso
33	12.60	201.90 0	137.17 6	0.811	0.0991 27575 8	0.052	1.90	Terren o non suscett ibile di liquef azione	0.00	Molto basso
34	12.80	205.20 0	138.51 5	0.808	0.0986 4497	0.052	1.88	Terren o non suscett ibile di liquef azione	0.00	Molto basso
35	13.00	208.50 0	139.85 4	0.805	0.0981 6701	0.053	1.87	Terren o non	0.00	Molto basso

								suscettibile di liquefazione		
36	13.20	211.800	141.192	0.802	0.09769364	0.053	1.86	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
37	13.40	215.100	142.531	0.799	0.09722477	0.053	1.84	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
38	13.60	218.400	143.870	0.796	0.09676034	0.053	1.83	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
39	13.80	221.700	145.208	0.793	0.09630028	0.053	1.82	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
40	14.00	225.000	146.547	0.790	0.09584452	0.053	1.81	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
41	14.20	228.300	147.886	0.787	0.0953929946	0.053	1.79	Terreno non suscettibile di	0.00	Molto basso

								liquef azione		
42	14.40	231.60 0	149.22 4	0.784	0.0949 4564	0.053	1.78	Terren o non suscett ibile di liquef azione	0.00	Molto basso
43	14.60	234.90 0	150.56 3	0.781	0.0945 0238	0.053	1.77	Terren o non suscett ibile di liquef azione	0.00	Molto basso
44	14.80	238.20 0	151.90 2	0.778	0.0940 6317	0.053	1.76	Terren o non suscett ibile di liquef azione	0.00	Molto basso
45	15.00	241.50 0	153.24 0	0.775	0.0936 2794	0.053	1.75	Terren o non suscett ibile di liquef azione	0.00	Molto basso

IPL (Iwasaki)=0 Zcrit=20 m Rischio=Molto basso

Tokimatsu e Yoshimi

Per tener conto della magnitudo del terremoto, il metodo proposto da Tokimatsu e Yoshimi calcola il rapporto di sforzo ciclico con la seguente relazione:

$$CSR = 0,65 \frac{a_g}{g} \frac{\sigma_{vo}}{\sigma'_{vo}} r_d r_n \quad (3.0)$$

dove viene introdotto un coefficiente correttivo r_n funzione della magnitudo M :

$$r_d = 0,1 (M - 1) \quad (3.1)$$

La resistenza alla liquefazione si ricava dalla seguente espressione:

$$CRR = a C_r \left[\frac{16 \sqrt{N_{1,60} + \Delta N_f}}{100} + \left(\frac{16 \sqrt{N_{1,60} + \Delta N_f}}{C_s} \right)^n \right] \quad (3.2)$$

dove

$$a = 0,45$$

$$C_r = 0,57$$

$$n = 14$$

$\Delta N_f = 0$ per sabbie pulite e $\Delta N_f = 5$ per sabbie limose

$$N_{1,60} = [1,7 / (\sigma'_{vo} + 0,7)] N_m$$

C_s è una costante empirica che dipende dall'ampiezza della deformazione di taglio.

La relazione precedente è stata ricavata dagli autori correlando i risultati ottenuti da prove triassiali cicliche con i risultati di prove penetrometriche standard SPT.

Gli Autori, ai fini progettuali, suggeriscono di adottare un valore di **FS > 1,5** per le sabbie medio-sciolte e **FS > 1,3** per le sabbie medio-dense.

Questo metodo è raccomandato nella proposta di *Norme Sismiche Italiane* avanzata dal CNR nel 1984.

DATI GENERALI

PROGETTO E LOCALIZZAZIONE

Titolo lavoro: Scuola Tenente IORIO

Codice identificativo Scuola Tenente IORIO

Cliente: Comune di Scafati

Data 10/02/2023

Normativa: Norme Tecniche Costruzioni 2018, Decreto 17 Gen. 2018

Fattore sicurezza normativa 1.25

FALDA

Profondità falda idrica 6 m

DATI SISMICI

Accelerazione Bedrock 0.13

Fattore amplificazione 0.13

Tipo Suolo: B-Sabbie, ghiaie molto addensate, argille molto consistenti $V_{s30}=360-800$

Morfologia: T1-Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$

Coefficiente amplificazione stratigrafica (SS) 1.2

1	6.20	96.300	94.339	0.907	0.440	0.102	0.041	2.46	Terren o non susce tti bile di liquefa zione
2	6.40	99.600	95.677	0.904	0.440	0.101	0.042	2.41	Terren o non susce tti bile di liquefa zione
3	6.60	102.90 0	97.016	0.901	0.440	0.101	0.043	2.37	Terren o non susce tti bile di liquefa zione
4	6.80	106.20 0	98.355	0.898	0.440	0.100	0.043	2.32	Terren o non susce tti bile di liquefa zione
5	7.00	109.50 0	99.693	0.895	0.440	0.100	0.044	2.28	Terren o non susce tti bile di liquefa zione
6	7.20	112.80 0	101.03 2	0.892	0.440	0.100	0.044	2.24	Terren o non susce tti bile di liquefa zione
7	7.40	116.10 0	102.37 1	0.889	0.440	0.099	0.045	2.21	Terren o non susce tti bile di liquefa zione
8	7.60	119.40 0	103.70 9	0.886	0.440	0.099	0.046	2.17	Terren o non susce tti bile di

									liquefa zione
9	7.80	122.70 0	105.04 8	0.883	0.440	0.098	0.046	2.14	Terren o non susce ttibile di liquefa zione
10	8.00	126.00 0	106.38 7	0.880	0.440	0.098	0.047	2.11	Terren o non susce ttibile di liquefa zione
11	8.20	129.30 0	107.72 5	0.877	0.440	0.098	0.047	2.08	Terren o non susce ttibile di liquefa zione
12	8.40	132.60 0	109.06 4	0.874	0.440	0.097	0.047	2.05	Terren o non susce ttibile di liquefa zione
13	8.60	135.90 0	110.40 3	0.871	0.440	0.097	0.048	2.03	Terren o non susce ttibile di liquefa zione
14	8.80	139.20 0	111.74 1	0.868	0.440	0.097	0.048	2.00	Terren o non susce ttibile di liquefa zione
15	9.00	142.50 0	113.08 0	0.865	0.440	0.096	0.049	1.98	Terren o non susce ttibile di liquefa zione
16	9.20	145.80 0	114.41 9	0.862	0.440	0.096	0.049	1.96	Terren o non

									suscettibile di liquefazione
17	9.40	149.100	115.757	0.859	0.440	0.096	0.049	1.94	Terreno non suscettibile di liquefazione
18	9.60	152.400	117.096	0.856	0.440	0.095	0.050	1.92	Terreno non suscettibile di liquefazione
19	9.80	155.700	118.435	0.853	0.440	0.095	0.050	1.90	Terreno non suscettibile di liquefazione
20	10.00	159.000	119.773	0.850	0.440	0.095	0.050	1.88	Terreno non suscettibile di liquefazione
21	10.20	162.300	121.112	0.847	0.440	0.094	0.051	1.86	Terreno non suscettibile di liquefazione
22	10.40	165.600	122.451	0.844	0.440	0.094	0.051	1.84	Terreno non suscettibile di liquefazione
23	10.60	168.900	123.789	0.841	0.440	0.094	0.051	1.83	Terreno non suscettibile di liquefazione

24	10.80	172.20 0	125.12 8	0.838	0.440	0.093	0.051	1.81	Terren o non susce ttibile di liquefa zione
25	11.00	175.50 0	126.46 7	0.835	0.440	0.093	0.052	1.80	Terren o non susce ttibile di liquefa zione
26	11.20	178.80 0	127.80 5	0.832	0.440	0.093	0.052	1.78	Terren o non susce ttibile di liquefa zione
27	11.40	182.10 0	129.14 4	0.829	0.440	0.092	0.052	1.77	Terren o non susce ttibile di liquefa zione
28	11.60	185.40 0	130.48 3	0.826	0.440	0.092	0.052	1.76	Terren o non susce ttibile di liquefa zione
29	11.80	188.70 0	131.82 1	0.823	0.440	0.092	0.053	1.74	Terren o non susce ttibile di liquefa zione
30	12.00	192.00 0	133.16 0	0.820	0.440	0.091	0.053	1.73	Terren o non susce ttibile di liquefa zione
31	12.20	195.30 0	134.49 9	0.817	0.440	0.091	0.053	1.72	Terren o non susce ttibile di

									liquefa zione
32	12.40	198.60 0	135.83 7	0.814	0.440	0.091	0.053	1.71	Terren o non susce ttibile di liquefa zione
33	12.60	201.90 0	137.17 6	0.811	0.440	0.090	0.053	1.70	Terren o non susce ttibile di liquefa zione
34	12.80	205.20 0	138.51 5	0.808	0.440	0.090	0.053	1.69	Terren o non susce ttibile di liquefa zione
35	13.00	208.50 0	139.85 4	0.805	0.440	0.090	0.054	1.68	Terren o non susce ttibile di liquefa zione
36	13.20	211.80 0	141.19 2	0.802	0.440	0.090	0.054	1.67	Terren o non susce ttibile di liquefa zione
37	13.40	215.10 0	142.53 1	0.799	0.440	0.089	0.054	1.66	Terren o non susce ttibile di liquefa zione
38	13.60	218.40 0	143.87 0	0.796	0.440	0.089	0.054	1.65	Terren o non susce ttibile di liquefa zione
39	13.80	221.70 0	145.20 8	0.793	0.440	0.089	0.054	1.64	Terren o non

									suscettibile di liquefazione
40	14.00	225.000	146.547	0.790	0.440	0.088	0.054	1.63	Terreno non suscettibile di liquefazione
41	14.20	228.300	147.886	0.787	0.440	0.088	0.054	1.63	Terreno non suscettibile di liquefazione
42	14.40	231.600	149.224	0.784	0.440	0.088	0.054	1.62	Terreno non suscettibile di liquefazione
43	14.60	234.900	150.563	0.781	0.440	0.088	0.054	1.61	Terreno non suscettibile di liquefazione
44	14.80	238.200	151.902	0.778	0.440	0.087	0.054	1.61	Terreno non suscettibile di liquefazione
45	15.00	241.500	153.240	0.775	0.440	0.087	0.054	1.60	Terreno non suscettibile di liquefazione

IPL (Iwasaki)=0 Zcrit=20 m Rischio=Molto basso

NTC (*Norme Tecniche per le Costruzioni*)

Rispetto alla normativa europea, la normativa italiana (NTC 2008) è meno accurata e non fornisce proposte di metodologie per valutare il potenziale di liquefazione.

La normativa esclude il pericolo di liquefazione quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

- eventi sismici attesi di magnitudo M inferiore a 5;

- accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1;
- profondità media stagionale della falda maggiore di 15m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
- depositi costituite da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $N_{1,60} > 30$ oppure $q_{c1N} > 180$, dove $N_{1,60}$ è il valore della resistenza determinata da prove SPT normalizzata ad una tensione verticale efficace di 100 kPa e dove q_{c1N} è il valore della resistenza determinata da prove CPT normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa.
- Distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate in Figura 1a nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ ed in Figura 1b nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.

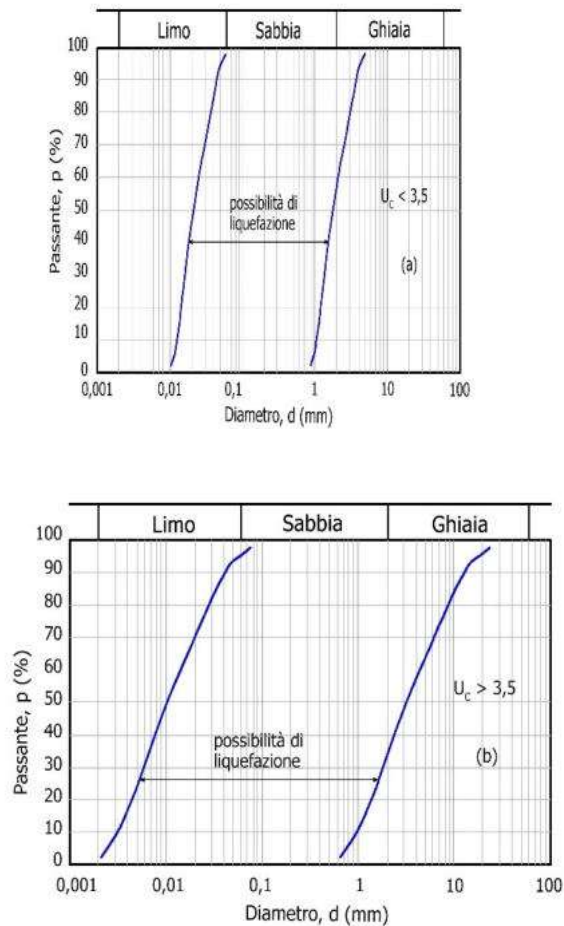


Figura1- Fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione

Quando nessuna delle condizioni precedenti risulti soddisfatta, come la normativa europea, quella italiana ritiene che la suscettibilità a liquefazione deve essere verificata come minimo mediante i metodi generalmente accettati dall'ingegneria geotecnica, basati su correlazioni di campagna tra misure in situ e valori critici dello sforzo ciclico di taglio che hanno causato liquefazione durante terremoti passati.

Lo sforzo di taglio ciclico **CSR** viene stimato con l'espressione semplificata:

$$CSR = 0,65 \cdot \frac{a_{\max}}{g} \cdot \frac{\sigma_{vo}}{\sigma'_{vo}} \cdot \frac{r_d}{MSF} \cdot \frac{1}{K_{\sigma}}$$

dove a_{\max} rappresenta l'accelerazione orizzontale massima attesa in superficie contenente gli effetti amplificativi di sito. Il coefficiente riduttivo r_d viene valutato secondo quanto proposto da **Idriss (1999)**:

$$r_d = \exp [\alpha(z) + \beta(z)M]$$

$$\alpha(z) = -1,012 - 1,126 \operatorname{sen} \left[\left(\frac{z}{11,73} \right) + 5,133 \right]$$

$$\beta(z) = 0,106 + 0,118 \operatorname{sen} \left[\left(\frac{z}{11,28} \right) + 5,142 \right]$$

con **M** si indica la magnitudo momento.

Laddove il terremoto atteso nell'area sia caratterizzato da una magnitudo con momento **M** $\neq 7,5$ occorre rivalutare la sollecitazione sismica introducendo un coefficiente correttivo **MSF**, nel metodo proposto si fa riferimento ai valori suggeriti dal **NCEER** riportati in Tabella 2.

Tabella 2- Fattore di scala della magnitudo derivato da diversi ricercatori

Magnitudo	Seed H.B. & Idriss I.M. (1982)	Ambraseys N.N (1988)	NCEER (Seed R. B. et alii) (1997; 2003)
5,5	1,43	2,86	2,21
6,0	1,32	2,20	1,77
6,5	1,19	1,69	1,44
7,0	1,08	1,30	1,19
7,5	1,00	1,00	1,00
8,0	0,94	0,67	0,84
8,5	0,89	0,44	0,73

K_{σ} è un fattore di correzione della tensione litostatica compreso fra 1 e 1,5 (*Olsen, 1984*):

$$K_{\sigma} = 1 \quad \text{per } \sigma'_{vo} < 100$$

$$K_{\sigma} = (\sigma'_{vo}/100)^f - 1 \quad \text{per } \sigma'_{vo} \geq 100$$

dove f è un parametro funzione di $(N_{1,60})$ e σ'_{vo} .

La resistenza alla liquefazione **CRR** viene calcolata in funzione di parametri desunti da prove **SPT** attraverso le seguenti espressioni:

$$CRR = \left[\frac{1}{34 - (N_{1,60})_{cs}} \right] \frac{(N_{1,60})_{cs}}{135} + \left[\frac{50}{10 (N_{1,60})_{cs} + 45} \right]^2 - \frac{1}{200}$$

$$(N_{1,60})_{cs} = \alpha + \beta N_{1,60}$$

$$N_{1,60} = C_N C_E C_R C_S C_B N_m$$

$$C_N = \left(\frac{100}{\sigma'_{vo}} \right)^{0,5}$$

$$C_E = \frac{ER}{60}$$

dove **ER** è pari al (rapporto dell'energia misurato rispetto al valore teorico) x 100 e dipende dal tipo di strumento utilizzato (Tabella 3).

Tabella 3- Rendimenti dei sistemi di infissione

Attrezzatura	C_E
Safety Hammer	0,7÷1,2
Donut Hammer (USA)	0,5÷1,0
Donut Hammer (Giappone)	1,1÷1,4
Automatico-Trip Hammer (Tipo Donut o Safety)	0,8÷1,4

I parametri α e β , invece, dipendono dalla frazione fine **FC**:

$\alpha = 0$ per $FC \leq 5\%$
 $\alpha = \exp[1,76 - (190 / FC^2)]$ per $5\% < FC \leq 35\%$
 $\alpha = 5$ per $FC > 35\%$

$\beta = 1,0$ per $FC \leq 5\%$
 $\beta = [0,99 + (FC^{1,5} / 1000)]$ per $5\% < FC \leq 35\%$
 $\beta = 1,2$ per $FC > 35\%$

C_R è un fattore di correzione per la lunghezza L delle aste della prova, i valori suggeriti si riportano in Tabella 4:

Tabella 4- *Fattore di correzione da applicare in funzione della lunghezza delle aste dello strumento*

L	C_R
≤ 3	0,75
$3 < L \leq 4$	0,80
$4 < L \leq 6$	0,85
$6 < L \leq 10$	0,95
> 10	1,00

C_S è un fattore di correzione per il tipo di campionario:

per campionatori di tipo standard C_S è sempre uguale a 1,0

per campionatori di tipo non-standard C_S è compreso fra 1,1 e 1,3

C_B è un fattore di correzione per il diametro del foro di sondaggio, assume i valori riportati in Tabella 5:

Tabella 5- *Fattore di correzione per il diametro del foro di sondaggio*

Diametro foro	C_B
65÷115 mm	0,75
115÷150 mm	0,80
150÷200 mm	0,85

Secondo le normative europea e italiana è suscettibile di liquefazione un terreno in cui lo sforzo di taglio generato dal terremoto supera l'80% dello sforzo critico che ha provocato liquefazione durante terremoti passati e quindi deve essere $FS \leq 1,25$.

La probabilità di liquefazione P_L , invece, è data dall'espressione proposta da **Juang et alii** (2001):

$$P_L = \frac{1}{1 + \left(\frac{F_s}{0,72} \right)^{3,1}}$$

DATI GENERALI

PROGETTO E LOCALIZZAZIONE

Titolo lavoro: Scuola Tenente IORIO

Codice identificativo

Scuola Tenente IORIO

Cliente: Comune di Scafati

Data

10/02/2023

Normativa: Norme Tecniche Costruzioni 2018, Decreto 17 Gen. 2018

Fattore sicurezza normativa 1.25

FALDA

Profondità falda idrica 6 m

DATI SISMICI

Accelerazione Bedrock 0.13

Fattore amplificazione 0.13

Tipo Suolo: B-Sabbie, ghiaie molto addensate, argille molto consistenti Vs30=360-800

Morfologia: T1-Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$

Coefficiente amplificazione stratigrafica (SS) 1.2

Coefficiente amplificazione topografica (ST) 1

Magnitudo momento sismico (Mw) 5.4

Distanza epicentro 20 Km

Peak ground acceleration (PGA) 0.156

PARAMETRI GEOTECNICI

Strato Nr	Descrizione	Quota iniziale (m)	Quota finale (m)	Peso unit� volumetrico (KN/mc)	Peso unit� volumetrico saturo (KN/mc)	Numero colpi medio (Nspt)	D50 granulometri (mm)	Resistenza qc (KPa)	Resistenza attrito laterale fs (KPa)	Velocit� di taglio Vs (m/s)
1	Ripporto	0	1.5	15.5	15.5	15	1	0	0	180
2	Sabbia fine limosa	1.5	6	15.5	15.5	15	1	0	0	330
3	Sabbia limosa deb. argillosa	6	8	16.1	16.5	6	0.02	0	0	620
4	Sabbia fine limosa	8	10	16.1	16.5	6	0.02	0	0	620
5	Sabbia ghiaiosa limosa	10	15	16.1	16.5	6	0.02	0	0	620

Energy Ratio (ER)

0.6

Indice di comportamento I_c

Strato Nr.	Frazione limosa (%)	Frazione argillosa (%)	Indice di plasticità (%)	Tipo Suolo	Validità
1-Riporto	20	10	<= 10	B-Sabbie, ghiaie molto addensate, argille molto consistenti Vs30=360-800	Valido
2-Sabbia fine limosa	20	10	<= 10	B-Sabbie, ghiaie molto addensate, argille molto consistenti Vs30=360-800	Valido
3-Sabbia limosa deb. argillosa	50	15	<= 10	B-Sabbie, ghiaie molto addensate, argille molto consistenti Vs30=360-800	Valido
4-Sabbia fine limosa	50	15	<= 10	B-Sabbie, ghiaie molto addensate, argille molto consistenti Vs30=360-800	Valido
5-Sabbia ghiaiosa limosa	50	15	<= 10	B-Sabbie, ghiaie molto addensate, argille molto consistenti Vs30=360-800	Valido

Correzione per ER (CE)

1

Correzione diametro foro (CB)

1

Correzione per la magnitudo (MSF)

2.32

	Profondità dal p.c. (m)	Pressione litostatica totale (KPa)	Pressione verticale effettiva (KPa)	Correzione per la pressione litostatica efficace (CN)	Correzione per il tipo di campionatore	Correzione per la profondità raggiunta dalle aste	Numero colpi corretto (N1, 60)	Coefficiente ridotto (rd)	Correzione per il sovraccarico (Ks)	Resistenza alla liquefazione (CR R)	Sforzo di taglio normalizzato (CS R)	Coefficiente di sicurezza Fs	Suscettibilità di liquefazione	Probabilità di liquefazione (%)
1	6.20	96.300	94.339	1.030	1.000	0.950	12.042	0.614	1.000	0.132	0.034	3.84	Terrano non suscettibile di liquefazione	0.556
2	6.40	99.600	95.677	1.022	1.000	0.950	11.993	0.614	1.000	0.131	0.035	3.75	Terrano non suscettibile di liquefazione	0.596
3	6.60	102.900	97.016	1.015	1.000	0.950	11.944	0.614	1.000	0.131	0.036	3.67	Terrano non suscettibile di liquefazione	0.638
4	6.80	106.200	98.355	1.008	1.000	0.950	11.897	0.614	1.000	0.130	0.036	3.59	Terrano non suscettibile di liquefazione	0.681
5	7.00	109.500	99.693	1.002	1.000	0.950	11.851	0.614	1.000	0.130	0.037	3.52	Terrano non suscettibile di	0.725

													lique fazio ne	
6	7.20	112. 800	101. 032	0.99 5	1.00 0	0.95 0	11.8 05	0.61 4	0.99 8	0.12 9	0.03 8	3.44	Terr eno non sus ceti bili le di lique fazio ne	0.77 5
7	7.40	116. 100	102. 371	0.98 8	1.00 0	0.95 0	11.7 60	0.61 4	0.99 5	0.12 9	0.03 8	3.37	Terr eno non sus ceti bili le di lique fazio ne	0.82 8
8	7.60	119. 400	103. 709	0.98 2	1.00 0	0.95 0	11.7 17	0.61 4	0.99 2	0.12 9	0.03 9	3.30	Terr eno non sus ceti bili le di lique fazio ne	0.88 4
9	7.80	122. 700	105. 048	0.97 6	1.00 0	0.95 0	11.6 74	0.61 3	0.98 9	0.12 8	0.04 0	3.23	Terr eno non sus ceti bili le di lique fazio ne	0.94 0
10	8.00	126. 000	106. 387	0.97 0	1.00 0	0.95 0	11.6 32	0.61 3	0.98 6	0.12 8	0.04 0	3.17	Terr eno non sus ceti bili le di lique fazio ne	0.99 9
11	8.20	129. 300	107. 725	0.96 3	1.00 0	0.95 0	11.5 90	0.61 3	0.98 3	0.12 7	0.04 1	3.11	Terr eno non sus ceti bili le di lique	1.05 8

													fazio ne	
12	8.40	132. 600	109. 064	0.95 8	1.00 0	0.95 0	11.5 50	0.61 3	0.98 1	0.12 7	0.04 2	3.06	Terr eno non sus ceti bili le di lique fazio ne	1.11 9
13	8.60	135. 900	110. 403	0.95 2	1.00 0	0.95 0	11.5 10	0.61 3	0.97 8	0.12 7	0.04 2	3.00	Terr eno non sus ceti bili le di lique fazio ne	1.18 2
14	8.80	139. 200	111. 741	0.94 6	1.00 0	0.95 0	11.4 71	0.61 3	0.97 6	0.12 6	0.04 3	2.95	Terr eno non sus ceti bili le di lique fazio ne	1.24 6
15	9.00	142. 500	113. 080	0.94 0	1.00 0	0.95 0	11.4 32	0.61 3	0.97 3	0.12 6	0.04 3	2.90	Terr eno non sus ceti bili le di lique fazio ne	1.31 1
16	9.20	145. 800	114. 419	0.93 5	1.00 0	0.95 0	11.3 95	0.61 3	0.97 1	0.12 6	0.04 4	2.86	Terr eno non sus ceti bili le di lique fazio ne	1.37 8
17	9.40	149. 100	115. 757	0.92 9	1.00 0	0.95 0	11.3 57	0.61 3	0.96 8	0.12 5	0.04 5	2.81	Terr eno non sus ceti bili le di lique fazio ne	1.44 6

18	9.60	152.400	117.096	0.924	1.000	0.950	11.321	0.613	0.966	0.125	0.045	2.77	Terr eno non sus ceti bili le di lique fazio ne	1.515
19	9.80	155.700	118.435	0.919	1.000	0.950	11.285	0.613	0.964	0.125	0.046	2.73	Terr eno non sus ceti bili le di lique fazio ne	1.585
20	10.00	159.000	119.773	0.914	1.000	0.950	11.250	0.613	0.962	0.124	0.046	2.69	Terr eno non sus ceti bili le di lique fazio ne	1.656
21	10.20	162.300	121.112	0.909	1.000	1.000	11.542	0.612	0.959	0.127	0.047	2.71	Terr eno non sus ceti bili le di lique fazio ne	1.611
22	10.40	165.600	122.451	0.904	1.000	1.000	11.507	0.612	0.957	0.127	0.047	2.68	Terr eno non sus ceti bili le di lique fazio ne	1.680
23	10.60	168.900	123.789	0.899	1.000	1.000	11.471	0.612	0.955	0.126	0.048	2.64	Terr eno non sus ceti bili le di lique fazio ne	1.751
24	10.80	172.200	125.128	0.894	1.000	1.000	11.437	0.612	0.953	0.126	0.048	2.61	Terr eno	1.822

													non suscettibile di liquefazione	
25	11.00	175.500	126.467	0.889	1.000	1.000	11.402	0.612	0.951	0.126	0.049	2.57	Terreno non suscettibile di liquefazione	1.894
26	11.20	178.800	127.805	0.885	1.000	1.000	11.369	0.612	0.949	0.125	0.049	2.54	Terreno non suscettibile di liquefazione	1.967
27	11.40	182.100	129.144	0.880	1.000	1.000	11.336	0.612	0.947	0.125	0.050	2.51	Terreno non suscettibile di liquefazione	2.041
28	11.60	185.400	130.483	0.875	1.000	1.000	11.303	0.612	0.945	0.125	0.050	2.48	Terreno non suscettibile di liquefazione	2.116
29	11.80	188.700	131.821	0.871	1.000	1.000	11.271	0.612	0.943	0.124	0.051	2.45	Terreno non suscettibile di liquefazione	2.192
30	12.00	192.000	133.160	0.867	1.000	1.000	11.239	0.612	0.941	0.124	0.051	2.42	Terreno non susc	2.268

													ettibi le di lique fazio ne	
31	12.2 0	195. 300	134. 499	0.86 2	1.00 0	1.00 0	11.2 08	0.61 2	0.94 0	0.12 4	0.05 2	2.40	Terr eno non sus ceti bili di lique fazio ne	2.34 5
32	12.4 0	198. 600	135. 837	0.85 8	1.00 0	1.00 0	11.1 78	0.61 2	0.93 8	0.12 4	0.05 2	2.37	Terr eno non sus ceti bili di lique fazio ne	2.42 3
33	12.6 0	201. 900	137. 176	0.85 4	1.00 0	1.00 0	11.1 47	0.61 1	0.93 6	0.12 3	0.05 3	2.35	Terr eno non sus ceti bili di lique fazio ne	2.50 2
34	12.8 0	205. 200	138. 515	0.85 0	1.00 0	1.00 0	11.1 18	0.61 1	0.93 5	0.12 3	0.05 3	2.32	Terr eno non sus ceti bili di lique fazio ne	2.58 1
35	13.0 0	208. 500	139. 854	0.84 6	1.00 0	1.00 0	11.0 88	0.61 1	0.93 3	0.12 3	0.05 3	2.30	Terr eno non sus ceti bili di lique fazio ne	2.66 1
36	13.2 0	211. 800	141. 192	0.84 2	1.00 0	1.00 0	11.0 59	0.61 1	0.93 1	0.12 3	0.05 4	2.28	Terr eno non sus ceti bili di	2.74 2

													lique fazio ne	
37	13.4 0	215. 100	142. 531	0.83 8	1.00 0	1.00 0	11.0 31	0.61 1	0.93 0	0.12 2	0.05 4	2.25	Terr eno non sus ceti bili le di lique fazio ne	2.82 3
38	13.6 0	218. 400	143. 870	0.83 4	1.00 0	1.00 0	11.0 03	0.61 1	0.92 8	0.12 2	0.05 5	2.23	Terr eno non sus ceti bili le di lique fazio ne	2.90 4
39	13.8 0	221. 700	145. 208	0.83 0	1.00 0	1.00 0	10.9 75	0.61 1	0.92 7	0.12 2	0.05 5	2.21	Terr eno non sus ceti bili le di lique fazio ne	2.98 6
40	14.0 0	225. 000	146. 547	0.82 6	1.00 0	1.00 0	10.9 48	0.61 1	0.92 5	0.12 2	0.05 5	2.19	Terr eno non sus ceti bili le di lique fazio ne	3.06 9
41	14.2 0	228. 300	147. 886	0.82 2	1.00 0	1.00 0	10.9 21	0.61 1	0.92 4	0.12 1	0.05 6	2.17	Terr eno non sus ceti bili le di lique fazio ne	3.15 2
42	14.4 0	231. 600	149. 224	0.81 9	1.00 0	1.00 0	10.8 94	0.61 1	0.92 2	0.12 1	0.05 6	2.15	Terr eno non sus ceti bili le di lique	3.23 6

													fazio ne	
43	14.6 0	234. 900	150. 563	0.81 5	1.00 0	1.00 0	10.8 68	0.61 1	0.92 1	0.12 1	0.05 7	2.14	Terr eno non sus ceti bili le di lique fazio ne	3.32 0
44	14.8 0	238. 200	151. 902	0.81 1	1.00 0	1.00 0	10.8 42	0.61 1	0.92 0	0.12 1	0.05 7	2.12	Terr eno non sus ceti bili le di lique fazio ne	3.40 4
45	15.0 0	241. 500	153. 240	0.80 8	1.00 0	1.00 0	10.8 16	0.61 0	0.91 8	0.12 0	0.05 7	2.10	Terr eno non sus ceti bili le di lique fazio ne	3.48 9

IPL (Iwasaki)=0 Zcrit=20 m Rischio=Molto basso